

А.2.1



РАЦИОНАЛЬНАЯ РАБОТА ФРЕЗЕРОВЩИКА



С. В. АВРУТИН

РАЦИОНАЛЬНАЯ
РАБОТА
ФРЕЗЕРОВЩИКА

С. В. АВРУТИН

РАЦИОНАЛЬНАЯ РАБОТА ФРЕЗЕРОВЩИКА

*ИЗДАНИЕ 7-е, ПЕРЕРАБОТАННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

Москва 1967

Рациональная работа фрезеровщика С. В. Аврутин М., «Машиностроение» 1967, 332 стр

В книге в сжатом виде изложены способы увеличения производительности, механизации и автоматизации фрезерных работ. Дан развернутый анализ структуры рабочего времени, затрачиваемого на производство фрезерной операции, и показаны пути сокращения основного (технологического), вспомогательного и подготовительно-заключительного времени. Приведена методика выбора рационального режима фрезерования с учетом конструкции и геометрии производительных фрез, точности и чистоты обработки. Рассмотрены современные конструкции станочных приспособлений с учетом максимальной механизации и автоматизации загрузки, зажима и освобождения заготовки с целью сокращения вспомогательного времени; описаны узлы и механизмы современных фрезерных станков, облегчающие управление и позволяющие автоматизировать цикл работы; даны также рекомендации по модернизации устаревших типов станков; кратко изложены принципы работы фрезерных станков с программным управлением.

Книга рассчитана на фрезеровщиков 3—4-го разрядов, прошедших теоретическую подготовку в технических училищах или в заводской системе производственно-технического обучения и желающих повысить свою квалификацию, и может быть полезна в качестве пособия по теории и практике также для мастеров и передовиков-фрезеровщиков более высоких разрядов. Табл. 52, илл. 217, библи. 73 назв.



Рецензент канд. техн. наук доц. В. В. Кувшинский



АВРУТИН
Сергей Владимирович
1900—1966 гг.

Автор настоящей книги Сергей Владимирович Аврутин — видный советский инженер, автор свыше 50 печатных трудов по обработке металлов резанием.

Созданные им книги по фрезерному делу являются ценными пособиями для подготовки и повышения квалификации молодых рабочих и неизменно пользуются большим спросом широких кругов читателей.

Эти книги, неоднократно переиздававшиеся, получили высокую оценку технической общественности и переведены на многие языки.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Большое значение для достижений высокой производительности труда имеет широкое распространение опыта новаторов производства и лучших предприятий по наиболее полному использованию техники, совершенствованию технологии, внедрению передовых методов организации производства.

Социалистическое соревнование и его составная часть — движение за коммунистический труд — имеют важное значение для успешного выполнения задач, поставленных XXIII съездом партии. Правительство высоко оценило труд многих советских новаторов — фрезеровщиков. Достижения Героев Социалистического Труда фрезеровщиков А. В. Бородулина, В. Я. Карасева, Н. А. Королева, В. Н. Кривошеева, А. А. Кулакова, А. И. Сигиды, Н. А. Старостина, Д. С. Стрелкина, П. Н. Чехонина, лауреатов Государственной премии Д. Ф. Босого, П. И. Комягина, Е. Ф. Савича, Н. Н. Симановского, А. Я. Чебашева и других знатных новаторов, известных и за пределами Советского Союза, служат примером для всех фрезеровщиков.

Автор стремился по возможности обобщить огромный опыт отечественной науки и практики по фрезерованию, доступно его изложить и тем самым помочь фрезеровщикам овладеть современной техникой фрезерования.

Настоящее седьмое издание незначительно переработано по сравнению с шестым изданием, вышедшим в 1962 г.; при этом сохранено основное направление книги — дать фрезеровщику материал, который расширит его кругозор, позволит достичь большей рационализации труда, показать то передовое, чего еще, возможно, нет в том или ином цехе.

При подготовке настоящей книги к изданию автор руководствовался тем, что в ближайшие годы будет происходить совершенствование существующих ныне предприятий и их развитие в предприятия коммунистического труда. Характерными чертами этого процесса явятся переход на новую технику и повышение организации и культуры производства, связанные со все более полной автоматизацией производственных процессов, и внедрение культурно-технического уровня рабочих, все большее слияние физического труда с умственным.

ВВЕДЕНИЕ

Технологический процесс обработки резанием любой детали должен обеспечивать возможно высокую производительность и экономичность при условии соблюдения необходимой и достаточной точности и чистоты обработанной поверхности. Фрезерование, являясь одним из видов обработки резанием, полностью подчиняется этому закону технологии.

Требования в отношении точности и чистоты обработки для фрезерных работ колеблются в широких пределах в зависимости от характера операции (черновая или чистовая) и ее места в технологическом процессе изготовления детали.

Высокая производительность процесса фрезерования возможна прежде всего при повышенных скоростях резания и подач стола. Рост скоростей предъявляет требования к улучшению геометрии режущих элементов фрезы, созданию новых типов инструмента и внедрению новых режущих материалов. При скоростном фрезеровании числа оборотов фрезы получаются высокими, поэтому мощность, потребная на резание, большая. Таким образом, достижение высокой производительности вызывает, как правило, необходимость увеличения мощности фрезерного станка.

Увеличение скоростей резания и подач сокращает машинное время на обработку детали — основное (технологическое) время.

Дальнейшего повышения производительности фрезерования можно достигнуть за счет уменьшения остальных составляющих полного (штучного) времени, затрачиваемого на обработку одной детали на данном станке. Для этого необходимо сократить: а) вспомогательное время на закрепление заготовки и съем обработанной детали, включение и выключение станка, подвод и отвод стола, измерение детали и т. д.; б) время на обслуживание станка — смазку, удаление стружки, очистку и заливку системы охлаждения и т. д.; в) подготовительно-заключительное время на настройку станка, на установку и снятие фрез, на установку и закрепление приспособлений и т. д.

Эти составляющие полного (штучного) времени имеют для фрезерных операций настолько решающее значение, что иногда повышение режима резания дает меньший эффект, чем сокращение перечисленных выше элементов штучного времени. Следовательно,

по мере возрастания скоростей резания задача сокращения ручного времени приобретает первостепенное значение.

Наилучшее решение вопроса заключается в механизации и автоматизации всех приемов и операций при работе на станке. Только путем механизации и автоматизации достигается существенное повышение производительности. Уровень и характер механизации и автоматизации зависят от типа производства.

В фрезерных станках, применяемых в мелкосерийном производстве, возможны следующие элементы механизации и автоматизации, значительно повышающие производительность труда: механические подачи и быстрые перемещения стола в трех направлениях; автоматический останов движений стола в любом направлении; автоматическое включение торможения главного привода при нажатии кнопки «Стоп»; возможность работы с автоматическими циклами перемещений стола (маятниковым, «с перескоком» и т. п.); возможность фрезерования при прямом и обратном направлениях движения стола (по подаче и против подачи), обеспечиваемая наличием устройств для выборки зазора в винтовой паре продольного перемещения стола; применение многопозиционных наладок.

Фрезерные станки, используемые в массовом производстве, оснащают различного вида автоматизированными устройствами для загрузки и закрепления заготовок (пневматические, гидравлические и электромеханические тиски, бункера и магазины для деталей простой формы и т. д.). Эти устройства в сочетании с автоматическим циклом перемещений стола позволяют превратить универсальный станок в автомат.

Повышение производительности труда при работе на вертикальных консольно-фрезерных станках достигается применением накладных круглых столов с механическим приводом, что превращает их в станки с непрерывным циклом. Дальнейшим развитием этого принципа являются карусельно- и барабанно-фрезерные станки.

Наблюдение за исправностью различных систем станка (электросистемы, гидросистемы, смазки и т. д.) также может быть автоматизировано: всякое нарушение сигнализируется включением цветной лампы. Копировально-фрезерные и станки с программным управлением позволяют автоматизировать процесс даже при мелкосерийном производстве.

В настоящей книге последовательно изложены элементы рациональной работы фрезеровщика, включая основы теории резания, геометрию и конструкции фрез, конструкции простых и полуавтоматических фрезерных приспособлений (механические, пневматические, гидравлические), типы фрезерного оборудования и методы его механизации и автоматизации.

ГЛАВА I

МЕТОДЫ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ФРЕЗЕРНЫХ РАБОТ

1. ЗАДАЧИ СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ НА КАЖДОЙ ОПЕРАЦИИ

Снижение себестоимости продукции является одним из основных условий расширения социалистического воспроизводства и источников социалистического накопления.

Участники бригад коммунистического труда и все передовые рабочие теперь уже не удовлетворяются количественными результатами, а стремятся всемерно улучшить качественные показатели, борются за высокую производительность труда и лучшее использование техники, за повышение качества и снижение себестоимости продукции, за наиболее экономное расходование сырья, материалов и электроэнергии.

Понятие о себестоимости

Каждое изделие состоит из ряда деталей, изготавливаемых операционно на различных рабочих местах. Таким образом, себестоимость изделия складывается из себестоимости отдельных деталей, а себестоимость детали — из себестоимости отдельных операций плюс стоимость заготовки.

Допустим, что на определенном рабочем месте фрезеровщик производит фрезерную операцию обработки вилки рычага, входящей в сборочный комплект (изделие). Заготовка (поковка) стоит 20 коп., а расценка на фрезерную операцию по обработке одной вилки установлена — 10 коп. Следовательно, стоимость заготовки (основного материала) и производственной заработной платы составляет 30 коп. Это — *прямые расходы производства*.

Во время фрезерования детали расходовались электроэнергия, инструмент, эмульсия на охлаждение, на смазку — машинное масло, на обтирку — обтирочные материалы. Наладчик, электрик, ремонтный слесарь обслуживали рабочее место фрезеровщика. Все эти расходы, связанные с обеспечением нормальной работы станка, называются косвенными расходами.

Так как во время работы станок постепенно изнашивается, то в эту группу расходов включается амортизация (отчисления на

износ) производственного оборудования (фрезерный станок, электродвигатель), дорогостоящих приспособлений (делительная головка, поворотный стол, специальные приспособления) и инструментов, служащих более года (фрезерные головки, наборы фрез, штангензубомеры, индикаторы и т. д.).

Есть еще и такие косвенные расходы, которые связаны не только с работой оборудования, но и с работой всего цеха: К ним относится заработная плата начальника цеха, начальников смен и отделений, старших и сменных мастеров и других инженерно-технических работников, служащих, вспомогательных рабочих и младшего обслуживающего персонала цеха.

К косвенным расходам относятся также расходы по освещению, отоплению и водоснабжению цеха, расходы на содержание мостовых кранов и других видов цехового транспорта, расходы на текущий ремонт и уборку здания цеха, расходы на различные материалы, которые необходимы для нормальной работы цеха, хотя и не входят в состав изготавливаемой продукции. В косвенные расходы включаются амортизация цеховых зданий и сооружений, оплата услуг транспортного цеха, а также расходы по охране труда и технике безопасности.

Нетрудно учесть, сколько затрат, связанных с работой оборудования, и других косвенных расходов приходится на данную операцию. Все такого рода затраты в отличие от прямых называют *цеховыми косвенными расходами* или *цеховыми накладными расходами*. Они суммируются каждый месяц и затем распределяются так, чтобы в себестоимость каждой операции вошла определенная часть общей суммы цеховых косвенных (накладных) расходов.

В машиностроении распределение цеховых косвенных расходов производится пропорционально производственной заработной плате.

Пусть в нашем примере расходы в месяц, связанные с работой оборудования, составляют 2000 руб., другие цеховые расходы составляют 7000 руб. и на производственную заработную плату расходуется 5000 руб. Значит, на 1 руб. производственной заработной платы приходится $(2000 + 7000) : 5000 = 1 \text{ р. } 80 \text{ к.}$ цеховых косвенных расходов. Иначе говоря, цеховые косвенные расходы составляют 180% от производственной заработной платы.

Раньше мы установили, что в нашем примере за фрезерную обработку вилки уплачивается 10 коп. производственной заработной платы. Следовательно, цеховые косвенные расходы составят 18 коп. на данную деталь.

Прямые расходы вместе с цеховыми косвенными расходами составляют *цеховую себестоимость* детали. В нашем случае цеховая себестоимость фрезерной операции вилки составляет 20 коп. + 10 коп. + 18 коп. = 48 коп.

На цеховую себестоимость надо начислить общезаводские косвенные (накладные) расходы. В *общезаводские косвенные [накладные] расходы* входят заработная плата работников заводу управ-

ления, расходы по содержанию зданий и сооружений общезаводского назначения, расходы по содержанию общезаводской лаборатории, внутризаводского транспорта, пожарной охраны и т. д. Общезаводские расходы распределяются по цехам также пропорционально производственной заработной плате.

Пусть для нашего примера общезаводские расходы составляют 14 000 руб. в месяц, а производственная заработная плата, выплачиваемая основным цехам, — 20 000 руб.; следовательно, на 1 руб. заработной платы приходится 70 коп. общезаводских расходов. Иначе говоря, общезаводские расходы составляют 70% от производственной заработной платы.

Тогда *полная себестоимость* фрезерной операции обработки вилки составит 20 коп. + 10 коп. + 18 коп. + 7 коп. = 55 коп.

Полная себестоимость детали и соответственно всего изделия в целом складывается из стоимости основных материалов, производственной заработной платы, косвенных цеховых и общезаводских расходов.

Пути снижения себестоимости

Из приведенной выше структуры себестоимости следует, что каждый рабочий на *своем рабочем месте* может *непосредственно влиять* на снижение себестоимости детали за счет экономии основных материалов, сокращения цеховых расходов (экономия электроэнергии, смазочных и обтирочных материалов, бережное отношение к инструменту и т. д.) и повышения производительности труда, что является главным, решающим в его работе.

Большое значение для снижения себестоимости имеют коренные усовершенствования в технологическом процессе, которые предлагают фрезеровщики-новаторы. Они заключаются в изменении конфигурации заготовки или в уменьшении припусков на ее обработку, переводе обработки на другой более производительный станок, использовании более рационального инструмента, введении нового более эффективного режима резания, разработке быстроедействующих или многоместных приспособлений и т. п. Все эти усовершенствования повышают производительность обработки.

Повышение производительности труда, увеличивая выпуск продукции при неизменном уровне косвенных расходов, связанных с работой цеха, снижает долю этих расходов на 1 руб. производственной заработной платы и тем самым дополнительно снижает себестоимость.

Своевременная смена затупившихся фрез позволяет довести до минимума потери ценного металла (быстрорежущей стали и твердого сплава) при заточке, удлиняет срок работы инструмента и приводит к экономии расхода инструмента на единицу изделия.

Выполнение инструкции по смазке станка позволяет экономить смазочные материалы, а своевременная и тщательная чистка станка уменьшает расход обтирочных материалов.

Сокращение времени работы станка вхолостую, уплотнение загрузки станка, применение высокопроизводительных приспособлений, увеличение производительности понижают расход электроэнергии на одну деталь и способствуют уменьшению цеховых расходов.

В работе фрезеровщика решающим элементом снижения себестоимости операции является *повышение производительности*, т. е. *снижение рабочего времени на обработку детали* на данной операции.

2. СОСТАВЛЯЮЩИЕ ВРЕМЕНИ НА ОБРАБОТКУ. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАТРАТ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ

Рабочее время, затрачиваемое на обработку детали на фрезерном станке, складывается из штучного времени на обработку одной детали и подготовительно-заключительного времени.

Подготовительно-заключительное время учитывает затраты времени рабочего на ознакомление с чертежом и операционной картой, подготовку рабочего места, настройку и наладку станка¹, оформление и сдачу готовой продукции. Все эти затраты времени делят на количество деталей в партии.

Подготовительно-заключительное время затрачивается рабочим один раз для выполнения производственного задания, и продолжительность его не зависит от размеров обрабатываемой партии (количества деталей). Подготовительно-заключительное время обозначается $T_{п.з}$.

В табл. 1 приведены данные для определения подготовительно-заключительного времени при работе на консольно-фрезерных станках, разработанные для серийного производства².

В крупносерийном и массовом производствах обработка детали обычно закреплена за определенным станком, который, как правило, работает без переналадки. Все необходимые подналадки станка и приспособления производят в нерабочее время (обеденный перерыв или третья смена) наладчиком и в затрату рабочего времени фрезеровщика не включаются. Поэтому в крупносерийном и массовом производствах подготовительно-заключительное время не входит в общие затраты рабочего времени.

¹ Под термином *настройка* понимается включение скорости резания и подачи, установка на делительной головке сменных зубчатых колес и делительных дисков и другие приемы, вытекающие из заданного режима по технологической карте; под термином *наладка* понимаются приемы, предназначенные для приведения станка в соответствующее состояние для выполнения операции, включая установку приспособления и закрепление режущего инструмента.

² Определение подготовительно-заключительного времени в серийном производстве выполняется по таблицам, приведенным в «Общемашиностроительных нормативах режимов резания и времени для технического нормирования работ на фрезерных станках (серийное производство)», Машгиз, 1959.

Таблица 1

**Подготовительно-заключительное время в мин при работе
на консольно-фрезерных станках**

<i>На наладку станка, инструмента и приспособлений</i>						
№ пози- ции	Способ установки заготовки	Коли- чество устанав- ливаемых фрез ¹	Длина стола в мм до			
			750	1250	1800	2500
1	На столе с креплением болтами и планками, в тисках или при- способлении, устанавливаемом без крана	—	12	14	16	18
2		1—2	14	16	18	20
3		3—5	16	18	20	22
4		5—6	18	20	22	24
5	В приспособлении, устанавли- ваемом краном; с креплением в центрах или в патроне делитель- ной головки или в делительном приспособлении ²	—	15	17	19	21
6		1—2	17	19	21	23
7		3—4	19	21	23	25
8		5—6	21	23	25	27
<i>На дополнительные приемы</i>						
9	Установка двух стоек (поддер- жек), связывающих хобот с кон- солью	2	2	2	2	2
10	Установка дополнительной серьги на хоботе	2	2	2	3	3
11	Установка сменных колес на гитаре делительной головки	3	4	4	5	5
12	Установка накладной верти- кальной фрезерной головки	10	12	14	16	16
13	Установка круглого стола	6	7	7	8	8
14	Установка копира	7	8	9	10	10
15	Поворот шпиндельной головки на угол	2	2	2	3	3
16	Поворот стола на угол	1	1	1	2	2
17	Установка одного упора	2	2,5	3	4	4
18	Установка домкрата или рас- порки	2	2	2	3	3
<i>На получение инструмента и приспособлений до начала обработки и сдачу после ее окончания</i>						
19	Получение исполнителем ра- боты инструмента и приспособле- ний до начала и сдача их после окончания обработки партии де- талей		7		10	

¹ При установке набора фрез, скомплектованного на оправке, время опре-
делять по позиции 2 или 6.

² Время дано для крепления приспособления четырьмя болтами, на каждые
два последующих добавлять по 1,3 мин.

штучное время $T_{ш}$ состоит из *основного* (технологического) времени, *вспомогательного* времени, времени *обслуживания* рабочего места, времени *перерывов на отдых* и *личные надобности*.

Основное время T_o при фрезеровании — это время, в течение которого с детали снимается стружка.

Основное время может быть:

а) *машинным*, если снятие стружки происходит при механической подаче стола;

б) *машинно-ручным*, если снятие стружки происходит при ручной подаче стола.

Основное (технологическое) время при всех видах фрезерования

$$T_o = \frac{L_{расч}}{s_m} i \text{ мин.}, \quad (1)$$

где s_m — минутная подача в *мм/мин*;

i — число проходов;

$L_{расч}$ — расчетная длина обработки, определяемая как сумма:

$$L_{расч} = L + l + l_1 \text{ мм.},$$

где L — длина обработки в направлении подачи в *мм*;

l — величина врезания (длина врезания) фрезы в *мм*;

l_1 — величина перегиба фрезы в *мм*.

Значения l и l_1 в зависимости от условий фрезерования приведены в любом справочнике фрезеровщика.

Вспомогательным называется время T_o , затрачиваемое рабочим на приемы, целью которых является обеспечить выполнение основной работы. Эти приемы вспомогательного времени повторяются с каждой обрабатываемой деталью, а некоторые в определенной последовательности через определенное количество деталей. Вспомогательное время¹ включает также время на установку, зажим и снятие деталей, на управление станком (пуск, останов, переключение подач), подвод и отвод детали, перестановку стола, поворот шпинделя делительной головки, измерение детали и т. д.

Наряду с основным (технологическим) вспомогательное время является важнейшим элементом рабочего времени и его резкое сокращение дает значительное увеличение производительности труда. Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время.

Оперативным временем $T_{оп}$ называется время, затрачиваемое на работу, непосредственным результатом которой

¹ Вспомогательное время для серийного производства определяется по таблицам, приведенным в «Общемашиностроительных нормативах режимов резания и времени для технического нормирования работ на фрезерных станках (серийное производство)», Машгиз, 1959.

является выполнение заданной операции. Величина оперативного времени на партию деталей пропорциональна объему производственного задания (размеру данной партии):

$$T_{оп} = T_o + T_s \text{ мин.}$$

Время обслуживания рабочего места $T_{обс}$ представляет собой время, затрачиваемое рабочим на уход за своим рабочим местом и поддержание его в рабочем состоянии. Этот вид затрат времени делится на *время технического обслуживания рабочего места* и *время организационного обслуживания рабочего места*.

Таблица 2

Время на обслуживание рабочего места, на отдых и личные надобности

<i>Время на обслуживание рабочего места в % от оперативного</i>					
При работе на консольно-фрезерных станках	Длина стола в мм до				
	750	1250	1800	2500	
Фрезами из быстрорежущей стали Р18	2,0	2,5	3,0	3,5	
Фрезами, оснащенными твердыми сплавами	4,0	4,5	5,0	5,5	
При работе на продольно-фрезерных станках	Длина стола в мм до				
	1600	3000	6000		
Фрезами из быстрорежущей стали Р18	3,0	3,5	5,0		
Фрезами, оснащенными твердыми сплавами	5,0	5,5	7,0		
<i>Время на отдых и личные (естественные) надобности в % от оперативного (при работе на консольно-фрезерных станках)</i>					
Характер работы	Процент машинного времени в оперативном до	Оперативное время операции в мин до			
		0,1	0,2	0,5	1 и выше
С механической подачи	—	4	4	4	4
	20	7	6	5	4
С ручной подачей	40	7	6	6	5
	80 и св.	7	7	7	7
Примечание. При работе на продольно-фрезерных станках время на отдых и личные (естественные) надобности составляет 4% от оперативного времени.					

Ко времени технического обслуживания относятся затраты времени на смену затупленных фрез, на регулирование фрез и приспособлений и на подналадку станка, производимую в процессе работы, удаление стружки и т. п.

Ко времени организационного обслуживания относятся уборка и смазка станка в конце смены, раскладка и уборка инструмента в начале и конце смены.

Для упрощения расчета все эти затраты рабочего времени определяются суммарно в процентах от оперативного времени, поскольку большинство затрат времени на обслуживание рабочего места не зависит от конкретно выполняемой работы, а имеет место при выполнении любой работы на станке.

Время перерывов на отдых и личные надобности $T_{отд}$. Время перерывов на отдых зависит от условий работы и включается в состав рабочего времени лишь при выполнении физически тяжелых работ либо в отдельных случаях при поточной (конвейерной) работе. Время на личные надобности принимается в процентах от оперативного времени.

В табл. 2 даны нормативы для расчета времени на обслуживание рабочего места, а также на отдых и личные надобности при работе на фрезерных станках в процентах к оперативному времени.

Состав технической нормы времени

Норма времени на обработку данной партии деталей, обозначаемая T_{part} , складывается из штучного времени, умноженного на количество штук деталей в партии $n_{ш}$, и из подготовительно-заключительного времени на всю партию. Таким образом,

$$T_{part} = T_{ш}n_{ш} + T_{п.з} \text{ мин.}$$

В крупносерийном и массовом производствах, когда за определенным станком закреплена одна операция, подготовительно-заключительное время, как указывалось выше, в структуру нормы времени не включается.

Таким образом, для поддетальной калькуляции фрезерной операции *техническая норма общего времени на одну штуку* $T_{ш.к}$ определяется:

для единичного и мелкосерийного производств

$$T_{ш.к} = T_{ш} + \frac{T_{п.з}}{n_{ш}} \text{ мин,}$$

для крупносерийного и массового производств

$$T_{ш.к} = T_{ш} \text{ мин.}$$

Техническая норма штучного времени складывается из суммы отдельных составляющих рабочего времени

$$T_{ш} = T_o + T_e + T_{обс} + T_{отд} \text{ мин}$$

или

$$T_{ш} = T_{оп} + T_{обс} + T_{отд} \text{ мин.}$$

Если $T_{обс}$ и $T_{отд}$ даны в % от оперативного времени, то

$$T_{ш} = T_{оп} \left(1 + \frac{T_{обс} + T_{отд}}{100} \right) \text{ мин.}$$

Произведя анализ технической нормы штучного времени на обработку детали и рассматривая в отдельности каждую ее составляющую, можно разработать план мероприятий по рационализации процесса обработки в целях сокращения продолжительности каждой составляющей и тем самым общего времени обработки, т. е. увеличения производительности труда.

3. ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ НА ОБРАБОТКУ

Производственными наблюдениями¹ установлено, что при работе на консольно-фрезерных станках в условиях мелкосерийного производства затраты времени распределены следующим образом (в %):

Подготовительно-заключительное время	3,5—5
Вспомогательное время	38—48
Основное (технологическое) время	37—49
Время обслуживания рабочего места и на личные надобности	8—11

Сокращение подготовительно-заключительного времени

Подготовительно-заключительное время рассчитывается на партию одновременно пускаемых в обработку деталей, поэтому доля этого времени, приходящаяся на одну деталь, тем меньше, чем больше величина партии. Штучное время будет тем меньше, чем совершеннее процесс, т. е. чем сложнее наладка (наборы фрез, многоместные приспособления, многшпиндельные головки). Поэтому общее время обработки одной детали $T_{ш.к}$, выраженное суммой подготовительно-заключительного времени, приходящегося на одну деталь, и штучного времени для каждого размера партии оказывается наименьшим при определенной степени сложности наладки. Отсюда возникает вопрос, как найти в каждом частном случае наивыгоднейшую степень сложности наладки.

До последнего времени существовало мнение, что сложные наладки, сопровождающиеся значительной затратой подготовительно-заключительного времени, целесообразны только при больших партиях, т. е. в крупносерийном и массовом производствах. Стремление к достижению *наивысшей производительности* заставило отказаться от такого неправильного отношения к этому вопросу.

¹ Модернизация консольно-фрезерных станков. Руководящие материалы, Машгиз, 1957, стр. 17.

Все чаще и чаще делаются попытки использования станков и методов массового производства в серийном производстве. Центральным здесь является вопрос о сокращении времени наладки станков. Так, при сокращении этого времени уровень технологии на заводах серийного производства можно было бы значительно поднять, приближая его к уровню технологии массового производства.

Первым средством сокращения затрат времени на наладку станков является **п о в ы ш е н и е к в а л и ф и к а ц и и р а б о ч и х**. Изучение наиболее прогрессивных методов, применяемых фрезеровщиками-новаторами, систематизация опыта и обучение рабочих, обслуживающих данный станок этим методом, является важнейшей задачей администрации цеха.

Процесс наладки станка состоит из ряда рабочих приемов, аналогичных вспомогательным приемам при обработке. Выполняя наладку по определенным правилам, можно значительно сократить затрачиваемое на нее время. Внося закономерность, устанавливая точную норму времени на выполнение данной работы и обучив значительное число рабочих выполнению наладки, можно свести вопрос о целесообразности применения того или иного технологического метода к точному расчету, т. е. заранее знать, какой сложности надо брать наладку. Уже сейчас на многих заводах серийного машиностроения наладка фрезерных станков выполняется самими фрезеровщиками, а не специальными наладчиками. Такая организация процесса наладки является, несомненно, самым верным путем для повышения уровня технологии на заводах серийного машиностроения. Кроме того, немалое значение имеют теоретическая подготовка фрезеровщика и знание правил наладки.

Другим не менее важным средством сокращения времени на наладку является применение наладок, пригодных для группы одинаковых и подобных деталей (легко переналаживаемые приспособления со сменными вкладышами по методу С. П. Митрофанова; универсальные тиски со сменными губками; наборы фрез, сохраняемые на оправке, и т. п.); применение стандартизированных приспособлений и инструментов (стандартный крепежный инструмент и приспособления, стандартные конусные хвостовики и т. д.); специальные устройства и приемы, позволяющие производить наладку быстрее и увереннее (выполнение наладки по эталонным деталям, по габаритам и т. д.).

Перспективным решением вопроса сокращения времени на настройку и наладку станка и тем самым сокращения подготовительно-заключительного времени в целом является применение **п р о г р а м м н о г о у п р а в л е н и я** фрезерным станком. Наличие установленной программы фрезерной обработки по переходам с четко зафиксированными оборотами шпинделя, регламентированным чередованием цикла подач стола и другими элемен-

тами, записанной на пленке, перфоркарте или другим способом, позволяет при мелкосерийном производстве добиться большой эффективности работы.

Сокращение основного времени

Основное время при фрезеровании детали можно сократить в результате введения более производительного режима фрезерования (большей глубины резания подачи скорости резания), что возможно при применении производительной фрезы, мощного станка, надежного закрепления детали и т. п.

Применение однократного фрезерования на полную глубину и увеличение подачи на зуб в соответствии с предусмотренным по чертежу классом чистоты поверхности в сочетании с допускаемой большой скоростью резания дает наибольшую производительность.

Скоростное фрезерование является наилучшим способом сокращения основного времени. Следует стремиться к тому, чтобы наибольшее количество фрезерных операций было переведено на скоростные режимы.

На рис. 1 показано фрезерование фасонных выемок (канавок) в зубчатом секторе (рис. 1, а). Для этой операции фрезеровщик Кировского завода Е. Ф. Савич применил высокопроизводительную оснастку и скоростные методы резания, используя набор из одной угловой и одной двусторонней дисковой фрез, оснащенных пластинками твердого сплава Т15К6. На рис. 1, б показана наладка для фрезерования зубчатого сектора в делительном приспособлении.

Ранее эта обработка выполнялась фрезами из быстрорежущей стали при скорости резания 21 м/мин и подаче 100 мм/мин ; применение фрез, оснащенных твердым сплавом, позволило повысить скорость резания до 195 м/мин и подачу до 410 мм/мин . Общее время обработки детали при этом сократилось в 3 раза.

Существуют также другие способы сокращения основного времени на обработку детали, которые с успехом применяют фрезеровщики.

Можно сократить основное время на обработку одной детали, если одновременно обрабатывать несколько заготовок: при одновременной обработке двух заготовок время на обработку каждой сократится в 2 раза, при одновременной обработке трех заготовок время на обработку одной заготовки сократится в 3 раза и т. д. Поэтому рекомендуется применять *многоместные приспособления*, дающие возможность одновременно обрабатывать несколько заготовок.

Применение наборов фрез для одновременного фрезерования нескольких поверхностей заготовки также сокращает основное время на обработку. Применяя метод *многоместного фрезерования наборами фрез*, фрезеровщики добивались рекордной производительности.

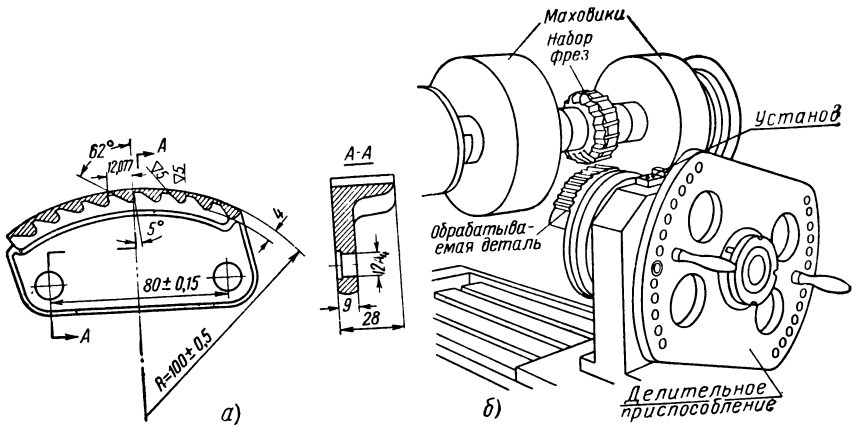


Рис. 1. Фрезерование зубчатого сектора:
 а — заготовка; б — установка в приспособлении

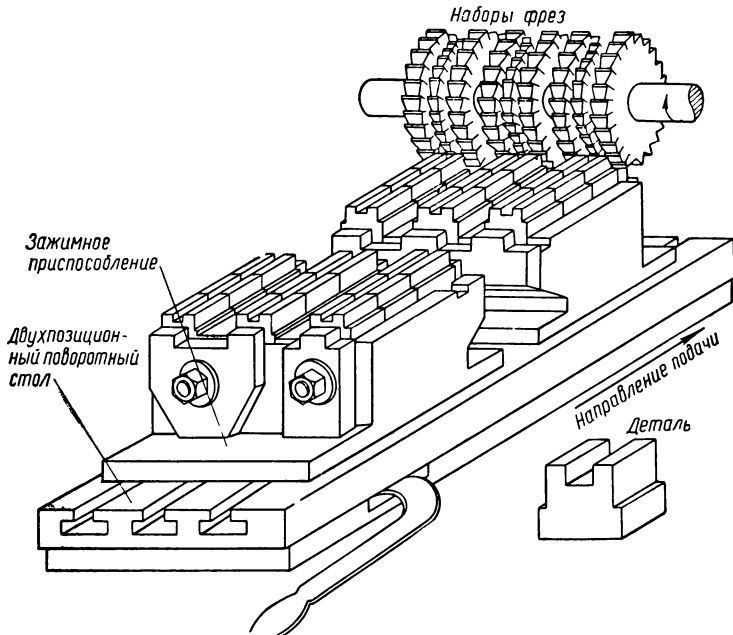


Рис. 2. Фрезерование набором фрез в многоместном приспособлении

На рис. 2 показано фрезерование пазов и боковых плоскостей деталей типа вилки в многоместном приспособлении набором фрез. Девять дисковых фрез, закрепленных на одной фрезерной оправке и представляющих три набора фрез, одновременно обрабатывают три вилки из девяти, последовательно зажатых в приспособлении. Следующие девять деталей зажаты в другом приспособлении и по окончании обработки первых девяти вилок будут подведены к фрезам поворотом двухпозиционного стола. Следует обратить внимание, что каждые три вилки установлены вплотную друг к другу, образуя как бы пакет. Установка деталей пакетом сокращает основное время, так как в этом случае нет разрыва между деталями и величина врезания и перебега фрезы (l и l_1) прибавляется только один раз для трех вилок, что соответственно уменьшает расчетную длину обработки в направлении подачи.

Сокращение вспомогательного времени

В табл. 3 даны средние значения основных приемов вспомогательного времени для различных видов производства при работе на консольно-фрезерных станках ¹.

Время, затрачиваемое на выполнение приемов, связанных с поднесением заготовки к станку, зависит от расстояния, на которое приходится переносить заготовку, а также от ее веса и конфигу-

Таблица 3

Распределение затрат вспомогательного времени при работе на консольно-фрезерных станках

Основные приемы связанные с	Массовое производство		Серийное производство		Единичное производство	
	Средние значения в % ко времени					
	штучному	вспомогательному	штучному	вспомогательному	штучному	вспомогательному
поднесением заготовки к станку	5,45	11,6	4,30	9,90	2,80	7,30
установкой, выверкой, зажимом и снятием заготовки	17,65	37,20	17,90	41,00	15,50	40,45
осуществлением рабочего цикла	17,00	35,80	13,10	29,30	11,50	29,90
измерением детали	4,00	8,40	4,20	9,65	5,25	13,60
удалением стружки с приспособлением	3,30	7,00	4,20	9,55	3,35	8,75
Итого	47,40	100	43,70	100	38,40	100

¹ Модернизация консольно-фрезерных станков. Руководящие материалы. М., Машгиз, 1957, стр. 18.

рации. Для сокращения этого времени рекомендуется располагать заготовки на стеллажах, специальной таре или транспортерах возможно ближе к станку. Наилучшим решением является питание станка заготовками от магазинных устройств (см. подробнее гл. VI).

Установка и зажим заготовок требуют большого внимания, так как нельзя допускать деформаций при жестком креплении. Здесь важна роль хорошо сконструированных приспособлений (механические, гидравлические, пневматические и др.). Из табл. 3 видно, что расход времени на установку, выверку, зажим и снятие заготовки составляет значительную долю в общем балансе вспомогательного времени. При этом конфигурация заготовки,

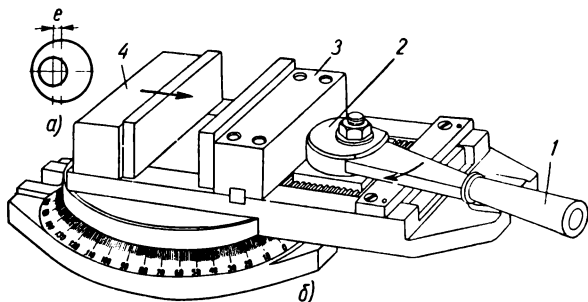


Рис. 3. Тиски с эксцентриковым зажимом

быстрота фиксации базовых поверхностей и требуемая точность установки заготовок существенно влияют на затрату времени. Существенное значение имеет способ зажима.

Применение специальных губок к нормальным винтовым тискам может существенно сократить вспомогательное время при обработке небольших партий. Мысль новаторов-фрезеровщиков направлена на возможность применения нормальных тисков со специальными губками для сокращения времени на установку и зажим деталей, не прибегая к специальным приспособлениям, которые окупают себя только при серийном производстве.

Сокращение времени на закрепление деталей может быть получено при использовании эксцентрикового зажима вместо винтового. На рис. 3 показаны тиски с эксцентриковым зажимом. Поворот рукоятки 1 (рис. 73, б), имеющей смещение головки 2, на величину e относительно центра вращения (рис. 3, а) вызывает нажим подвижной губки 4 и закрепление обрабатываемой детали между ней и неподвижной губкой 3. Поворот рукоятки 1 в обратном направлении освобождает деталь.

Тиски с эксцентриковым зажимом при применении специальных губок очень удобны для закрепления мелких деталей, обрабатываемых в больших количествах.

Использование электромагнитных и магнитных плит сокращает время зажима. Этот метод крепления обычно применяется

при плоском шлифовании. Зажим на электромагнитных и магнитных плитах тонких деталей в виде пластин применяют при скоростном фрезеровании на вертикально-фрезерных станках. Существующие стандартные электромагнитные плиты обладают сравнительно небольшой силой притяжения, поэтому для обеспечения лучшего крепления необходима большая плотность прилегания заготовки к поверхности плиты (без воздушного зазора). В связи с этим электромагнитные плиты применяют для крепления заго-

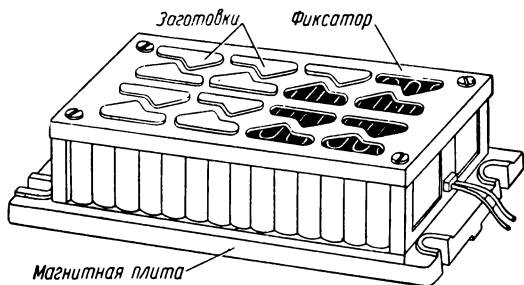


Рис. 4. Применение электромагнитной плиты для зажима деталей

товок, у которых одна плоскость предварительно обработана. При креплении малогабаритных заготовок применяют фиксаторы в виде накладок или упоров.

На рис. 4 показано крепление 16 заготовок фиксатором на электромагнитной плите для скоростного фрезерования на вертикально-фрезерном станке.

Плиты с постоянными магнитами (магнитные плиты), изготовленными из магнитных сплавов, более удобны в работе, так как не зависят от внешних источников электрического тока и более долговечны. Плиты с постоянными магнитами из сплавов алнико и магнико развивают отрывную силу даже большую, чем электромагнитные¹.

Для закрепления тонких листовых заготовок большой площади применяют *вакуумный зажим*. На рис. 5, б показан элемент вакуумного зажима. Зажимная плита 1 имеет ряд отверстий 2, через которые насос выкачивает воздух, создавая между заготовкой 4 и плитой 1 вакуум, обеспечивающий надежный прижим. Отверстия в плите 1 связаны попарно (рис. 5, а) в общую овальную выемку, окантованную уплотняющей прокладкой 3. Схема отсоса воздуха вакуум-насосом показана под элементом зажима.

Вакуумный зажим особенно хорошо применять для закрепления заготовок из немагнитных материалов (дуралюмина, латуни и т. п.).

¹ Подробнее см. Аббакумов М. М. Современные станочные приспособления. М., Машгиз, 1960.

Одним из средств дальнейшего сокращения вспомогательного времени на закрепление заготовок является применение *быстродействующих зажимных приспособлений*, которые сейчас находят широкое применение на машиностроительных заводах. Особенно большое значение имеет применение быстродействующих зажимных приспособлений на операциях с малым машинным временем при зажатии заготовок в нескольких точках, так как в этом случае удельный вес вспомогательного времени в общей норме времени особенно велик.

Быстродействующие зажимные приспособления имеют пневматический, гидравлический или пневмогидравлический привод

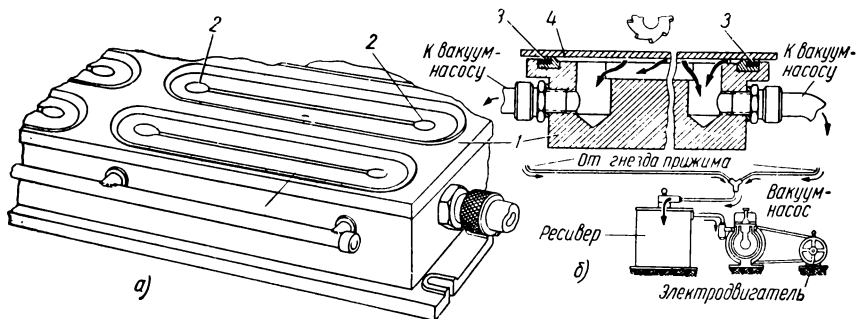


Рис. 5. Схема вакуумного зажима:

а — плата; б — элемент зажима

либо встроенный в само приспособление, либо в виде самостоятельных устройств, устанавливаемых на столе обслуживаемого станка.

На рис. 6 показано многоместное приспособление с пневматическим поршневым силовым приводом. Сжатый воздух поступает через трехходовой кран либо в верхнюю полость цилиндра, осуществляя зажим заготовок (направление действия зажимного усилия показано стрелками), либо в нижнюю полость цилиндра, освобождая заготовки.

В изображенном приспособлении применен *кассетный способ* установки заготовок, который заключается в следующем. Несколько заготовок, например в данном случае пять, устанавливают в кассету (рис. 6, б), в то время как другая партия таких же заготовок уже обрабатывается в кассете (рис. 6, а). После окончания обработки первая кассета с профрезерованными деталями вынимается из приспособления и вместо нее устанавливается другая кассета с заготовками. Кассетный способ сокращает вспомогательное время на установку заготовок, так как позволяет совместить ручное время на установку с машинным временем станка.

На рис. 7 дана примерная структура оперативного времени фрезерования деталей при разных условиях закрепления. На

рис. 7, а показан случай, когда обработку ведут на обычных режимах резания с применением обычного приспособления с ручным зажимом; при этом вспомогательное время составляет 25% от оперативного. На рис. 7, б показан случай, когда в результате скоростных режимов резания резко снизилось оперативное время, но вследствие

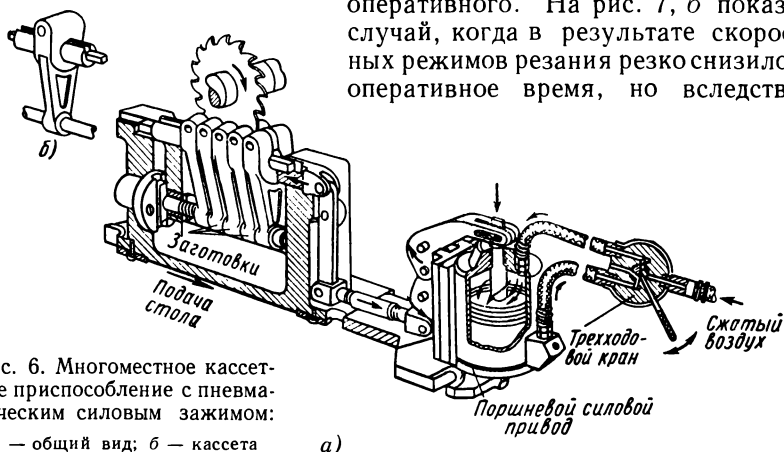


Рис. 6. Многоместное кассетное приспособление с пневматическим силовым зажимом:

а — общий вид; б — кассета

применения малоэффективного приспособления с ручным зажимом вспомогательное время выросло до 70% от оперативного.

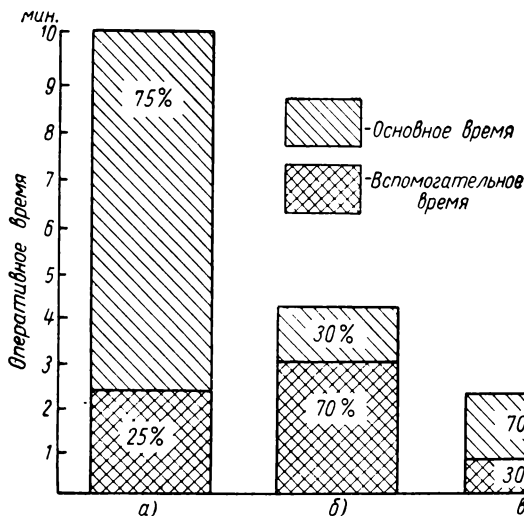


Рис. 7. Соотношение между основным и вспомогательным временем

Только применение быстродействующего приспособления с механизированным (пневматическим, гидравлическим и пневмогидравлическим) приводом (рис. 7, в) устанавливает надлежащее соотношение между основным и вспомогательным временем.

Автоматизация загрузки и зажима заготовки, а после обработки *освобождения обработанной детали* дает значительное сокращение доли вспомогательного времени на эти приемы. На рис. 8 показано загрузочное приспособление для фрезерования лысок на детали, изображенной на том же рис. 8 слева. Приспособление устанавливается на горизонтально-фрезерный станок. Зажим детали, поступающей из магазина 2, производится при помощи пневматического цилиндра 3; подача воздуха в полость цилиндра переключается автоматически от движения стола, используя переставной кулачок для переключения рукоятки 5 распределительного крана. Разжим и удаление детали достигаются тем, что в конце пути фрезерования подвижная опорная планка 1 упирается болтами 4 в кронштейн 6, закрепленный на хоботе станка, и останавливается, а приспособление вместе со столом продолжает двигаться вперед, вследствие чего опора под деталью отойдет вперед и деталь провалится вниз. При работе на этом приспособлении труд фрезеровщика сводится к периодической загрузке деталей в магазин 2.

Приемы, связанные с осуществлением рабочего цикла, т. е. с пуском и остановкой станка, переключением скоростей и подач, с холостыми передвижениями стола и т. д., играют значительную роль в общем балансе вспомогательного времени.

Пуск и остановка современного фрезерного станка производятся от кнопочного пускателя. Для того чтобы фрезеровщик мог осуществить пуск и остановку станка с любого места, которое он занимает во время работы, кнопочные панели 1 и 2 располагают обычно в двух местах (рис. 9): на левой стороне станины станка рядом с рукояткой переключения скоростей и на правой стороне передней доски салазок рядом с рукояткой включения и переключения продольных перемещений стола. На больших станках кнопочная панель или пульт дополнительно выполняется в виде подвесной панели.

Переключение числа оборотов шпинделя и подач стола обычно осуществляется по однорукояточному методу, причем установленное число оборотов шпинделя показывается в виде цифр на лимбе скоростей 4 и соответственно величина подачи — на лимбе подач 3 (рис. 9). В новейших станках применяется *преселективный способ* установления числа оборотов шпинделя и подач стола, который заключается в том, что установка требуемого числа оборотов и подачи производится предварительно (во время работы станка) и в случае необходимости перехода на этот предварительно установленный режим включается простым нажатием соответствующей кнопки. Однорукояточное переключение скоростей и подач значительно сокращает долю вспомогательного времени на эти приемы, а преселективное включение исключает совсем эту долю вспомогательного времени, так как выполняется в машинное время

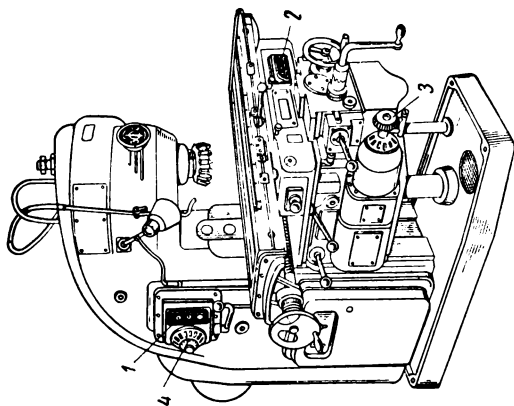


Рис. 9. Расположение кнопочных павелей на фрезерном станке

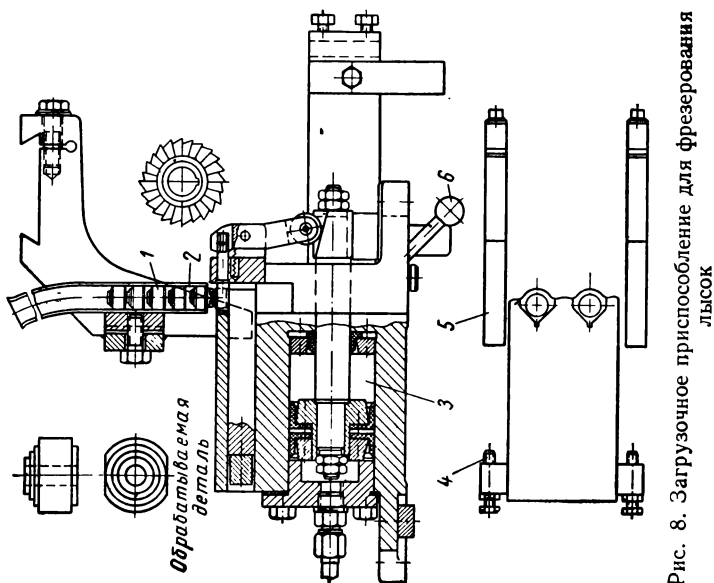


Рис. 8. Загрузочное приспособление для фрезерования
лысок

и им полностью перекрывается. Чтобы при одорукоятном управлении подачами получить требуемое направление перемещения стола, салазок и консоли (вправо—влево; к себе — от себя, вверх—вниз), рукоятку надо поставить в соответствующее положение (вправо—влево; к себе — от себя; вверх—вниз). Та-

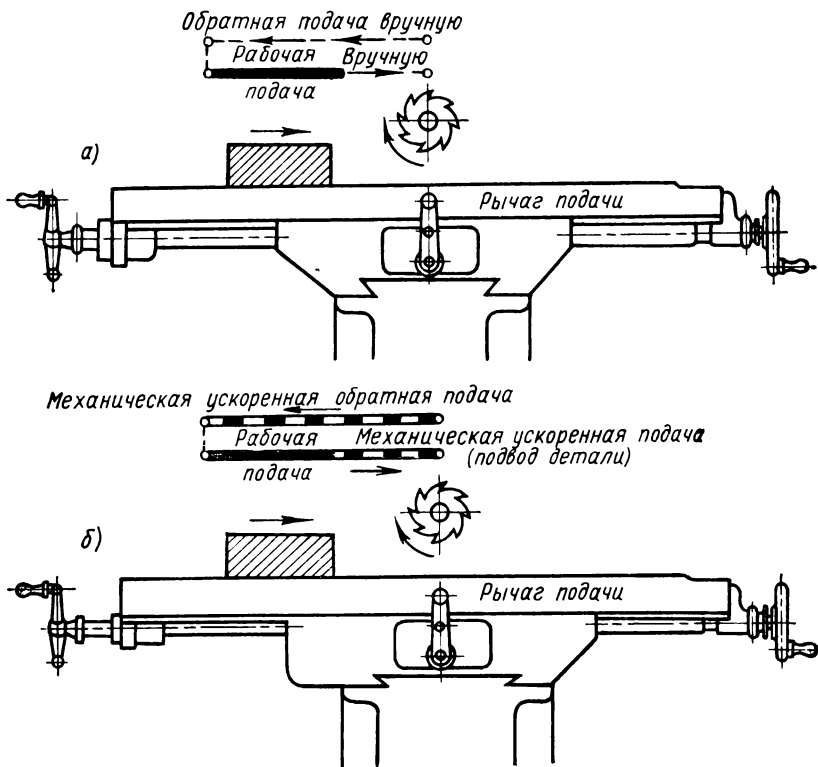


Рис. 10. Схемы фрезерования:

а — с ручным подводом и отводом детали; б — с механическим ускоренным подводом и отводом детали

кое соответствие положения рукоятки и направления движений исключает возможность ошибки.

Сокращение времени на холостые и обратные перемещения стола, т. е. на подвод стола к фрезе и отвод стола в исходное положение, ускоряет обработку деталей. Это обстоятельство заставило изыскивать более экономичный способ подвода и отвода стола с деталью.

На рис. 10, а изображена схема операции фрезерования при отсутствии ускоренного хода стола, когда рабочий для сокращения вспомогательного времени на подвод и отвод детали произво-

дит это вручную. Здесь наглядно видно, какая часть операции производится с ручной подачей и какая — с механической. На рис. 10, б показана схема автоматизации движений стола при помощи ускоренной подачи для холостых перемещений, которая введена в конструкцию современных фрезерных станков. Для включения ускоренной подачи (быстрого хода стола) надо нажать на кнопочной панели 1 или 2 (см. рис. 9) кнопку «Быстро» и поставить рукоятку подачи в ту сторону, которая соответствует требуемому перемещению стола, т. е. по мнемоническому правилу. Быстрый ход стола происходит, пока нажата кнопка «Быстро». Как только фрезеровщик отпускает эту кнопку, стол продолжает двигаться на выбранной рабочей подаче. Из рис. 10, б ясно, какая часть перемещений стола производится на рабочей подаче и какая на быстром ходу; эта схема фрезерования является более прогрессивной по сравнению с изображенной на рис. 10, а, особенно при обработке деталей, у которых фрезерованию подлежат лишь отдельные участки поверхностей, когда для сокращения времени обработки промежутки между обрабатываемыми участками целесообразно проходить быстро.

Дальнейшее развитие этой схемы фрезерования приводит к автоматизации цикла подач стола, о чем будет изложено в гл. VI.

В табл. 4 приведены затраты времени на осуществление перемещения стола при ручном и быстром автоматическом подводе и отводе.

Таблица 4

Затраты времени в мин на перемещение стола при обработке типовых деталей

Типы деталей	При подводе вручную	При быстром подводе и отводе автоматически
Корпусные	0,44	0,23
Плоскостные	0,5	0,1
Цилиндрические	0,33	0,21
Рычаги	0,22	0,13
Среднее	0,37	0,17

Несмотря на то, что быстрый ход стола сокращает время на подвод и отвод стола по сравнению с ручным перемещением, применение в машиностроении быстрых ходов стола сравнительно невелико и колеблется в пределах от 15% в единичном производстве до 70% в серийном.

Приемы, связанные с измерением детали, хотя составляют незначительную долю вспомогательного времени,

могут быть рационализированы применением жестких, т. е. не переставных мерителей. Проверка деталей скобами, пробками, шаблонами требует значительно меньше вспомогательного времени, чем измерение штангенциркулем, микрометром, угломером и другими переставными измерительными инструментами.

Сокращение времени на обслуживание рабочего места

На рабочем месте фрезеровщика находятся станок, инструментальный шкафчик, заготовки, готовые детали, станочные приспособления и добавочные устройства к станку (делительная головка, поворотный круглый стол и т. д.).

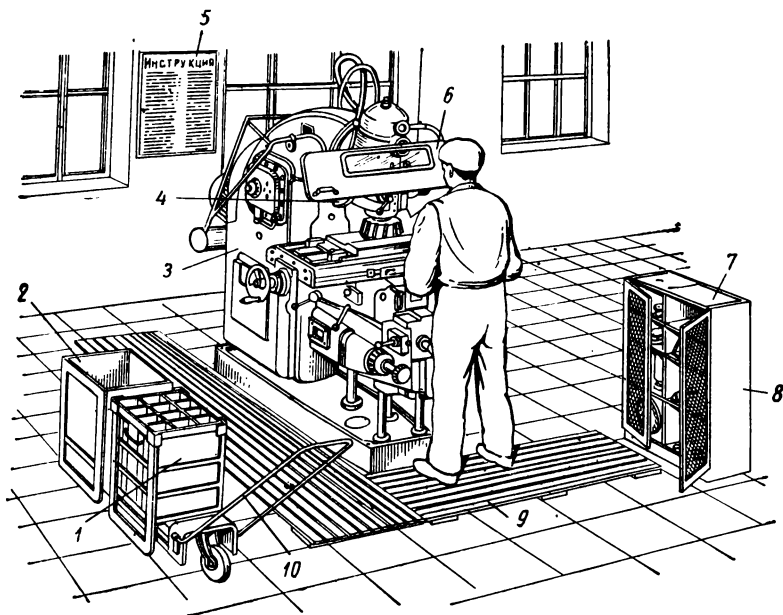


Рис. 11. Рабочее место фрезеровщика:

1 — ящик для деталей; 2 — ящик для заготовок; 3 — станок; 4 — лампа местного освещения; 5 — инструкция по технике безопасности; 6 — защитный экран освещения; 7 — пюпитр для чертежей и технической документации; 8 — инструментальный шкафчик; 9 — подмостки; 10 — тележка с подъемной платформой

Распланировка на рабочем месте в должном порядке всего того, что требуется для работы, — очень важное условие поднятия производительности и обеспечения условий безопасности работы.

На рис. 11 изображено рабочее место фрезеровщика, при распланировке которого надо руководствоваться следующими правилами.

1. Все должно быть сосредоточено вокруг рабочего на возможно близком расстоянии и не мешать его свободным движениям.

2. Все, что во время работы употребляется часто, располагать ближе. Все, что употребляется редко, укладывать дальше.

3. Укладывать предметы необходимо таким образом, чтобы место их расположения соответствовало естественным движениям рук рабочего. Например, предметы, которые берут левой рукой, должны быть уложены слева. Если какой-нибудь предмет трудно поднять одной рукой, то надо его положить так, чтобы можно было удобно взять его обеими руками.

4. Предметы, требующие осторожного обращения, должны быть положены выше предметов, требующих менее осторожного обращения.

5. Чертежи, операционные карты, рабочие наряды должны быть расположены так, чтобы ими было удобно пользоваться.

6. Заготовки и готовые детали не должны загромождать рабочее место фрезеровщика и должны быть расположены таким образом, чтобы направление всех движений рабочего совпадало с направлением производственного потока. Это особенно важно для крупных деталей. Мелкие детали и заготовки, обрабатываемые в больших количествах, надо хранить в ящиках, расположенных у станка на уровне рук рабочего. Для складывания готовых деталей надо иметь второй такой же ящик также вблизи рабочего места.

7. Общее расположение всех предметов должно быть таким, чтобы рабочему не приходилось постоянно нагибаться или занимать неудобные положения в то время, как он берет или укладывает тот или иной предмет.

Инструменты, приспособления и документация должны храниться в инструментальном шкафчике. На рис. 11 показан такой шкафчик (справа от станка), в котором необходимо поддерживать строгий порядок и для каждого предмета установить определенное место. Рабочий запоминает места хранения и этим экономит минуты, затрачиваемые на отыскание нужных инструментов.

При укладке режущих инструментов в шкафчик надо следить, чтобы режущие кромки не получили забоин от каких-либо металлических изделий. С большим вниманием следует относиться к хранению измерительного инструмента.

Кроме организационных мероприятий, на снижение времени по обслуживанию станка влияют технические средства, например, устройство рациональных подъемно-транспортных устройств, весьма нужных при установке громоздких деталей и для смены инструментов (фрезерных головок и наборов фрез), облегченная конструкция серъги (кронштейна хобота), централизованная смазка, автоматические устройства для отвода стружки, подводка сжатого воздуха для сдувания стружки и т. д.

4. СОВМЕЩЕНИЕ ОБРАБОТКИ ПО ВРЕМЕНИ

Основные определения

Наиболее эффективным методом повышения производительности, применяемым на заводах фрезеровщиками, является совмещение по времени выполнения нескольких элементов операции (перекрытие элементов операции по времени). Вместо того, чтобы эти элементы выполнять один за другим (последовательно), их выполняют одновременно (параллельно).

Перекрытие элементов вспомогательного времени легко осуществляется при автоматизированных операциях. Одновременно выполнение нескольких ручных приемов возможно в том случае, когда рабочий согласованно действует обеими руками.

Перекрытие элементов основного времени происходит при технологической концентрации обработки, когда стружка снимается одновременно несколькими фрезами.

Перекрытие элементов основного и вспомогательного времени применяется наиболее часто при фрезеровании. Оно может быть осуществлено применением соответствующих приспособлений выбором наиболее целесообразного метода фрезерования и в результате многостаночного обслуживания.

Приспособления, позволяющие перекрывать элементы вспомогательного времени основным

Применяя приспособления, позволяющие сменять обработанные детали во время фрезерования других, можно значительно сократить вспомогательное время. Для этого используют пово-

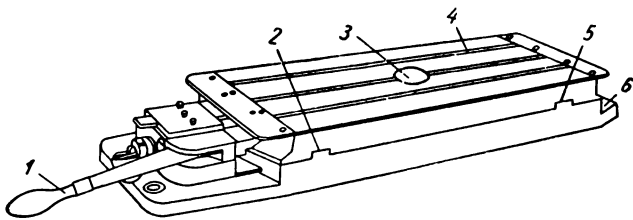


Рис. 12. Поворотный двухпозиционный стол

ротные двухпозиционные столы, круглые поворотные столы с механической подачей, механизированные приспособления и т. д.

На рис. 12 показан поворотный двухпозиционный стол. Основная плита 4 прикрепляется к столу станка обычным способом. Плита 4, вдоль которой профрезеровано несколько Т-образных пазов, вращается вокруг вертикального штифта 3. Для лучшего

направления и жесткости при фрезеровании служат круговые направляющие 2 и 5. Стол закрепляется в рабочем положении при помощи рукоятки 1.

После того как обрабатываемая деталь или приспособление с несколькими деталями закреплены на правой стороне стола, включают станок. Во время фрезерования деталей, закрепленных на правой стороне поворотной плиты 4, на левой стороне ее устанавливают и закрепляют детали, подлежащие обработке. Как только фрезерование закончено, стол станка возвращают в исходное положение и, нажав рукоятку 1, поворачивают плиту 4 на 180° ; после этого вновь включают станок. За время рабочего хода обработанные детали снимают и закрепляют новые.

На рис. 13 показана схема фрезерования детали на круглом поворотном столе с механической подачей. Во время обработки одних деталей можно снимать готовые и закреплять подлежащие фрезерованию. Этот метод фрезерования называется непрерывным.

Влияние расположения заготовок на время обработки видно из сравнения двух способов закрепления, изображенных на рис. 13. Расположение согласно рис. 13, б позволяет закрепить 20 заготовок на столе диаметром 600 мм, в то время как при расположении по рис. 13, а можно закрепить только 14 заготовок. Соответственно этому основное время на одну деталь составляет 50 сек по способу, показанному на рис. 13, б, и 55 сек — по способу, показанному на рис. 13, а.

Преимущества непрерывного метода обработки на круглом вращающемся столе по сравнению с обработкой на продольно-перемещающемся столе видны из рис. 14, где сопоставлена обработка чугунной плитки длиной 350 и шириной 200 мм на двухшпиндельном карусельно-фрезерном и на продольно-фрезерном станках с одним шпинделем.

При закреплении шести плиток на круглом столе карусельно-фрезерного станка (рис. 14, а), принимая средний диаметр фрезерования $D = 900$ мм, получаем развернутую длину фрезерования, равную примерно 2800 мм. При подаче 300 мм/мин за семичасовой рабочий день можно обработать $\frac{7 \times 60 \times 300 \times 6}{2800} = 270$ плиток, причем время на установку, зажим и снятие плиток пере-

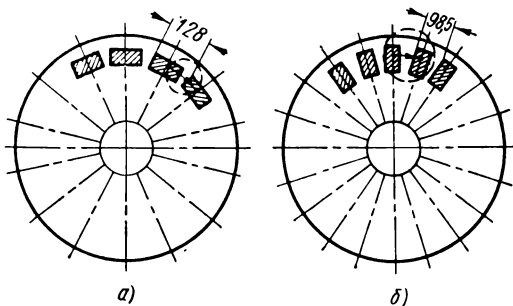


Рис. 13. Схема фрезерования на круглом поворотном столе

крывается основным временем, так как они производятся во время обработки. Кроме того, работа черновой и чистовой фрез происходит одновременно, т. е. здесь элементы основного времени также перекрываются.

При закреплении шести плиток последовательно на столе продольно-фрезерного станка (рис. 14, б) требуется длина прохода L , равная приблизительно 3000 мм на черновую и отдельно на чистовую обработку. При этом на установку, зажим и снятие шести плиток требуется вспомогательное время, не перекрываемое основным временем станка, равное примерно 2 мин.

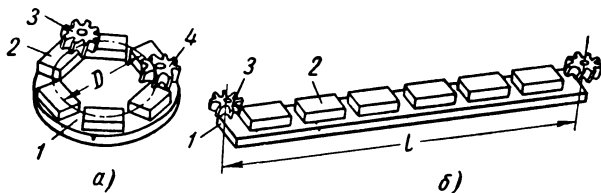


Рис. 14. Сопоставление обработки на карусельно- и продольно-фрезерных станках:

1 — стол; 2 — заготовка; 3 и 4 — соответственно черновая и чистовая фрезы

Приняв рабочую подачу 300 мм/мин, быстрый обратный ход стола 5 м/мин и вспомогательное время 2 мин, получаем оперативное время на обработку шести плиток в два перехода, равное 23,2 мин, что позволяет обработать за семичасовой рабочий день

$$\frac{7 \times 60 \times 6}{23,2} = 108 \text{ плиток.}$$

Таким образом, применение продольной подачи стола дает почти в 3 раза меньшую производительность по сравнению с применением круглого поворотного стола. Поэтому необходимо во всех случаях, где это возможно, применять на консольно-фрезерных станках круглые поворотные столы, которые сейчас выпускаются многими отечественными заводами (см. подробнее гл. VI).

На рис. 15 приведен более совершенный способ совмещения времени обработки путем использования обратного хода стола. Как показано на схеме (рис. 15, а), торцовая фреза при рабочей подаче стола от позиции 2 к позиции 3 обрабатывает торец детали I, затем подача стола реверсируется, и стол ускоренно возвращается к позиции 4. Фреза обрабатывает деталь II при рабочей подаче от позиции 4 к позиции 5, после чего подача опять реверсируется, и стол ускоренно подается до позиции 6, где цикл снова повторяется, и т. д. Во время такой маятниковой подачи обрабатываемые детали поочередно снимают, заменяя их новыми.

Как показано на схеме рис. 15, б, детали I и II, подлежащие обработке, также поочередно закрепляют по обеим сторонам стола,

располагая их соответственно двум наборам цилиндрических фрез, установленным на общей оправке. При подаче стола от позиции 2 к позиции 3 набор фрез, имея левое вращение шпинделя, обрабатывает деталь I, затем подача реверсируется, и стол ускоренно возвращается к позиции 4, причем шпиндель станка также реверсируется, получая правое вращение. При движении стола от позиции 4 к позиции 5 другой набор фрез обрабатывает деталь II

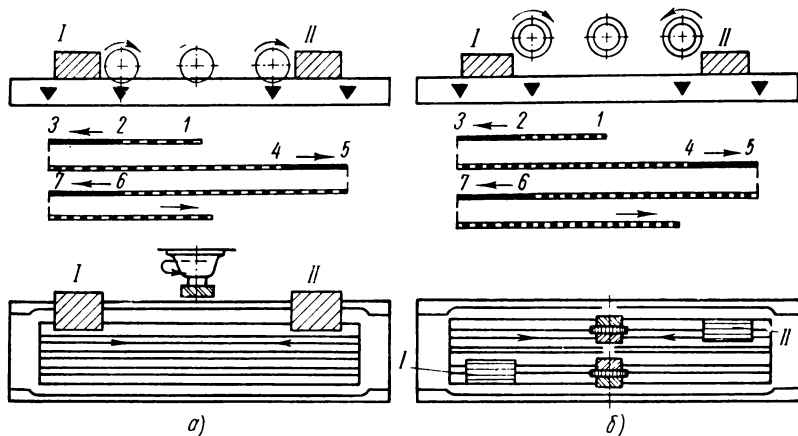


Рис. 15. Схемы фрезерования с использованием обратного хода стола:
а и б — соответственно фрезерование торцевой и цилиндрической фрезами

По окончании рабочего хода 4—5 шпиндель станка вновь реверсируется на левое вращение, стол ускоренно возвращается и доходит до позиции 7, после чего маятниковый цикл подачи снова повторяется. Циклы по схеме, показанной на рис. 15, а и б, включаются автоматически от кулачков на столе станка.

Отечественные фрезерные станки выпуска последних лет обладают возможностью настройки на маятниковую подачу (см. подробнее гл. VI).

Влияние метода фрезерования на производительность труда

Влияние способа закрепления и выбранного метода фрезерования на уменьшение времени обработки показано на рис. 16; даны варианты обработки поверхности планки шириной 100 и длиной 65 мм цилиндрической фрезой диаметром 80 мм при глубине резания 3 мм, скорости 34 м/мин и подаче 100 мм/мин при разных способах закрепления. Из сводной таблицы видно, что одновременное закрепление десяти заготовок в приспособлении, равно как и использование обратного хода стола при обработке двух попарно закрепленных деталей (рис. 16, д), дает до 40%

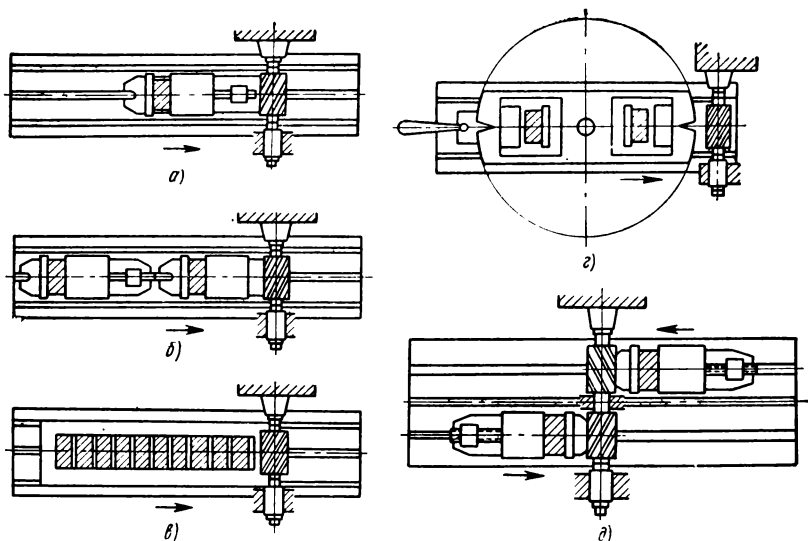


Рис. 16. Влияние метода обработки на производительность фрезерования

Способ закрепления и метод обработки по рис. 16	Время обработки 1 шт. в мин	Процентное отношение к способу а
по одной заготовке в машинных тисках (а)	1,25	100
по одной заготовке в двух тисках (б)	1,12	90
по десять заготовок, закрепленных в приспособлении (в)	0,70	56
по одной заготовке в двух тисках, установленных на поворотном двухпозиционном столе (г)	0,82	66
по одной заготовке в двух тисках при работе с использованием обратного хода стола (д)	0,75	60

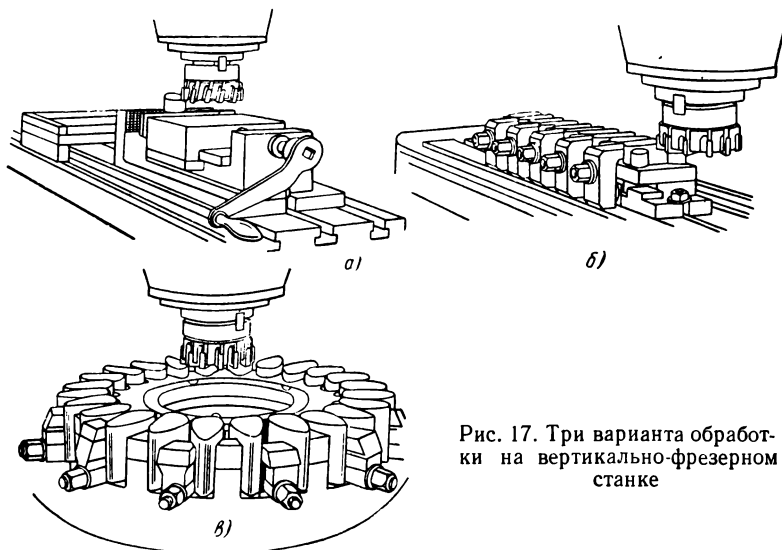


Рис. 17. Три варианта обработки на вертикально-фрезерном станке

экономии времени против фрезерования по одной заготовке, закрепленной в машинных тисках (рис. 16, а)

На рис. 71 показаны три варианта обработки стальной заготовки торцевой фрезой на вертикально-фрезерном станке: обычный способ закрепления по одной заготовке в тисках (рис. 17, а); более производительный метод фрезерования в многоместном приспособлении (рис. 17, б); метод непрерывного фрезерования на круглом вращающемся столе (рис. 17, в), который позволяет производить съем и закрепление заготовок в процессе обработки, и, таким образом, повышает производительность.

Многостаночная работа

Работа одного рабочего одновременно на двух или нескольких станках — наиболее часто применяемый метод сокращения времени обработки за счет перекрытия вспомогательного времени основным.

Действительно, если производить зажим — съем деталей, подвод — отвод стола и другие приемы, входящие во вспомогательное время, на одном фрезерном станке, в то время как другой станок выполняет фрезерование, то вспомогательное время, затраченное на установку детали и пуск первого станка в ход, перекрывается основным временем другого станка и не входит в расчет.

Многостаночная работа заключается в одновременной работе одного рабочего или бригады рабочих на нескольких станках; ручные приемы на каждом из обслуживаемых станков производятся в период машинной работы всех остальных станков.

Возможность организации многостаночной работы определяется наличием такого соотношения машинного и ручного времени совмещаемых операций, чтобы время машинной работы станка было равно или больше суммы ручного времени на всех остальных станках.

В данном случае к машинному времени относят не все основное время, предусмотренное технической нормой на данную операцию, а лишь так называемое *неперекрываемое время* автоматической работы станка, когда рабочий остается действительно свободным не только от каких-либо ручных приемов работы, но и от необходимости наблюдения за работой станка.

К ручному времени в условиях многостаночной работы следует относить машинно-ручное и вспомогательное время на выполнение данной операции, время на переходы рабочего от одного станка к другому, а также время, затрачиваемое рабочим на наблюдение за автоматической работой станка.

Для успешного внедрения многостаночной работы необходимо увеличение пути фрезерования, т. е. длины фрезеруемых деталей, осуществляемое многорядным закреплением или применением многоместных приспособлений, что весьма широко применяется в настоящее время фрезеровщиками.

На рис. 18 показана схема распределения основного и вспомогательного времени при обслуживании двух фрезерных станков. Весьма важным для внедрения многостаночного обслуживания фрезерных станков являются подбор работ и специализация оборудования. Специализация станков должна заключаться в закреплении за каждым станком достаточно однородных операций примерно одинаковой длительности и, что особенно важно, с соответствующим соотношением машинного и ручного времени.

На стр. 37 приводится карта, составленная для четырех фрезерных станков, переведенных на многостаночное обслуживание,

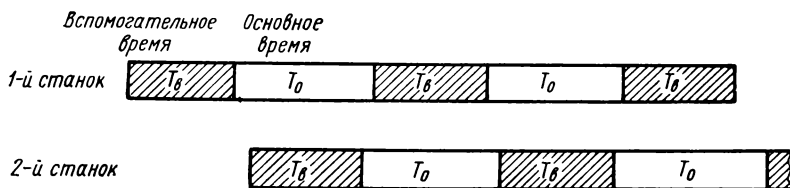


Рис. 18. Схема многостаночного обслуживания. Вспомогательное время второго станка совпадает с основным временем первого станка. и наоборот

при крупносерийном производстве. В практике часто встречаются случаи, когда один фрезеровщик обслуживает несколько разнотипных станков и не всегда все станки фрезерные. Однако построение карты совмещения при этом существенно не отличается от приведенной на стр. 37

Чтобы достигнуть наилучших результатов в многостаночной работе, рабочий должен быть освобожден от выполнения ряда вспомогательных работ: доставки заготовок и инструмента на рабочее место, сдачи деталей контролеру и т. д. Расстановка станков должна быть сделана так, чтобы сократить время на переходы рабочего от станка к станку.

5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ФРЕЗЕРНЫХ РАБОТ

Общие понятия о механизации и автоматизации производства

Механизацией производственных процессов называют полную или частичную замену физического труда человека работой машин, механизмов, приспособлений. Например, пневматический или гидравлический зажим деталей в приспособлении вместо ручного закрепления при помощи винтовых зажимов является элементом механизации. Ускоренный механический отвод стола вместо ручного, устройство механизмов, облегчающих установку и сьем деталей со станка, также являются элементами механизации. В условиях работы фрезеровщика применяются небольшие пневмоподъемники, пневмо- и гидроманипуляторов (механические руки),

КАРТА СОВМЕЩЕНИЯ

Дата: 25. IX 1959 г.

Цех: механический

Фамилия рабочего: Шумилкин В. И.

Профессия: фрезеровщик, разряд 4-й

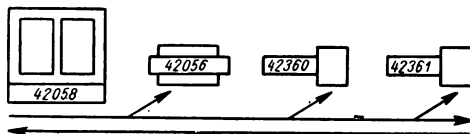
На группу станков: фрезерных

№ станков: 42361, 42360, 42056

42058. Количество обслуживаемых

станков 4

Схема расположения станков на рабочем месте



№ станка	42361, 42360, 42056	42058
Тип станка	Горизонтально-фрезерный	
Деталь	Кронштейн балансира, деталь № 2060 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> </div>	
Последовательность элементов операции	Установить деталь — 24 сек Пустить станок — 1 сек Фрезеровать — 4 мин Снять деталь — 16 сек	Установить деталь — 12 сек Пустить станок — 1 сек Фрезеровать — 2 мин Снять деталь — 6 сек

№ станка	Наименование элементов или операций	время в минутах					
		2	4	6	8	10	12
42361	Ручное время	Снять					
	Машинное время	Установить					
42360	Ручное время	[Горизонтальная линия]					
	Машинное время	[Горизонтальная линия]					
	Простой станка *	[Горизонтальная линия]					
42056	Ручное время	[Горизонтальная линия]					
	Машинное время	[Горизонтальная линия]					
	Простой станка *	[Горизонтальная линия]					
42058	Ручное время	[Горизонтальная линия]					
	Машинное время	[Горизонтальная линия]					
	Рабочий свободен	[Горизонтальная линия]					

* Простой только в начале смены

загрузочных устройств и устройств для кантования не только облегчает работу, но и сокращает вспомогательное время.

Автоматизация производства — это применение приборов, приспособлений, машин, позволяющих производить движения, необходимые для обработки (как в отношении технологических операций, так и в отношении технического контроля и транспорта) без непосредственного участия человека и лишь под его контролем. Процесс управления любым станком состоит не только из таких простых приемов, как пуск и выключение станка, но включает в себя элементы загрузки станка (поштучная выдача заготовок, закрепление и разжим), регулирования (изменение числа оборотов и подачи) и контроля (контроль размеров обрабатываемых деталей). На станке-автомате все действия (движения) управления выполняются без участия человека.

Автоматизация производства является высшей, завершающей формой развития машинного производства. Широчайшее внедрение в нашу промышленность средств автоматики является одной из основных задач, поставленных перед отечественной промышленностью. Если в странах капитализма применение наиболее совершенных автоматических машин вызывает усиление эксплуатации рабочего, способствуя снижению его заработной платы и росту безработицы, то в условиях победившего социализма автомат облегчает труд и одновременно, повышая производительность, ускоряет процесс коммунистического строительства.

В Советском Союзе автоматизация несет с собой не только широчайшие возможности роста производительности труда, она приводит к резкому изменению условий и характера труда. Неквалифицированный труд устраняется, во много раз повышается число высококвалифицированных работников. Рабочий перестает быть работником только физического труда. Стирается грань между умственным и физическим трудом.

Порядок механизации и автоматизации фрезерных работ

Возможность механизации и автоматизации работы на фрезерных станках достаточно велика, хотя найти правильное решение здесь труднее, чем при работе на токарных или шлифовальных станках. Не следует, однако, думать, что механизация и автоматизация процесса фрезерования возможны только при массовом и крупносерийном производствах. Опыт показывает, что даже в условиях мелкосерийного производства целесообразно механизировать и автоматизировать отдельные процессы, а внедрение станков с *программным управлением* является рентабельным и при мелкосерийном характере производства.

При внедрении механизации и автоматизации на действующем оборудовании обычно начинают с механизации выполнения отдельных рабочих приемов на фрезерном станке. Сюда относятся мероприятия по механизации и автоматизации загрузки, установки

и зажима заготовок, по автоматизации рабочих и холостых перемещений стола, поворота (индексации) и зажима заготовок на поворотных столах и т. д. Эти мероприятия, затрагивающие только отдельные элементы вспомогательного времени, называются *малой автоматизацией*.

Затем переходят к автоматизации переходов целиком (например, автоматизация цикла перемещения стола в целом) и созданию станков, выполняющих автоматически однопереходные работы (например, фрезерование лысок на деталях по рис. 8, фрезерование шлицев в гайках, в головках винтов и т. д.).

Следующий этап в направлении автоматизации заключается во включении в цикл работы станка автоматических движений, связанных с подводом и отводом стола, переключением на заданные скорости вращения шпинделя и величины рабочих и холостых подач стола, что приводит к созданию *полуавтоматов*. Наконец автоматизация процесса загрузки и съема деталей превращает полуавтомат в *полный автомат*.

Дальнейшие работы в направлении автоматизации фрезерных работ требуют автоматической связи между отдельными операциями, выполняемыми на автоматических станках, т. е. организации *автоматизированных участков* и *автоматических линий*.

В альбоме «Модернизация и автоматизация технологического оборудования. Фрезерные станки», изданном Ростовским научно-исследовательским институтом технологии машиностроения, приводится пример объединения двух автоматизированных после модернизации горизонтально-фрезерных станков ТГ-2 в автоматизированный участок, где межстаночным транспортером служат магазинные устройства из цепных передач.

В других случаях между автоматизированными станками есть гибкие или жесткие транспортные связи, что превращает автоматизированный участок в автоматическую линию.

Такая автоматизация, когда в результате объединения технологического процесса с транспортной связью возникают группы взаимосвязанных, автоматически действующих станков, называется *комплексной автоматизацией*.

Пути автоматизации фрезерных работ

Объем автоматизации каждой фрезерной операции можно упрощенно представить в виде следующей формулы:

$$\eta_{аст} = \frac{T_o}{T_{он}},$$

где $\eta_{аст}$ — коэффициент автоматизации данной операции;
 T_o — основное (технологическое) время в мин;
 $T_{он}$ — оперативное время в мин.

В случае полной автоматизации данной операции все вспомогательное время T_o перекрывается машинным временем, т. е. $T_o = 0$ и оперативное время T_{on} будет равно T_o и

$$\eta_{авт} = \frac{T_o}{T_{on}} = 1.$$

В случае частичной автоматизации данной операции, как, например, при автоматизации загрузки и зажима заготовок, только часть вспомогательного времени перекрывается машинным временем и какая-то часть его войдет в состав оперативного времени и поэтому оперативное время всегда будет больше основного, т. е. в этом случае

$$\eta_{авт} = \frac{T_o}{T_{on}} < 1.$$

Чем больше перекрытие вспомогательного времени машинным, т. е. чем больше объем операции автоматизирован, тем ближе к единице коэффициент автоматизации $\eta_{авт}$. Стремясь к комплексной автоматизации, фрезеровщик должен уметь найти в своей работе те элементы, которые, будучи подвергнуты частичной (малой) автоматизации, дадут как можно больший эффект в виде увеличения коэффициента автоматизации.

Объем рационализации фрезерных операций в серийном производстве по степени важности решения задачи представляется в следующем виде.

Пути сокращения машинного времени.

1. Сокращение количества переходов и проходов, т. е. увеличение глубины резания.
2. Увеличение подачи на зуб, т. е. минутной подачи.
3. Введение скоростных режимов обработки, т. е. выбор максимальной скорости резания, допускаемой материалом инструмента и заготовки, выбранной глубиной резания и принятой подачей на зуб фрезы.
4. Сокращение пути фрезерования или совмещение операций применением многоинструментальной и многошпиндельной обработки.

Пути механизации вспомогательных приемов.

1. Введение преселективного включения скоростей и подач.
2. Применение однорукояточного управления подачами.
3. Применение механизующих зажимов с силовыми приводами.
4. Применение многоместных, кассетных, поворотных и других зажимных приспособлений, сокращающих холостые движения.
5. Применение сменных наладок.
6. Механизация транспорта.

Пути автоматизации операции.

1. Применение автоматических загрузочных, зажимных и других устройств, совмещающих вспомогательное время с машинным.
2. Применение автоматических циклов перемещения стола.
3. Внедрение автоматической сигнализации в случае неполадок в работе

станка. 4. Применение полуавтоматических или автоматически действующих станков универсального типа с быстросменными или групповыми наладками. 5. Использование копируемых фрезерных станков со следящим устройством для обработки фасонных деталей. 6. Использование станков с программным управлением.

Фрезеровщик-новатор должен стремиться решить эти задачи для конкретных операций. Все дальнейшее изложение книги построено в порядке рассмотрения отдельных вопросов рационализации фрезерных операций, в том числе механизации вспомогательных приемов и автоматизации процесса фрезерования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аврутин С. В. Основы фрезерного дела. Профтехиздат, 1960.
 2. Ачеркан Н. С. Расчет и конструирование металлорежущих станков. М., Машгиз, 1952.
 3. Модернизация консольно-фрезерных станков. Руководящие материалы под ред. А. Е. Прокоповича. М., Машгиз, 1957.
 4. Александров В. А., Замятин А. А. и Подпояскина Д. И. Модернизация и автоматизация технологического оборудования. Фрезерные станки. Рекомендации для промышленного внедрения. Издание Ростовского научно-исследовательского института технологии машиностроения. Ростов-на-Дону, 1965.
 5. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на фрезерных станках (серийное производство). М. Машгиз, 1959.
 6. Саксаганский Т. Д. Как организовано производство на машиностроительном заводе. М. Машгиз, 1957.
 7. Станкостроение и автоматизация технологических процессов в машиностроении Черников С. С. и Болтухин А. К. Механизация и автоматизация фрезерных станков. ЦБТИ МС и ИП, 1957.
 8. Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. 15, стр. 334. П р у д е н с к и й Г. А. Многостаночная работа и совмещение профессий. М., Машгиз, 1951.
-

ГЛАВА II

НАЗНАЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Назначение рационального режима резания при работе на фрезерных станках заключается в выборе наиболее выгодного сочетания скорости резания, подачи и глубины срезаемого слоя, обеспечивающих в данных условиях с учетом использования режущих свойств инструмента скоростных и мощностных возможностей станка наибольшую производительность труда и наименьшую себестоимость операции.

Как следует из рассмотренной формулы основного (технологического) времени

$$T_o = \frac{L + l + l_1}{s_m} i \text{ мин.},$$

для уменьшения основного времени необходимо работать с возможно большей технологически допустимой минутной подачей фрезы s_m и возможно меньшим количеством проходов i , т. е. с наибольшей глубиной резания. При этом должны быть наиболее полно использованы режущая способность и размерная стойкость инструмента, учтены жесткость станка и приспособления для обеспечения заданной точности и чистоты поверхности детали и прочность кинематических звеньев привода шпинделя и стола.

1. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УРОВЕНЬ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Материал режущей части фрезы

Решающим фактором, определяющим режим резания, является материал режущей части фрезы. Фрезы из быстрорежущей стали допускают большие скорости резания и большие подачи, чем фрезы из углеродистой и легированной сталей; следовательно, они имеют преимущества по сравнению с фрезами из углеродистой стали.

Углеродистая сталь теряет свои режущие свойства при температуре 250°C , а быстрорежущая — при 600°C . Для скоростного

фрезерования широко применяют твердые сплавы в качестве материала для вставных зубьев, так как они сохраняют свои режущие свойства при температурах около 1000° С. Высокая твердость и износостойкость инструмента, оснащенного твердым сплавом, а также способность его сохранять режущие свойства при высоких температурах, возникающих в процессе скоростного резания, обеспечивают более производительную обработку по сравнению с обработкой инструментом, изготовленным из быстрорежущей стали.

Применение фрез с пластинами из твердого сплава дает возможность повышения режима фрезерования в 2—3 раза по сравнению с фрезами из быстрорежущей стали. Твердосплавные фрезы целесообразно применять почти при всех видах фрезерных работ; препятствием к их рациональному использованию может быть недостаточная мощность оборудования либо специфические свойства материала обрабатываемой заготовки.

Однако в ряде случаев применение в качестве режущей части фрезы углеродистых и легированных инструментальных и быстрорежущих сталей является рациональным, особенно когда класс чистоты обработанной поверхности и точность полученного профиля детали имеют большее значение, чем скорость выполнения работы.

Углеродистую инструментальную сталь марки У12А можно рекомендовать для фрез малых диаметров при фасонных работах (фасонные затылованные фрезы с нешлифованным профилем) и малых модулей (до $m = 1$) при зуборезных работах. Легированные инструментальные стали марок ХГ, 9ХС, ХВ9 можно рекомендовать для всех фасонных затылованных фрез, а также для зуборезных фрез, так как эта сталь хорошо сохраняет остроту режущей кромки при небольших скоростях резания (до 20 м/мин) в зоне малых подач до 0,05 мм/зуб при малой глубине фрезерования, а сталь ХВ5 рекомендуется для фрез, которые обрабатывают с малой скоростью твердые материалы.

Из быстрорежущих сталей марок Р18 и Р9 лучшие результаты достигаются при использовании стали Р18, поскольку сталь Р9 требует тщательной термической обработки с узким интервалом температур нагрева. Фрезы изготовляют из стали Р18, но по соглашению с потребителем ГОСТ разрешает применение стали Р9.

Для обработки жаропрочных сталей и сталей, обладающих пониженной обрабатываемостью, рекомендуется применять быстрорежущие стали, легированные кобальтом (марки Р9К5 и Р9К10) или ванадием (марки Р9Ф5 и Р18Ф2) по ГОСТу 9373—60.

Изготовленные из стали фрезы после термической обработки должны иметь твердость в пределах HRC 62—65.

Твердые сплавы, применяемые для обработки металлов резанием, определены ГОСТом 3882—61.

Для чернового фрезерования углеродистых и легированных конструкционных сталей и стальных отливок с неравномерным

припуском и большим сечением стружки, при прерывистом резании по корке, при ударной нагрузке на инструмент рекомендуются сплавы марки Т5К10. Для полустогового и чистого фрезерования углеродистых и легированных конструкционных сталей и стальных отливок при непрерывном резании и небольших припусках рекомендуются сплавы марок Т15К6, Т15К6Т и Т14К8. Для чистого и тонкого фрезерования сталей при малом сечении стружки и больших скоростях резания рекомендуется марка Т30К4.

Для черного фрезерования нержавеющей и жаропрочных сталей применяют сплавы марок ВК6В, ВК6М и ВК8, а при легких работах — марка Т5К10. Для обработки титановых сплавов рекомендуются марки ВК4, Т5К10, Т15К6 и Т14К8. Для черного фрезерования чугуна и цветных сплавов при прерывистом резании и при неравномерном припуске применяют сплавы марок ВК6В, ВК8, ВК10. Для черного и чистого фрезерования чугуна, цветных сплавов и неметаллических материалов при непрерывном резании предназначаются марки ВК4В, ВК6 и ВК8. Для полустогового, чистого и тонкого фрезерования чугуна, цветных сплавов и неметаллических материалов рекомендуются марки ВК2 и ВК3.

В Советском Союзе применяется неметаллический режущий материал — *минералокерамика*, режущие свойства которого не уступают режущим свойствам современных твердых сплавов. При обработке чугуна, бронзы и отливок из легких сплавов минералокерамические резцы допускают скорости резания в 1,5—2 раза большие, чем при резании резцами из твердых сплавов.

Минералокерамика для режущих инструментов изготавливается в виде пластинок, подобных пластинкам твердого сплава. Минералокерамические пластинки обладают высокой твердостью, способностью сохранять режущие свойства при температуре около 1200° С, что позволяет вести обработку на больших скоростях резания. Недостатком этих пластинок является большая хрупкость, ограничивающая их применение в случае обработки по обдирке с неравномерным припуском и при прерывистом резании.

Наилучшими режущими свойствами обладают минералокерамические пластинки марки ЦМ-332, что позволяет использовать их при торцовом фрезеровании чугуна и цветных сплавов. Фрезы с пластинками из ЦМ-332 успешно применяют на ряде заводов.

Геометрические параметры режущей части фрезы

Не менее важным фактором, влияющим на производительность резания, являются геометрические параметры режущей части фрезы, которые представляют совокупность элементов (углов заточки, размеров и форм) зуба фрезы, что часто называют сокращенно геометрией фрезы.

Каждый из элементов геометрии зуба фрезы имеет свое значение в процессе резания, что подробно объясняется в курсе «Фрезерное дело»; при изложении данного раздела имелось в виду, что читатель достаточно владеет основами теории резания при фрезеровании и поэтому здесь приводятся только обобщающие сведения, позволяющие развивать их в направлении рационального применения при выборе режима резания.

Передний угол γ при правильном выборе облегчает сход стружки и уменьшает силу резания, вследствие чего износ зуба фрезы по передней поверхности получается наименьшим; следовательно, срок работы фрезы без переточки будет наибольшим. Обычно передний угол γ назначают в пределах 10—20° в зависимости от типа фрезы, материала режущей части и твердости обрабатываемого материала.

Задний угол α при правильном выборе уменьшает трение по задней поверхности. С увеличением заднего угла уменьшается трение и соответственно уменьшается износ зуба по задней поверхности, что увеличивает стойкость фрезы и улучшает класс частоты обработанной поверхности. Однако с увеличением заднего угла α уменьшается угол заострения β , что приводит к ослаблению зуба и может вызвать поломку (выкрашивание) режущей кромки. Задний угол α выбирается в пределах 12—30° в зависимости от глубины резания, типа фрезы, количества зубьев (мелкозубые и крупнозубые фрезы). Наблюдения за работой фрез, оснащенных пластинками из твердого сплава, показали, что оптимальная величина заднего угла зависит от максимальной величины толщины снимаемого слоя $a_{наиб}$, т. е. от подачи на зуб s_z .

Главный угол в плане ϕ и угол в плане переходной кромки ϕ_0 . В торцовых и дисковых фрезах главная режущая кромка зуба фрезы сошлифована на угол ϕ , называемый главным углом в плане или главным углом в плане угловой кромки. Главный угол в плане ϕ является важным фактором повышения производительности торцовых и дисковых фрез. Основной его функцией является изменение толщины и ширины срезаемого слоя при постоянных глубине резания и подаче.

С уменьшением главного угла в плане ϕ при постоянной подаче на зуб толщина стружки уменьшается, стойкость и производительность фрезы увеличиваются, но и увеличивается потребная мощность. Поэтому меньшие главные углы в плане ϕ выбирают при наличии жесткого и мощного станка. Главный угол в плане ϕ выбирают в зависимости от мощности станка, жесткости закрепления заготовки в приспособлении или на столе станка, материала заготовки, глубины резания и тип фрезы в пределах 30—90°. Угол в плане переходной кромки ϕ_0 образован в результате увеличения прочности зуба в месте сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок, что увеличивает срок работы фрезы без пере-

точки. Угол в плане переходной кромки φ_0 назначают равным половине угла φ .

Вспомогательный угол в плане φ_1 служит для облегчения перемещения вспомогательной кромки в процессе резания по обработанной поверхности. Этот угол оказывает большое влияние на класс чистоты обработанной поверхности. С уменьшением угла φ_1 класс чистоты поверхности улучшается. Вспомогательный угол φ_1 выбирают в пределах $15' - 3^\circ$.

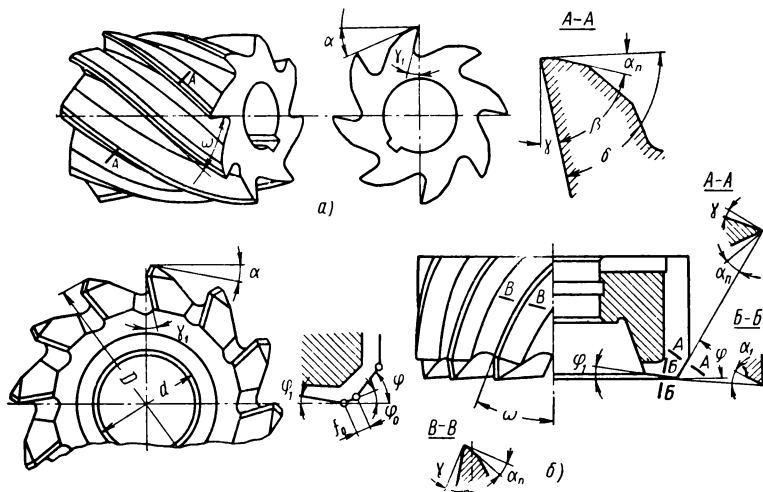


Рис. 19. Геометрические параметры режущей части фрез из быстрорежущей стали:

а — цилиндрической фрезы; б — торцевой фрезы

Угол наклона λ режущей кромки предназначен для направления и облегчения схода стружки. Кроме того, угол λ оказывает влияние на прочность зуба и стойкость фрезы.

Угол наклона ω винтовой режущей кромки служит для увеличения плавности работы фрезы и для направления сходящей стружки; обычно угол ω наклона режущей кромки назначают в пределах $10 - 60^\circ$ в зависимости от типа фрезы.

Рассмотрим рекомендуемые геометрические параметры режущей части фрез из быстрорежущей стали P18 и с пластинками из твердого сплава.

На рис. 19 приведены геометрические параметры фрез из быстрорежущей стали, а в табл. 5 и 6 — рекомендуемые значения передних и задних углов, главного, вспомогательного и переходного углов в плане и длины переходной кромки, а также угол наклона ω винтовой режущей кромки.

Таблица 5

**Геометрические параметры режущей части фрез
из быстрорежущей стали P18 (см. рис. 19)**

<i>I Передние углы γ в град</i>						
Материал обрабатываемой заготовки	Фрезы торцовые, цилиндрические, дисковые, концевые	Фрезы дисковые пазовые и отрезные		Фрезы фасонные и угловые для обработки		
		$B \leq 3$ мм	$B > 3$ мм	черновой	чистовой	
Стали углеродистые и легированные σ_b в кг/мм ² :						
< 60	· 20	5	10	15	10	
60—100	· 15	5	10	15	5	
> 100	· 10	5	10	10	5	
Стали жаропрочные и нержавеющие	· 10—15	—	10—15	5	—	
Чугун <i>HB</i>						
≤ 150	· 15	5	10	15	5	
150—220	· 10	5	10	10	5	
> 220	· 5	5	10	10	5	
Медные сплавы	· 10	5	10	10	5	
Алюминиевые сплавы	· 25	25	25	—	—	
Пластмассы	· 6—10	8	10	—	—	
<i>II Задние углы в град</i>						
Тип фрез			Главный α_n	Торцовый α_t		
Торцовые и цилиндрические:						
с мелкими зубьями			· 16	8		
со вставными ножами и крупными зубьями			· 12	8		
Дисковые трехсторонние и двусторонние:						
цельные			· 20	6		
со вставными ножами			· 16	6		
Дисковые пазовые и отрезные			· 20	—		
Концевые			· 14	8		
Прорезные (шлицевые)			· 30	—		
Фасонные и угловые:						
незатылованные			· 16	8		
с затылованным зубом			· 12	—		

III Углы в плане и переходной кромки в град				
Тип фрезы	Главный Φ	Вспомогательный Φ_1	Переходной кромки Φ_0	Длина переходной кромки f_0 в мм
Торцовые для стали и медных сплавов: со вставными ножами цельные	45—60 90	1—2 1—2	— 45	— 1,0—2
Торцовые для жаропрочных и нержавеющей сталей	45	2	45	2
Концевые	90	3	45	0,5—1,0
Дисковые: трех- и двусторонние пазовые	90 90	1—2 1—2	45 —	1,0—1,5 —
Прорезные (шлицевые)	—	15'—1°30'	—	—
Отрезные (шириной свыше 3 мм)	—	15'—1°	45	0,5

Примечания: 1. У фрез цилиндрических с углом наклона зубьев свыше 30° передний угол при обработке стали $\sigma_s < 60 \text{ кг/мм}^2$ $\gamma = 15^\circ$.
2. У фасонных фрез с передним углом $\gamma > 0^\circ$ необходима коррекция конгура при обработке точных профилей.
3. При обработке жаропрочных нержавеющей сталей торцовыми фрезами необходимо брать большие значения передних углов, концевыми и цилиндрическими — меньшие.
4. На задней поверхности фрез при заточке оставлять круглошлифованную ленточку шириной не более 0,1 мм. Зубья у фрез шлицевых (прорезных) и отрезных (круглых пил) затачиваются без ленточки.

Таблица 6

Рекомендуемые значения угла наклона ω винтовых канавок для фрез из быстрорежущей стали

Тип фрезы	Угол ω в град
Цилиндрические:	
крупнозубые	40
мелкозубые	30—35
составные	20—45
Концевые	30—45
Шпоночные	15—25
Дисковые:	
двусторонние	15
трехсторонние	8—15
трехсторонние с разнонаправленным зубом	10—15
трехсторонние сборные при	
$B > 15 \text{ мм}$	12—15
$B < 15 \text{ »}$	8—10
трехсторонние сдвоенные	15
Торцовые:	
с цельными зубьями	25—40
со вставными ножами из быстрорежущей стали	10

На рис. 20—23 приведены геометрические параметры фрез с пластинками из твердого сплава, а в табл. 7—10 — рекомендуемые значения передних и задних углов, главного, вспомогательного

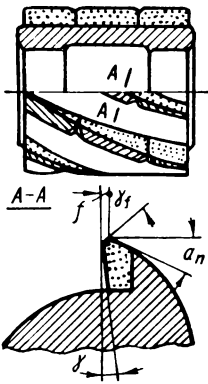


Рис. 20. Геометрические параметры режущей части цилиндрической фрезы с винтовыми пластинками из твердого сплава

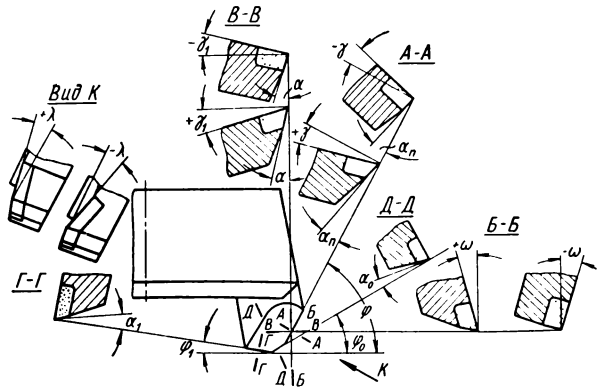


Рис. 21. Геометрические параметры режущей части торцовой фрезы с пластинками из твердого сплава

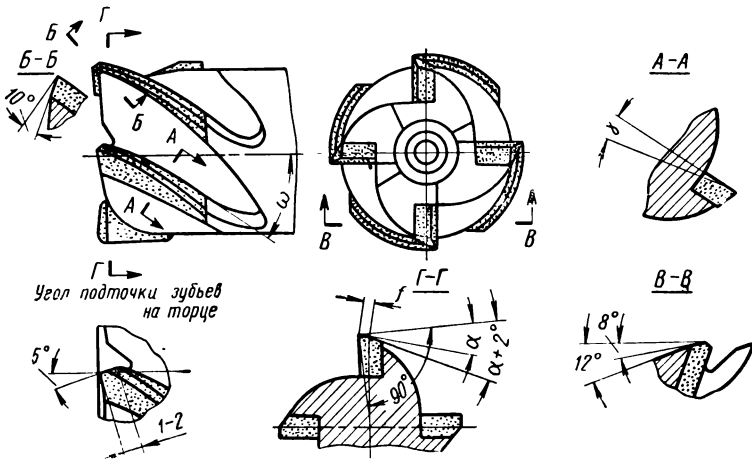


Рис. 22. Геометрические параметры режущей части концевых фрез с винтовыми пластинками из твердого сплава

и переходного углов в плане, угол наклона режущей кромки и винтовых канавок, радиуса при вершине для этих фрез и т. п. Фрезы, применяемые для обработки большинства заготовок, обычно поставляются с инструментальных заводов с углами за-

готовки, соответствующими ГОСТам, и фрезеровщику в отличие от токаря и строгальщика почти невозможно изменять эти углы путем переточки. Приведенные в табл. 5—10 геометрические пара-

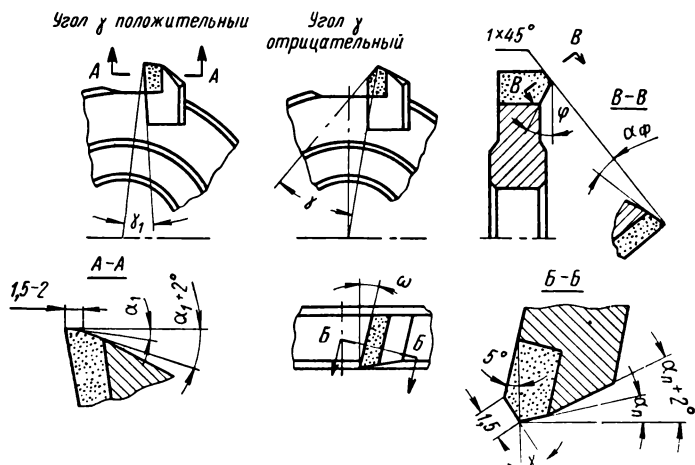


Рис. 23. Геометрические параметры режущей части дисковой фрезы с пластинками из твердого сплава

Таблица 7

Геометрические параметры режущей части цилиндрических фрез с винтовыми пластинками из твердого сплава (см. рис. 20)

Материал обрабатываемой заготовки	Передний угол γ_0	Задний угол α_n	Угол наклона винтовой пластинки ω°	Фаска	
				Ширина ленточки f в мм	Передний угол на фаске γ_L
Сталь углеродистая и легированная $\sigma_s < 75 \text{ кг/мм}^2$ Чугун $HB < 200$ Бронза $HB < 140$	+5	17	24—30	—	—
Сталь углеродистая и легированная $\sigma_s = 75 \div 110 \text{ кг/мм}^2$ Чугун $HB > 200$ Бронза $HB > 140$	0	17	24—30	0,2—0,6	0
Сталь углеродистая и легированная $\sigma_s > 110 \text{ кг/мм}^2$	-5	15	24—30	1,0—2,0	-5

Примечание. На задней поверхности зуба вдоль режущей кромки допускается ленточка шириной не более 0,1 мм.

Таблица 8

Рекомендуемые значения геометрических параметров режущей части торцовых фрез с пластинками из твердого сплава (см. рис. 21)

Материал обрабатываемой заготовки	Углы заточки зубьев фрезы в град в сборе						
	Передний угол γ	Задний угол		Угол в плане			
		Для работы с подачей на зуб в мм/зуб		Главный Φ	Переходной кромки Φ_0	Вспомогательный Φ_1	Угол наклона режущей кромки λ
		$s_z < 0,25$	$s_z > 0,25$				
$\alpha_n = \alpha_1$							
Стали конструкционные углеродистые и легированные: $\sigma_\theta < 80 \text{ кг/мм}^2$ $\sigma_\theta > 80$ »	-5 -10	12—15	6—8	15—60*	$\frac{\Phi}{2}$	5	12—15
Стали нержавеющие и жаропрочные	+8	10	10	30—60	—**	10	0
Чугун серый $HB > 200$	+5	12—15	6—8	15—60*	$\frac{\Phi}{2}$	5	12—15
Чугун ковкий	+7	6—8		60	$\frac{\Phi}{2}$	2	12—15

Примечания: * Малые углы в плане $\Phi = 15-30^\circ$ следует применять при обработке на жестких станках для черновых проходов с малыми глубинами резания и чистовых проходов с невысокими требованиями шероховатости поверхности и точности обработки.

** Радиус при вершине $r = 1,0$.

Таблица 9

Рекомендуемые значения геометрических параметров режущей части концевых фрез с винтовыми пластинками из твердого сплава (см. рис. 22)

Материал обрабатываемой заготовки	Углы заточки в град			Фаска	
	передний γ	задний α	наклона винтовых пластинок ω	Ширина ленточки f в мм	Передний угол на фаске γ_f°
Сталь углеродистая и легированная $\sigma_\theta < 75 \text{ кг/мм}^2$ Чугун $HB < 200$ Бронза $HB < 140$	+5	17	22—40	—	—
Сталь углеродистая и легированная $\sigma_\theta 75 \div 110 \text{ кг/мм}^2$ Чугун $HB > 200$ Бронза $HB < 140$	0	17	22—40	0,2—0,6	0
Сталь углеродистая и легированная $\sigma_\theta > 110 \text{ кг/мм}^2$	-5	15	22—40	1,0—2,0	-5

Геометрические параметры режущей части дисковых фрез с пластинками из твердого сплава (см. рис. 23)

Обрабатываемый материал	Передний угол γ°	Задний угол			Угол наклона зуба ω°	Вспомогательный угол в плане φ_1°
		на периферии зуба α_n	на боковой стороне зуба α_1	на переходной кромке α_c		
Стали конструкционные легированные и углеродистые:						
$\sigma_s \leq 80 \text{ кг/мм}^2$	-5	20	4	20	8—15	2—5
$\sigma_s > 80 \text{ »}$	-10	20—25	4	20—25	8—15	2—5
Серый чугун $HV > 200$	+5	10—15	4	10—15	8—15	2—5

метры режущей части фрез помогут фрезеровщику правильно выбрать соответствующую данной обработке фрезу из имеющихся в инструментальной кладовой стандартных фрез.

Ширина и глубина фрезерования

Ш и р и н о й ф р е з е р о в а н и я B мм называют ширину поверхности, обрабатываемой фрезой за один проход. Ширина фрезерования задается чертежом детали, но в случае обработки нескольких заготовок, закрепленных параллельно в одном зажимном приспособлении, ширина фрезерования кратна ширине всех заготовок.

Г л у б и н о й ф р е з е р о в а н и я t (г л у б и н о й р е з а н и я) при фрезеровании называют толщину слоя металла, снимаемого фрезой за один проход с поверхности заготовки. Глубина фрезерования t мм измеряется как кратчайшее расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями.

Для сокращения основного (технологического) времени рекомендуется вести обработку в один проход. При повышенных требованиях к точности обработки и классу чистоты поверхности обработка ведется в два перехода — один черновой и один чистовой. В отдельных случаях при снятии больших припусков или при фрезеровании на станках с недостаточной мощностью возможна обработка в два черновых прохода.

На рис. 24 показаны ширина и глубина фрезерования при работе различными фрезами при разных видах обработки.

В случае переменной ширины фрезерования принято вести расчет по *средней ширине фрезерования* $B_{ср}$. Средняя ширина фрезерования получается от деления площади фрезеруемой поверх-

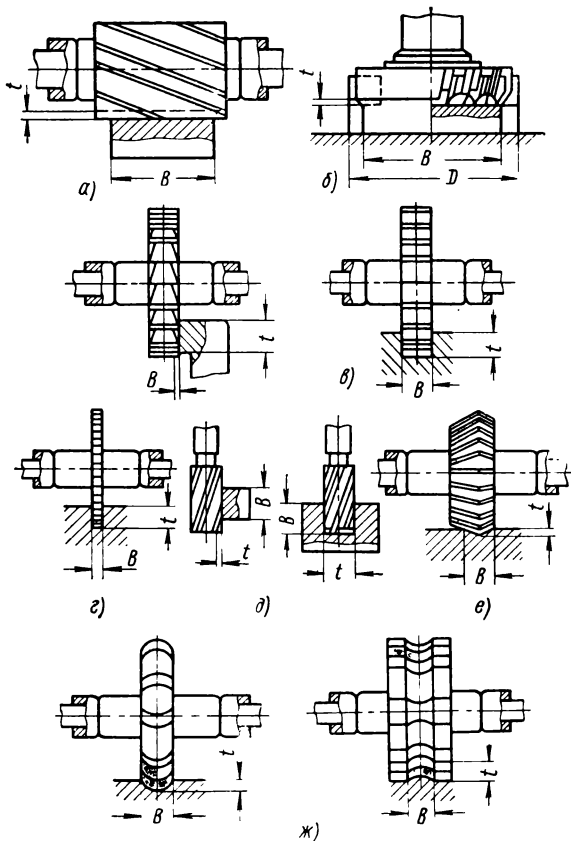


Рис. 24. Ширина и глубина при фрезеровании фрезами: а — цилиндрической; б — торцовой; в — дисковой; г — отрезной и прорезной; д — концевой; е — угловой; ж — фасонной радиусной

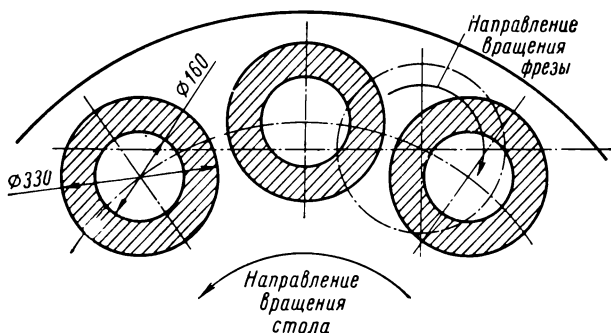


Рис. 25. К определению средней ширины фрезерования

ности $F \text{ мм}^2$ на длину обработки $L_{рез}$, измеренную в направлении резания, т. е.

$$B_{ср} = \frac{F}{L_{рез}} \text{ мм.}$$

На рис. 25 показано, как определяется $B_{ср}$ при фрезеровании диска сцепления автомобиля. По данным чертежа детали определяем

$$F = \frac{\pi}{4} (330^2 - 160^2) = 85529,9 - 20106,2 = 65423,7 \text{ мм}^2;$$

$$L_{рез} = 330 \text{ мм}; \quad B_{ср} = \frac{F}{L_{рез}} = \frac{65423,7}{330} \approx 200 \text{ мм.}$$

Диаметр фрезы

Диаметр фрезы выбирают в основном в зависимости от ширины фрезерования B и глубины резания t . В табл. 11 приведены данные по выбору цилиндрических, в табл. 12 — торцовых и в табл. 13 — дисковых фрез.

Таблица 11

Рекомендуемые диаметры цилиндрических фрез

Ширина B фрезерования в мм до	Диаметр фрезы D в мм при глубине резания t в мм			
	До 2	До 5	До 8	До 10
70	63	80	100	100
100	80	100	100	100
150 *	100	125	125	160
200 *	100	125	160	200
250 *	125	125	160	200
300 *	160	200	200	250

* Применять сборные составные фрезы по ГОСТу 9926—61.

Таблица 12

Рекомендуемые диаметры торцовых фрез и фрезерных головок

Диаметры фрезы D в мм	Ширина фрезерования B в мм до	Глубина резания t в мм до
50—63	40	4
80—100	60	4
125—160	90	6
160—200	120	6
250	180	6
315—400	250	8
400—500	350	10

Рекомендуемые диаметры дисковых фрез

Ширина фрезерования B в мм до	Диаметр фрезы D в мм при глубине резания t в мм					
	До 5	До 10	До 20	До 30	До 60	До 100
10	50	63	80	100	160	—
20	63	80	100	125	200	315
40	80	100	125	160	200	315

При выборе диаметра фрезы необходимо учитывать, что фрезы меньшего диаметра являются более производительными¹, поэтому для сокращения основного (технологического) времени следует работать фрезами возможно меньшего диаметра, допускаемого конструктивными размерами заготовки и размерами обработки при обеспечении одновременно возможно большей жесткости крепления фрезы. Следует при этом всегда помнить, что с уменьшением диаметра насадных фрез приходится выбирать более тонкую оправку и вследствие этого необходимо уменьшать нагрузку на оправку, т. е. уменьшать подачу или глубину резания.

Подача

Величина подачи при черновой обработке зависит от материала, обрабатываемой заготовки материала режущей части фрезы, мощности привода станка, жесткости станка, приспособления, детали и закрепления фрезы, а также углов заточки фрезы.

При чистой обработке подачу следует выбирать, руководствуясь классом чистоты поверхности, обозначенной на чертеже детали.

Основной исходной величиной при выборе подачи для черного фрезерования является подача на один зуб фрезы s_z . Для торцовых фрез на выбор величины подачи на один зуб фрезы оказывает влияние способ установки фрезы относительно заготовки, что обуславливает величину угла встречи зуба фрезы с заготовкой и толщину срезаемой стружки при входе и выходе зуба фрезы из контакта с заготовкой. Установлено, что для торцовой фрезы, оснащенной пластинками из твердого сплава, наиболее благоприятные условия врезания зуба в заготовку достигаются при расположении фрезы относительно заготовки, как показано на рис. 26, б, т. е. при смещении фрезы относительно заготовки на величину $C = (0,03 \div 0,05) D$. Такое смещение оси фрезы даст возможность увеличить подачу на зуб против подачи при

¹ Подробнее см. С. В. Аврутин. Фрезерное дело, изд. 5-е, Высшая школа, 1964, стр. 458.

симметричном фрезеровании (рис. 26. а) чугуна и стали в 2 раза и более.

В табл. 14 даны рекомендуемые подачи при черновом фрезеровании торцовыми фрезами, оснащенными пластинками из твердого сплава, для этих двух случаев.

Помимо расположения фрезы относительно оси симметрии заготовки, при торцовом фрезеровании твердосплавными фрезами на величину подачи влияет главный угол в плане φ . Поддачи, приведенные в табл. 14, рассчитаны на фрезы, имеющие угол $\varphi = 60 \div 45^\circ$. Уменьшение угла в плане φ до 30° позволяет увеличить подачу в 1,5 раза, а увеличение угла φ до 90° требует снижения подачи на 30%.

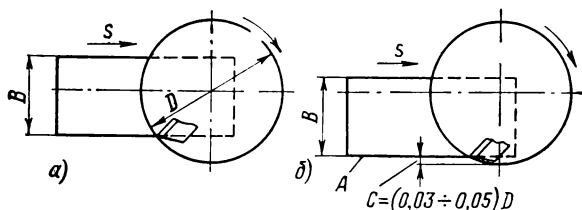


Рис. 26. Установка заготовки относительно оси фрезы при обработке стали и чугуна:

а — симметрично; б — смещением

Величины подачи при чистовой обработке твердосплавными фрезами, приведенные в табл. 14, даются на один оборот фрезы, так как подачи на один зуб получаются слишком малыми. Поддачи даются в зависимости от класса чистовой обработанной поверхности по ГОСТ 2789—59.

В табл. 15 приведены рекомендуемые подачи для цилиндрических фрез с пластинками из твердого сплава при обработке стали и чугуна за один переход. В табл. 16 приведены рекомендуемые подачи для твердосплавных концевых фрез с коронками и винтовыми пластинками при обработке стали и чугуна за один переход.

В табл. 17 приведены рекомендуемые поддачи для дисковых трехсторонних фрез с пластинками из твердых сплавов при обработке стали и чугуна за один переход. В табл. 18 приведены рекомендуемые подачи на один зуб фрезы при черновом фрезеровании плоскостей цилиндрическими, торцовыми и дисковыми трехсторонними фрезами из быстрорежущей стали P18. В табл. 19 приведены подачи при чистовом фрезеровании плоскостей цилиндрическими фрезами из быстрорежущей стали P18, в табл. 20 — при чистовом фрезеровании плоскостей торцовыми и дисковыми трехсторонними фрезами из быстрорежущей стали P18, а в табл. 21 — при фрезеровании плоскостей за один переход концевыми фрезами из быстрорежущей стали P18.

Рекомендуемые подачи при обработке плоскостей торцовыми фрезами, оснащенными пластинками из твердого сплава
 I. Подачи при черновой обработке на один зуб фрезы s_z в мм/зуб

Мощность станка в кВт		Материал обрабатываемой заготовки									
		Сталь σ_B в кг/мм ²					Чугун НВ				
Схема установки фрезы по рис. 26		≤ 60		> 60		≤ 180		> 180			
		Марка твердого сплава									
		Т5К10	Т15К6	Т5К10	Т15К6	ВК3	ВК6	ВК8	ВК6	ВК6	
От 5 до 10	a	0,15—0,18	0,12—0,15	0,12—0,14	0,09—0,11	0,24—0,29	0,19—0,24	0,20—0,24	0,14—0,18		
	б	0,30—0,36	0,22—0,30	0,24—0,28	0,18—0,22	0,48—0,56	0,38—0,48	0,38—0,45	0,28—0,36		
Св. 10	a	0,20—0,24	0,14—0,18	0,16—0,20	0,12—0,15	0,32—0,38	0,22—0,28	0,25—0,32	0,18—0,24		
	б	0,40—0,48	0,28—0,36	0,32—0,40	0,24—0,30	0,65—0,80	0,45—0,56	0,50—0,64	0,38—0,48		

Примечание. Подачи при обработке жаропрочных сталей следует выбирать в пределах 0,1—0,35 мм/зуб.

II. Подачи при чистовой обработке на один оборот фрезы s_0 в мм/об

Материал обрабатываемой заготовки	Вспомогательный угол ϕ_1	Класс чистоты по ГОСТ 2789—5				
		$\nabla 5$	$\nabla 6$	$\nabla 7$	$\nabla 8$	
Сталь σ_B в кг/мм ²	≤ 70	5 2	0,80—0,50 1,6—1,0	0,55—0,40 1,1—0,80	0,25—0,20 0,50—0,40	0,10 0,80
	> 70	5 2	1,0—0,7 2,0—1,4	0,60—0,45 1,2—0,90	0,30—0,20 0,60—0,40	0,20—0,15 0,40—0,30

Примечания: 1. Приведенные значения подачи рассчитаны для работы стандартными фрезами. При работе нестандартными фрезами с увеличенным числом зубьев значения подачи следует уменьшать на 15—25%.
 2. В первоначальный период работы фрезы до износа 0,2—0,3 мм чистота обработанной поверхности при чистовом фрезеровании снижается примерно на один класс.

**Рекомендуемые подачи при фрезеровании плоскостей
цилиндрическими фрезами с пластинками из твердого сплава**

Материал обрабатываемой заготовки				Область применения
Сталь		Серый чугун		
Подача на один зуб фрезы s_z в мм при ширине фрезерования B в мм				
До 30	Св. 30	До 30	Св. 30	
0,20—0,30	0,15—0,20	0,25—0,35	0,20—0,25	При достаточной жесткости системы станок—приспособление—инструмент—деталь и достаточной мощности станка При недостаточной жесткости системы станок—приспособление—инструмент—деталь, особенно при работе с многозубыми фрезами и большими глубинами резания. При обработке стали с $t < 3$ мм применять не рекомендуется
0,15	0,15	0,12—0,2	0,08—0,12	
<p>Примечания: 1. Приведенные значения подач обеспечивают шероховатость обработанной поверхности в пределах $\nabla 6$—$\nabla 7$ классов чистоты. При этом фрезерование по подаче при сравнении с фрезерованием против подачи дает во всех случаях лучшую чистоту обработанной поверхности. 2. Применение верхних пределов значений подач, приведенных в таблице, не приводит к ухудшению чистоты обработанной поверхности. 3. Работать по стали с $s_z < 0,15$ мм не рекомендуется</p>				

Ввиду малых значений подач на один зуб фрезы, получающихся при чистовом фрезеровании, в табл. 19 и 20 приведены подачи на один оборот фрезы. Следует иметь в виду, что работа с подачами, указанными в табл. 17—21, ставит неизменным условием минимальное биение зубьев фрезы, указанное в табл. 38 (см. стр. 150—151).

2. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Для правильного определения скорости резания в зависимости от диаметра, материала и геометрических параметров фрезы в соответствии с выбранной подачей на один зуб следует принять наиболее рациональную стойкость фрезы, соответствующую нормальному затуплению (износу), и применить соответствующее охлаждение фрезы.

Рекомендуемые подачи при обработке плоскостей и углов твердосплавными
концевыми фрезами

Тип фрезы	Диаметр фрезы D в мм	Число зубьев фрезы Z в мм	Подача на один зуб фрезы s_z в мм/зуб при глубине резания t в мм до			
			1—3	5	8	12
С коронками	10—12	6	0,025—0,03	—	—	—
	14—16	6	0,04—0,06	0,03—0,04	—	—
	18—22	8	0,05—0,08	0,04—0,06	0,03—0,04	—
С винтовыми пластин- ками	До 20	3—4	0,07—0,10	0,05—0,08	0,03—0,05	—
	25	4	0,08—0,12	0,06—0,10	0,05—0,10	0,05—0,08
	32	4	0,10—0,15	0,08—0,12	0,06—0,10	0,05—0,09
	40	6	0,10—0,18	0,08—0,12	0,06—0,10	0,05—0,10
	50	6	0,10—0,20	0,10—0,15	0,08—0,12	0,06—0,10
	63	8	0,12—0,20	0,10—0,16	0,10—0,12	0,08—0,12

Пр и м е ч а н и я: 1. Верхние пределы подачи при черновом фрезеровании следует применять при работе на мощных станках и малой ширине фрезерования, нижние — при большой ширине фрезерования и на станках средней мощности.
2. Приведенные значения подачи обеспечивают получение шероховатости обработанной поверхности в пределах $\nabla 5$ — $\nabla 6$ классов чистоты.

Рекомендуемые подачи при обработке твердосплавными дисковыми трехсторонними фрезами

		Фрезерование пазов			Фрезерование плоскостей и уступов					
		Предел прочности стали при растяжении σ_s в кг/мм ²								
		До 90	Св. 90	До 90	Св. 90	Св. 90				
		Глубина резания t в мм								
		≤ 30	> 30	≤ 30	> 30	≤ 30	> 30			
		Подача на один зуб фрезы s_z в мм/зуб								
Мощность станка (шпиндельной головки) в кат	Жесткость системы станок—приспособление—инструмент—деталь	От 5 до 10	0,10—0,12 0,08—0,10	0,08—0,10 0,05—0,08	0,06—0,08 0,05—0,06	0,05—0,06 0,04—0,05	0,18—0,22 0,15—0,20	0,15—0,20 0,10—0,15	0,12—0,15 0,10—0,12	0,10—0,12 0,08—0,10
		Св. 10	0,12—0,15 0,10—0,12	0,10—0,12 0,08—0,10	0,08—0,10 0,06—0,08	0,06—0,08 0,05—0,06	0,20—0,25 0,18—0,22	0,18—0,22 0,15—0,20	0,15—0,20 0,12—0,15	0,12—0,15 0,10—0,12

Примечания. 1. Верхние пределы подачи применять для пазов меньшей ширины, нижние — для пазов большей ширины.
2. Приведенные значения подачи обеспечивают получение шероховатости поверхностей в пределах $\nabla 6$ — $\nabla 7$ классов чистоты.

Рекомендуемые подачи при черновом фрезеровании плоскостей фрезами из быстрорежущей стали Р18

Мощность станка (шпиндельной головки) в кВт	Жесткость системы — инструмент — деталь	Фрезы цилиндрические			Фрезы торцовые			Фрезы дисковые трехсторонние			
		с крупным зубом и вставными ножами		с мелким зубом	с крупным зубом и вставными ножами		с мелким зубом	с крупным зубом и вставными ножами		с мелким зубом	
		стали	чугуна и сплавов	стали	чугуна и сплавов	стали	чугуна и сплавов	стали	чугуна и сплавов	стали	
До 5	Средняя Повышенная	Подача на зуб s_z при обработке			Подача на зуб s_z при обработке			Подача на зуб s_z при обработке			
		0,1—0,15 0,06—0,1	0,12—0,2 0,1—0,15	0,05—0,08 0,03—0,06	0,06—0,12 0,05—0,1	0,04—0,6 0,04—0,06	0,15—0,3 0,1—0,2	0,04—0,06 0,04—0,06	0,12—0,2 0,08—0,15	0,04—0,06 0,1—0,2	0,04—0,06 0,08—0,15
Св. 5 до 10	Повышенная Средняя Пониженная	Подача на зуб s_z при обработке			Подача на зуб s_z при обработке			Подача на зуб s_z при обработке			
		0,2—0,3 0,12—0,2 0,1—0,15	0,25—0,4 0,2—0,3 0,12—0,2	0,1—0,15 0,06—0,1 0,06—0,08	0,12—0,2 0,1—0,15 0,08—0,12	0,12—0,2 0,08—0,15 0,06—0,1	0,3—0,5 0,2—0,4 0,15—0,25	0,08—0,12 0,06—0,1 0,04—0,08	0,2—0,3 0,15—0,3 0,1—0,2	0,1—0,18 0,08—0,15 0,06—0,1	0,25—0,4 0,2—0,3 0,15—0,25
		0,4—0,6 0,3—0,4 0,2—0,3	0,6—0,8 0,4—0,8 0,25—0,4	— — —	— — —	0,2—0,3 0,15—0,25 0,1—0,15	0,4—0,6 0,3—0,5 0,2—0,3	— — —	— — —	0,15—0,25 0,12—0,2 0,1—0,15	0,3—0,5 0,25—0,4 0,2—0,3
Св. 10	Повышенная Средняя Пониженная	Подача на зуб s_z при обработке			Подача на зуб s_z при обработке			Подача на зуб s_z при обработке			
		— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	

Примечания: 1. Большие значения подачи брать для меньшей глубины резания и ширины обработки, меньшие — для больших значений глубины и ширины.

2. При фрезеровании жаропрочных сталей брать те же подачи, что и для стали, но не выше 0,3 мм/зуб.

**Рекомендуемые подачи при чистовом фрезеровании плоскостей
фрезами из быстрорежущей стали P18**

Класс чистоты по ГОСТ 2789—59	Диаметр цилиндрической фрезы в мм							
	50		63		80		100	
	Подача на оборот s_0 в мм/об при обработке							
	стали	чугуна и медных сплавов	стали	чугуна и медных сплавов	стали	чугуна и медных сплавов	стали	чугуна и медных сплавов
▽5	1,8—1,0	1,6—1,0	2,3—1,3	2,0—1,2	2,7—1,5	2,3—1,3	3,0—1,7	2,5—1,4
▽6	1,0—0,6	1,0—0,6	1,3—0,7	1,2—0,7	1,5—0,8	1,3—0,7	1,7—1,0	1,4—0,8
	125		160		200			
▽5	3,8—2,1	3,0—1,7	4,1—2,3	3,2—1,9	5,0—2,8	3,7—2,1		
▽6	2,1—1,2	1,7—1,0	2,3—1,3	1,9—1,1	2,8—1,6	2,1—1,2		
<p align="center">Примечание. Подачи даны для жесткой системы станок—приспособление—инструмент—деталь.</p>								

Таблица 20

**Рекомендуемые подачи при чистовом фрезеровании плоскостей
торцовыми и дисковыми трехсторонними фрезами
из быстрорежущей стали P18**

Класс чистоты по ГОСТ 2789—59	Подача на оборот s_0 в мм/об при обработке заготовки из			
	стали 45 прокат; 40X прокат; 40X нормализованная	стали 35	стали 45 улучшенная	стали 10, 20, 20X
▽5	1,2—0,5	1,4—0,5	2,6—1,0	1,8—0,7
▽6	0,5—0,23	0,5—0,3	1,0—0,4	0,7—0,3
<p align="center">Примечание. Подачи даны для жесткой системы станок—приспособление—инструмент—деталь при обработке фрезами со вспомогательным углом в плане $\varphi_1 = 2^\circ$. Для фрез с $\varphi_1 = 0$ подачи можно увеличить на 50—80%.</p>				

Рекомендуемые подачи при фрезеровании плоскостей концевыми фрезами из быстрорежущей стали P18

Фреза		Глубина резания t в мм до					
		3	5		8		
D в мм	Число зубьев z	Подача на один зуб s_z в мм/зуб при обработке заготовки из					
		чугуна и медных сплавов	чугуна и медных сплавов	чугуна и медных сплавов	чугуна и медных сплавов	чугуна и медных сплавов	чугуна и медных сплавов
До 18	4	0,08—0,05	—	—	—	—	—
	3	0,10—0,07	0,12—0,10 0,18—0,13	—	—	—	—
20	5	0,10—0,06	0,15—0,12	0,07—0,04	0,10—0,07	—	—
	3	0,13—0,09	0,20—0,15	0,09—0,05	0,13—0,10	—	—
25	5	0,12—0,07	0,18—0,14	0,09—0,05	0,12—0,08	—	—
	3	0,16—0,10	0,25—0,18	0,12—0,08	0,15—0,12	—	—
32—36	6	0,16—0,10	0,22—0,14	0,12—0,07	0,15—0,10	—	—
	4	0,20—0,15	0,30—0,20	0,15—0,10	0,20—0,14	—	—
40—45	6	0,20—0,12	0,25—0,16	0,14—0,08	0,18—0,12	0,08—0,05	0,12—0,08
	4	0,25—0,18	0,35—0,25	0,18—0,12	0,25—0,16	0,12—0,08	0,15—0,10
50	6	0,25—0,15	0,30—0,16	0,15—0,10	0,20—0,12	0,10—0,07	0,15—0,10
	4	0,30—0,20	0,40—0,24	0,20—0,14	0,30—0,18	0,12—0,10	0,20—0,12

Примечание. Приведенные подачи рассчитаны для обработки плоскостей с механической подачей. В случае обработки криволинейных поверхностей с ручной подачей приведенные значения подачи следует уменьшить на 20—30%.

НОРМЫ ИЗНОСА ФРЕЗЫ

Затупление фрезы происходит вследствие износа, вызванного трением задней поверхности зуба фрезы об обработанную поверхность и трением сходящей стружки о переднюю поверхность зуба. Износ фрез в зависимости от условий резания происходит или по задней поверхности, когда толщина срезаемого слоя $a_{наиб} < 0,08$ мм, или одновременно по задней и передней поверхностям при резании с толщинами срезаемого слоя $a_{наиб} > 0,08$ мм.

Цилиндрические, дисковые, концевые, фасонные и прорезные фрезы, работающие в зоне тонких стружек, изнашиваются в основном по задней поверхности.

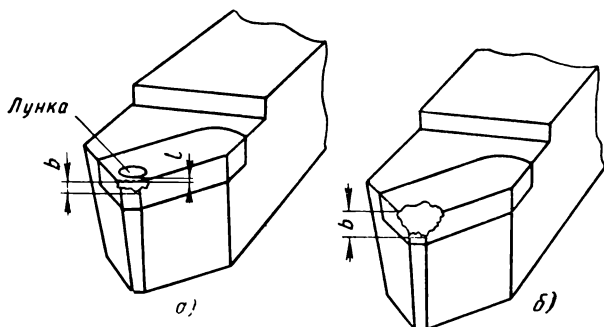


Рис. 27. Износ зуба торцевой фрезы:

а — нормальный; б — катастрофический

На рис. 27 показан зуб торцевой фрезы, оснащенной твердым сплавом, в различные периоды износа. В процессе фрезерования на задней поверхности зуба образуется *площадка износа*, ширина которой b все время увеличивается. Одновременно на передней поверхности в результате трения сходящей стружки образуется едва заметная *лунка*, причем она находится на некотором расстоянии l от режущей кромки (рис. 27, а). По мере работы износ задней поверхности все время опережает износ передней поверхности, пока площадка износа на задней поверхности не соединится с лункой на передней поверхности. С этого момента износ резко возрастает, так как разрушенная кромка не может резать нормально. Наступает так называемый *катастрофический* износ инструмента (рис. 27, б), после которого для восстановления правильной геометрии режущей кромки приходится снимать большой слой металла с передней и задней поверхностей зубьев.

Признаком начала затупления фрезы являются наступающая вибрация, появление неровной (рваной) поверхности обработки и чрезмерный нагрев фрезы вследствие увеличения трения. Критерием затупления при фрезеровании, когда не предъявляются высокие требования к чистоте и точности обработки, является износ зад-

ней поверхности. В табл. 22 приведены допускаемые величины износа задней поверхности для фрез из быстрорежущей стали и фрез, оснащенных пластинками из твердого сплава. По достижении допускаемой величины износа фреза должна быть переточена.

Значения допускаемого износа, приведенные в табл. 22, не предусматривают повышенных требований по чистоте обработанной поверхности (выше 6-го класса) или точности размера (выше 4-го класса) при обработке размерными фрезами (фрезерование

Таблица 22

Примерные допустимые значения износа по задней поверхности при резании фрезами

I. Из быстрорежущей стали

Тип фрезы	Материал обрабатываемой детали	Величина износа в мм при обработке	
		черновой	чистой
Цилиндрические	Сталь	0,4—0,6	0,15—0,25
	Чугун	0,5—0,8	0,2—0,3
Торцовые	Сталь	1,5—2,0	0,3—0,5
	Чугун	1,5—2,0	0,5—0,7
Концевые: $D < 15$ мм $D > 15$ »	} Сталь и чугун	0,15—0,2	0,08—0,1
		0,2—0,3	0,1—0,15
Прорезные	} Сталь Чугун	0,4—0,6	0,15—0,25
		0,15—0,2	—
Отрезные	} Сталь Чугун	0,15—0,2	—
		—	—
Фасонные: незатылованные затылованные	—	0,6—0,7	0,2—0,3
		0,3—0,4	0,2

II. Оснащенными пластинками из твердого сплава

Тип фрезы	Вид обработки	Материал обрабатываемой заготовки				
		Сталь σ_v в кг/мм ²			Серый и ковкий чугун	Легкие сплавы
		60—80	80—100	100—120		
Величина износа в мм						
Торцовые	Черновая	1,5—2,0	1,75—2,25	2—2,5	1—2 *	—
	Чистовая	1,0	1,25	1,5	1—1,5	0,3
Дисковые	—	1—1,25	1,5—2,0	1,5—2,0	1,5—2,0	—
	—	0,5	0,5	—	0,6	0,3
Цилиндрические	—	—	—	—	—	—

* При работе с подачами $s_z > 0,12$ мм на станках небольшой мощности (5—6 квт) рекомендуемый износ по задней поверхности равен 1 мм.

шпоночных канавок, проушин в вилках, размерных пазов и т. п.) и поэтому в этих случаях необходимо либо допускать меньший износ, так называемый *размерный износ*, или принимать меры, компенсирующие потерю размера фрезы.

Период стойкости фрезы

Исходя из допускаемого износа режущей части инструмента, устанавливают *период стойкости фрезы*, т. е. длительность непрерывной работы ее от заточки до заточки при нормальном затуплении. Период стойкости T измеряют в минутах непрерывной работы фрезы. Известно, что чем выше скорость резания, тем скорее фреза тупится и, следовательно, период стойкости ее становится меньше. Наоборот, чем скорость резания меньше, тем дольше фреза будет работать без переточки и, следовательно, иметь больший период стойкости. При этом период стойкости фрезы значительно изменяется даже при незначительном изменении скорости резания. Так, при обработке конструкционной стали $\sigma_s = 75 \text{ кг/мм}^2$ торцевой фрезой, оснащенной пластинками из твердого сплава, увеличение скорости резания на 15% уменьшает период стойкости вдвое, а уменьшение скорости резания на 20% увеличивает период стойкости втрое.

При работе на больших скоростях производительность труда получается более высокой, а техническая норма технологического времени меньшей. Но при этом вследствие уменьшения периода стойкости фрезу приходится значительно чаще затачивать, затрачивая время на ее снятие и установку, что, в свою очередь, вызывает увеличение вспомогательного времени. Кроме того, с каждой переточкой срок службы фрезы сокращается и это вместе со стоимостью заточки увеличивает стоимость обработки. Может случиться, что выигрыш на увеличении производительности в результате высокой скорости резания окажется меньшим, чем повышенные расходы на более частую переточку фрезы.

С другой стороны, при работе на малых скоростях резания производительность труда получается низкой, что вызывает увеличение доли технологического (машинного) времени в норме штучного времени. При этом экономия на увеличении периода стойкости фрезы и более редкой ее заточке может оказаться меньшей, чем потери на производительности от заниженной скорости резания.

Таким образом, рациональная скорость резания находится где-то между завышенной и заниженной, соответствуя тому периоду стойкости фрезы, при котором стоимость переточки соответствует выигрышу в производительности. Стойкость, соответствующая наиболее рациональной скорости резания, называется *экономической стойкостью*.

В табл. 23 приведены средние периоды стойкости фрез, соответствующие ее экономической стойкости, в зависимости от типа

Средние значения периода стойкости фрез T в мин

Тип фрезы	Диаметр фрезы D в мм	Фрезы с пластинками из твердого сплава		Фрезы из стали Р18		
		Сталь	Чугун	Сталь и ковкий чугун	Серый чугун	Медные сплавы
Торцовые	До 40	—	—	120	120	120
	» 63	120 *	120 *	180	180	180
	80, 100	180	120	180	180	180
	125, 160	180	180	180	180	180
	200	240	180	240	240	240
	250	240	240	240	240	240
	315	300	300	300	300	300
	400 и выше	420	420	—	—	—
Цилиндрические цельные	До 63	—	—	120	120	120
	100	—	—	180	180	180
Цилиндрические со вставными ножами	63—125	180 *	180 *	180	180	180
	160—250	—	"	180	180	180
Концевые	До 20	120 **	120 *	60	60	60
	25	90	90	60	60	60
	40	120	90	90	90	90
	63	180	120	120	120	120
Дисковые	До 80	120	120	120	120	120
	100	120	—	120	150	120
	125—160	180	120	150	150	150
	200	240	180	150	180	150
	250—315	240	180	180	240	180
Прорезные и отрезные	До 80	—	—	60	90	60
	125	—	—	75	120	75
	160	—	—	120	180	120
	200	—	—	150	210	150
Фасонные, полукруглые выпуклые и вогнутые и угловые	63—80	—	—	120	120	120
	100	—	—	180	180	180

* Фрезы с напаянными пластинками твердого сплава.

** Фрезы с коронками твердого сплава.

фрезы, обрабатываемого материала, марки режущей части инструмента и характера обработки.

Периоды стойкости фрез, указанных в табл. 23, рассчитаны на одноинструментную обработку, т. е. на работу одной фрезы. В случае работы набором фрез или одновременной работы нескольких шпинделей с подобранным комплектом фрез — так называемой многоинструментной обработкой — период стойкости всей наладки должен быть большим, чем для одноинструментной обработки, так как затраты времени на съём, заточку и установку вновь большего количества фрез значительно превышают затраты при определении экономической стойкости одной фрезы.

По рекомендации научно-исследовательского института технологии автомобильной промышленности (НИИТАВТОПРОМ) для установления периода стойкости при многоинструментной обработке применяют следующую формулу:

$$T = K (T_1 + T_2 + \dots + T_i) \text{ мин.}$$

где $T_1; T_2; T_3, \dots, T_i$ — периоды стойкости первой, второй и т. д. фрез данного набора или комплекта;

K — коэффициент, учитывающий количество фрез в наборе или комплекте; значения K даны ниже.

Количество фрез	1	2	4	6 и более
Значения коэффициента K	1	0,85	0,7	0,5

Охлаждение фрезы

Чтобы уменьшить нагревание фрезы при резании, а значит уменьшить износ режущей кромки и продлить срок работы фрезы без переточки, применяют охлаждение.

Существует несколько способов охлаждения фрезы: жидкостью, поступающей струей от насоса при помощи шланга и направляемой на фрезу; жидкостью, поступающей тонкой струей в зону резания; жидкостью, распыленной в виде тумана; углекислым газом и другими газообразными охлаждающими веществами. Некоторые жидкости, применяемые при фрезеровании, служат не только для охлаждения инструмента и обрабатываемой детали, но и для уменьшения трения между режущими элементами зуба и обрабатываемой поверхностью. Такие жидкости называются *охлаждающе-смазочными* (см. табл. 24).

Применение охлаждающе-смазочных жидкостей облегчает отделение стружки и улучшает качество обработанной поверхности. Жидкости, подаваемые в зону резания под давлением, вымывают стружку из впадин между зубьями, облегчая условия работы инструмента.

Охлаждающие и охлаждающе-смазочные жидкости

Материал обрабатываемой детали	Жидкость, применяемая при	
	черновом фрезеровании	чистовом фрезеровании
Углеродистые, конструкционные, инструментальные и жаропрочные стали Улучшенные и цементируемые стали	Масляная эмульсия. Сульфофрезол	Водная и масляная эмульсия. Сульфофрезол. Смешанные масла
	Масляная эмульсия. Сульфофрезол	Масляная эмульсия. Сульфофрезол. Минеральные масла с 5% жира
Стальные отливки	Водный раствор соды или тринатрийфосфата. Водная и масляная эмульсия	Водная и масляная эмульсия. Сульфофрезол. Смешанные масла
Чугун	Обычно без охлаждения. Водный раствор соды или тринатрийфосфата. Водная эмульсия	Обычно без охлаждения. Водный раствор соды или тринатрийфосфата. Водная эмульсия
Ковкий чугун	Обычно без охлаждения. Водная эмульсия	Обычно без охлаждения. Сульфофрезол
Бронзовые отливки	Без охлаждения. Водная эмульсия	Водная и масляная эмульсия. Смешанные масла. Сульфофрезол
Медь, латунь, медные отливки	Без охлаждения. Водная и масляная эмульсия	Без охлаждения. Водная и масляная эмульсия. Смешанные масла. Сульфофрезол
Алюминий и его сплавы	Масляная эмульсия. Смешанные масла. Керосин. Скипидар	Осерненные масла. Смесь неочищенного сурепного масла с очищенными минеральными маслами. Керосин. Скипидар
Магниеые сплавы	Всухую. Минеральные масла с высокой температурой вспышки	
Никелевые сплавы	Масляная эмульсия. Сульфофрезол. Минеральное масло с 5% калипсола № 3	

Для охлаждения инструмента и обрабатываемой детали применяют *водный раствор соды*, содержащий 5—10% соды. Сода предохраняет от коррозии станки, приспособления и обрабатываемые детали. Вместо водного раствора соды можно применять водный раствор тринатрийфосфата с прибавлением антикоррозийных присадок $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_7$ или Na_2O_3 .

Наиболее распространенными охлаждающе-смазочными жидкостями являются эмульсии — раствор мыла в минеральных маслах, тщательно смешанный с водой, — которые обладают хорошими охлаждающими и удовлетворительными смазочными свойствами. При легких фрезерных работах применяют

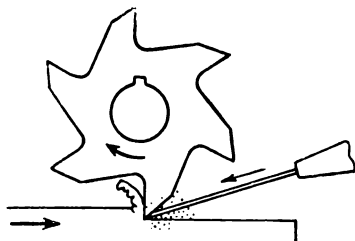


Рис. 28. Схема охлаждения зуба фрезы тонкой струей

водную эмульсию, представляющую 6%-ный водный раствор эмульсола¹. При полувыводной и черновой обработках применяют *масляную эмульсию*, содержащую кальциевую соль олеиновой кислоты, которая образует на обрабатываемой поверхности тончайшую пленку, обеспечивающую смазку режущей кромки.

При обработке с большими сечениями стружки применяют охлаждающе-смазочные жидкости, образующие прочную масляную пленку, не разрушающуюся при высокой температуре и большой силе резания. К ним относятся *сульфифрезолы* (осерненные минеральные масла) и *смешанные масла* (минеральное масло в смеси с продуктом, содержащим жирные кислоты, как, например, стеариновая, пальмитиновая, олеиновая).

Охлаждающую и охлаждающе-смазочную жидкость следует подавать обязательно непрерывной струей и с начала момента резания. Количество подаваемой жидкости при черновой обработке доводят до 30 л/мин, а при чистовой — до 6 л/мин.

Если охлаждающую и охлаждающе-смазочную жидкости подавать непосредственно в зону резания (рис. 28) тонкой струей со стороны задней поверхности зуба, то получается наибольший эффект и стойкость фрезы повышается в 3—5 раз. Для этого жидкость подводят к фрезе через специальную трубку-насадку с отверстиями диаметром 0,2—0,3 мм под давлением 15—20 кг/см² и выше от насоса высокого давления.

Если охлаждающую и охлаждающе-смазочную жидкости подавать непосредственно в зону резания распыленной струей в виде тумана, то стойкость фрез повышается в 2—4 раза. Этот метод особенно эффективен при чистовой фрезе-

¹ Эмульсол состоит из 75—80% минерального масла, 18—20% мыла, 3—5% спирта и 4—5% воды.

ровании, когда срезают тонкие слои металла. Для этой цели станок оснащают смесителем с эмульсией. К смесителю подводят сжатый воздух из заводской сети давлением 4—5 кг/см², который распыляет эмульсию в мельчайшие, невидимые простым глазом капельки, образующие туман, температура которого около 0°. Попав в зону соприкосновения зуба фрезы с обрабатываемой деталью, распыленная жидкость не только поглощает выделяемое при резании тепло, но и выполняет роль смазки.

Кроме жидкостей, для повышения стойкости фрез за рубежом и в Советском Союзе применяют газы — азот и углекислый газ. Углекислый газ в жидком виде под давлением 60 кг/см² подается к станку из баллона по трубопроводу. Через наконечник с мелкими отверстиями (диаметром 0,2—0,3 мм) углекислота подается в зону резания при температуре до —40°.

Охлаждение углекислым газом рекомендуется при фрезеровании деталей из титана, нержавеющей и жаропрочной стали, хрома, никеля и других труднообрабатываемых материалов.

На авиационном заводе фирмы Дуглас в США детали из очень вязких сталей, а также из титановых и жаропрочных сплавов фрезеруют охлажденной до —57°С жидкостью, что по данным фирмы повышает стойкость режущего инструмента на 600—900%. Для этого станок оборудован специальным охладительным баком, вмещающим 200 л охлаждающе-смазочной жидкости, которая охлаждается до требуемой температуры добавкой в бак сухого льда.

3. ВЫБОР РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Скорость резания

После выбора диаметра фрезы, материала режущей части и геометрических параметров зуба и назначения подачи на зуб (по табл. 17—21) устанавливают скорость резания по нормативам (картам режимов резания).

Научно-исследовательским институтом труда Государственного комитета Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы разработаны при участии крупнейших отечественных ученых общемашиностроительные нормативы режимов резания при фрезеровании инструментами из быстрорежущей стали и твердых сплавов¹. Они могут служить исходными данными при назначении скоростей резания и минутных подач.

Эти нормативы имеются на каждом заводе и служат руководящим материалом для разработки технологического процесса.

¹ Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на фрезерных станках. Серийное производство, Машгиз, 1959. То же. Единичное и мелкосерийное производство, Машгиз, 1960.

Однако приведенные в них скорости резания и минутные подачи не являются предельными и в ряде случаев могут перекрываться фрезеровщиками, если применять более производительные инструменты или работать на более мощных и жестких станках.

Нормативы состоят из отдельных карт для торцовых, цилиндрических, концевых, дисковых, прорезных, отрезных, шпоночных, полукруглых и угловых фрез при обработке всех наиболее часто встречающихся черных и цветных сплавов. Фрезеровщик должен выбрать карту, соответствующую заданным условиям, и по ней установить рациональный режим обработки.

Режимы резания, приведенные в картах нормативов, рассчитаны на одноинструментную обработку с установленным по табл. 23 периодом стойкости. При работе с другими периодами стойкости в картах даны поправочные коэффициенты на скорость резания. Кроме того, в картах даны поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от механических свойств обрабатываемого металла, состояния обрабатываемой поверхности (наличие или отсутствие корки или окалины), ширины фрезерования и главного угла в плане ф. В случае чистовой (размерной) обработки в картах режимов резания фрезами из быстрорежущей стали приведен поправочный коэффициент, учитывающий меньшую величину допустимого износа.

Хотя режимы резания инструментами из быстрорежущей стали рассчитаны на сталь Р18, они действительны в случае работы фрезами из сталей Р9К5, Р9К10, Р9Ф5 и Р18Ф2, а также из стали Р9 при условии ее качественной термической обработки.

Число оборотов фрезы и минутная подача

В карте режимов резания, выбранной фрезеровщиком для заданных условий обработки, приведены число оборотов и минутная подача, соответствующие выбранной скорости резания при заданном диаметре фрезы, числу ее зубьев и величине подачи на один зуб.

Определенные по карте число оборотов фрезы и минутная подача могут отличаться от имеющихся у станка чисел оборотов шпинделя и минутных подач стола. Поэтому фрезеровщику приходится выбрать число оборотов и минутную подачу из имеющихся на станке; рекомендуется выбирать ближайшую меньшую ступень чисел оборотов и подач, чтобы фактические режимы резания не превышали выбранных по карте во избежание преждевременного затупления фрезы.

В случае применения поправочных коэффициентов на скорость резания в зависимости от измененных условий фрезерования против принятых в карте (другой период стойкости, другие механические свойства обрабатываемого металла и состояние поверхности заготовки, другая ширина фрезерования, другой угол в плане ф,

черновая или чистовая обработка) соответственно изменяются число оборотов фрезы и минутная подача.

Нередко вследствие вибраций, возникающих в процессе резания, приходится уменьшать число оборотов фрезы по сравнению со скоростью резания, назначенной по картам. В этих случаях следует уменьшать на одну ступень число оборотов и одновременно уменьшить на одну ступень минутную подачу; при таком изменении режима дрожание и вибрации обычно исчезают. При скоростном фрезеровании для борьбы с вибрацией рекомендуется применять маховики на шпинделе или ставить фрезы с неравным шагом ножей

Установление режима резания

После выбора и корректирования по фактическим (паспортным) данным станка числа оборотов и минутной подачи устанавливают *фактическую* скорость резания и *фактическую* подачу на один зуб фрезы

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ м/мин}$$

и

$$s_z = \frac{s_m}{n z} \text{ мм/зуб,}$$

где D — диаметр фрезы в мм;

n — фактическое число оборотов фрезы;

s_m — фактическая минутная подача в мм/мин;

z — число зубьев фрезы.

Вместе с заданной шириной фрезерования B и установленной глубиной резания t скорректированные подачи на зуб s_z , скорость резания v и минутная подача s_m составляют режим резания.

Проверка выбранного режима по мощности

Выбранный по нормативам и скорректированный по станку режим резания проверяется по мощности электродвигателя с учетом к. п. д. станка.

Мощность N_s электродвигателя станка в кВт приведена в паспорте станка; эффективная мощность N_e , необходимая на фрезерование, определяется расчетом по методу, излагаемому в курсе «Фрезерное дело», или по карте нормативов в зависимости от выбранного режима резания.

В табл. 25 приведена в качестве примера карта, взятая из «Общемашиностроительных нормативов режимов резания и времени для технического нормирования работ на фрезерных станках», для определения мощности N_e , необходимой на фрезерование стали твердосплавными фрезами.

Определенная по карте мощность N_e должна удовлетворять следующей зависимости от мощности N_3 , электродвигателя станка с учетом к. п. д. станка η :

$$N_e \leq N_3 \eta.$$

Если выбранный режим не отвечает этой зависимости, необходимо установленную по нормативам величину минутной подачи s_m снизить до величины, допускаемой мощностью электродвигателя станка, и соответственно снизить число оборотов шпинделя.

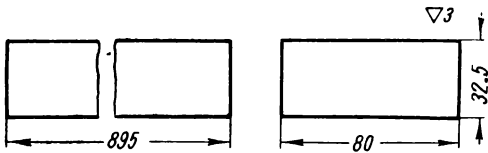


Рис. 29. Брусек

при фрезеровании детали (рис. 29) из заготовки $80 \times 32,5 \times 895$ мм (сталь 45 с $\sigma_s = 65$ кг/мм²) на вертикально-фрезерном станке мод.6М13П.

Паспортные данные станка мод. 6М13П. Число оборотов шпинделя 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600 в минуту.

Продольная и поперечная подачи стола: 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000 и 1250 мм/мин.

Мощность электродвигателя 10 квт; к. п. д. станка 0,8.

Выбор режима резания

Марка сплава режущей части. В соответствии с рекомендациями на стр. 44 для фрезерования конструкционной стали при непрерывном резании выбираем твердый сплав Т15К6.

Геометрические параметры режущей части фрезы.

По табл. 8 для фрезерования стали с $\sigma_s < 80$ кг/мм² торцевой фрезой, оснащенной твердым сплавом, устанавливаем $\varphi = 60^\circ$. $\varphi_0 = 30^\circ$; $\varphi_1 = 5^\circ$; $\alpha_n = 15^\circ$; $\alpha_1 = 15^\circ$; $\gamma = -5^\circ$; $\lambda = 12^\circ$

Ширина и глубина фрезерования. Ширина фрезерования дана чертежом и составляет 80 мм; глубина резания t задана размерами заготовки и равна 2,5 мм.

Диаметр фрезы. По табл. 12 выбираем торцевую фрезу диаметром 125 мм, оснащенную пластинками из твердого сплава; фреза имеет восемь зубьев.

Подача. По табл. 14 выбираем подачу для черного фрезерования стали с $\sigma_s > 60$ кг/мм² торцевой фрезой с пластинками из твердого сплава Т15К6 и с главным углом в плане $\varphi = 60^\circ$ при

Таблица 26

Режимы резания торцовыми фрезами с пластинами Т15К6

Сталь конструкционная углеродистая и легированная хромистая и хромоникелевая с $\sigma_b = 75 \text{ кг/мм}^2$

Т в мм	D / z	l в мм до	Подача на один зуб фрезы s в мм/зуб до																		
			0,07			0,1			0,13			0,18			0,24			0,33			
			v в м/мин	nv об/мин	s в мм/мм	v в м/мин	nv об/мин	s в мм/мм	v в м/мин	nv об/мин	s в мм/мм	v в м/мин	nv об/мин	s в мм/мм	v в м/мин	nv об/мин	s в мм/мм	v в м/мин	nv об/мин	s в мм/мм	
180	100 / 8	3	370	1180	613	330	1050	730	295	940	875	260	830	1030	230	730	1120	205	655	1460	
		10	325	1030	535	925	645	290	925	830	770	230	733	910	204	650	1080	182	580	1290	
	125 / 8	3	370	942	490	840	584	330	840	295	750	700	260	660	820	230	590	985	205	525	1160
		10	325	830	430	740	515	290	740	260	665	230	585	725	204	520	865	182	465	1030	
	160 / 10	3	370	735	478	330	660	575	295	590	680	260	520	805	230	460	960	205	410	1140	
		10	325	650	423	290	580	505	260	520	605	230	460	713	204	405	843	182	362	1000	
240	200 / 12	3	350	560	437	310	495	516	280	447	620	245	390	725	220	350	875	195	310	1030	
		10	310	495	386	275	440	460	245	390	542	220	350	650	193	305	760	173	275	920	
	250 / 14	3	350	445	405	310	395	483	280	357	580	245	310	680	220	280	815	195	250	965	
		10	310	395	360	275	350	430	245	310	505	220	280	608	193	245	715	173	220	855	
	300	320 / 18	3	340	340	400	300	300	470	270	270	565	240	240	670	210	209	782	188	187	940
			10	300	300	350	265	415	240	240	500	210	210	585	187	187	700	167	166	835	
420	400 / 20	3	315	252	328	280	225	390	250	208	465	220	176	545	196	157	652	175	140	775	
		10	275	220	285	245	196	340	220	176	408	195	156	480	173	138	575	154	123	685	

Поправочные коэффициенты на режимы резания для измененных условий работы в зависимости от										
механической ха- рактеристики стали	Сталь	σ_b в $\kappa\Gamma/мм^2$ HV в $\kappa\Gamma/мм^2$	До 56	56—62	63—70	71—79	80—89	90—100		
			До 160	160—177	178—200	201—226	227—255	256—285		
	Коэффициент $K_{M_v} = K_{M_n} = K_{M_{S_M}}$		1,42	1,26	1,12	1,0	0,89	0,79		
	Отношение T_{ϕ} T_n		0,5	1,0	1,5	2	3	4		
	Коэффициент $KT_v = KT_n = KT_{S_M}$		1,15	1,0	0,92	0,87	0,8	0,76		
состояния обраба- тываемой поверхности	Состояние поверхности	Без корки и прокат	С коркой							Отливка
			Поковка или штамповка							
	Коэффициент $K_{n_v} = K_{n_n} = K_{n_{S_M}}$		1,0		0,9			0,8		
	Отношение B D		До 0,45		0,45—0,8			Св. 0,8		
	Коэффициент $KB_v = KB_n = KB_{S_M}$		1,13		1,0			0,89		
отношения ширины фрезерования к диа- метру фрезы	Главный угол в плане ϕ в град	90	60	45	30	15				
			0,7	1,0	1,0	1,5	2,8			
главного угла в плане	Коэффи- циенты	$K_{\phi_{S_2}}$ $K_{\phi_v} = K_{\phi_n}$ (с учетом увеличения подачи) $K_{\phi_{S_M}}$	1,0	1,0	1,1	1,1	1,05			
			0,7	1,0	1,1	1,65	2,9			

симметричной схеме фрезерования (рис. 26, а) на станке мощностью 10 *квт*; принимаем подачу на зуб $s_{зуб} = 0,09$ мм/зуб.

Период стойкости фрезы. По табл. 23 устанавливаем для твердосплавной торцовой фрезы диаметром 125 мм при обработке стали период стойкости, равный 180 мин.

Скорость резания. Для выбора скорости резания пользуются нормативами. В табл. 26 приведена карта, взятая из «Общемашиностроительных нормативов режимов резания и времени для технического нормирования работ на фрезерных станках».

1. По табл. 26 определяем скорость резания, число оборотов фрезы и минутную подачу. Для фрезерования стали с $\sigma_s = 75$ кг/мм² при $t = 2,5$ мм и $s_z = 0,09$ мм/зуб твердосплавной фрезой $D = 125$ мм и числом зубьев $z = 8$ при периоде стойкости 180 мин табличные значения составят: $v = 330$ м/мин, $n = 840$ об/мин и $s_m = 584$ мм/мин.

2. По той же табл. 26 определяем поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств заготовки. Для стали с $\sigma_s = 65$ кг/мм² коэффициент равен 1,12; тогда с учетом поправочного коэффициента $v = 330 \cdot 1,12 = 370$ м/мин; $n = 840 \times 1,12 = 940$ об/мин; $s_m = 584 \cdot 1,12 = 654$ мм/мин.

3. Корректируем выбранный режим резания по паспортным данным станка, выбрав ближайшие значения n и s_m . Устанавливаем $n = 800$ об/мин и $s = 500$ мм/мин.

После корректировки находим фактические скорость резания и подачу на один зуб фрезы:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi \cdot 125 \cdot 800}{1000} = 314 \text{ м/мин};$$

$$s_z = \frac{s_m}{nz} = \frac{500}{800 \cdot 8} = 0,09 \text{ мм/зуб.}$$

Проверка выбранного режима по мощности. По табл. 25 определим мощность, потребную на фрезерование. При обработке стали с $\sigma_s = 65$ кг/мм² при $B = 80$ мм, $t = 2,5$ мм, $s_m = 500$ мм/мин твердосплавной фрезой $D = 125$ мм мощность, потребная на резание, составит 7,8 *квт*.

Найденное значение проверим по мощности электродвигателя N_d с учетом к. п. д. станка. При $N_s = 10$ *квт* и к. п. д. $\eta = 0,8$ мощность на шпинделе $N_e = N_s \eta = 10 \cdot 0,8 = 8$ *квт*, т. е. больше мощности, потребной на резание.

Следовательно, выбранный режим резания осуществим.

Производительность фрезерования

Производительность выбранного режима резания можно определить либо в виде минутного объема снимаемой стружки

$$W_{ст.р} = B t s_m \text{ мм}^3/\text{мин} = \frac{B t s_m}{1000} \text{ см}^3/\text{мин}$$

или в виде минутного объема снимаемой стружки, отнесенного к 1 *квт* эффективной мощности,

$$\omega_{стр} = \frac{Bts_m}{1000N_e} \text{ см}^3/\text{квт} \cdot \text{мин},$$

называемого *удельной производительностью*.

Это определение производительности больше всего подходит для черновых (обдирочных) операций, когда удаляется наибольшее количество металла и расходуется максимальная мощность, но оно с успехом может быть применено для упрощенных расчетов потребной мощности фрезерования.

Действительно, если известен минутный объем снимаемой стружки $W_{стр}$ в $\text{см}^3/\text{мин}$ и известна удельная производительность $\omega_{стр}$ в $\text{см}^3/\text{квт} \cdot \text{мин}$, то легко определить мощность, потребную для данного процесса фрезерования,

$$N_e = \frac{W_{стр}}{\omega_{стр}} \text{ квт}.$$

В табл. 27 даны средние значения минутного объема снимаемой стружки на 1 *квт* для наиболее часто встречающихся материалов.

Проверим по табл. 27, достаточна ли мощность электродвигателя фрезерного станка мод. 6М13П, равная 10 *квт*, для обработки бруска по рис. 29 с $\sigma_s = 65 \text{ кг}/\text{мм}^2$, при ширине фрезерования $B = 80 \text{ мм}$; глубине резания $t = 2,5 \text{ мм}$; минутной подаче $s_m = 500 \text{ мм}/\text{мин}$.

Определяем минутный объем стружки

$$W_{стр} = \frac{Bts_m}{1000} = \frac{80 \cdot 2,5 \cdot 500}{1000} = 100 \text{ см}^3/\text{мин}.$$

По табл. 27 для стали с $\sigma_s = 65 \text{ кг}/\text{мм}^2$ удельную производительность $\omega_{стр}$ принимаем равной 13 $\text{см}^3/\text{квт} \cdot \text{мин}$.

Для снятия заданного объема стружки в 100 $\text{см}^3/\text{мин}$ достаточна мощность

$$N_s = \frac{W_{стр}}{\omega_{стр}} = \frac{100}{13} = 7,7 \text{ квт}^1.$$

Следовательно, на данном станке заданные условия обработки осуществимы.

На производстве часто приходится решать обратную задачу, а именно: определять возможную производительность данного станка при обработке определенной заготовки и по полученной производительности назначать глубину резания или минутную подачу. В этом случае производительность фрезерования определим по формуле

$$W_{стр} = \omega_{стр} N_s.$$

¹ К. п. д. станка учтен в средних значениях удельной производительности по табл. 27.

Таблица 27

**Удельная производительность $w_{стр}$ при фрезеровании
торцовыми и цилиндрическими фрезами (средние значения)**

Обрабатываемый материал	Твердость по Бринеллю $HВ$ в $кг/мм^2$	Предел прочности на растяжение σ_B в $кг/мм^2$	Удельная производительность $w_{стр}$ в $см^3/кат \cdot мин$ при фрезеровании	
			торцовом	цилиндрическом
Стали конструкционные углеродистые нелегированные	—	50—60	16	13
	—	60—70	14	12
	—	70—85	12	10
Стали конструкционные легированные	—	70—85	11	9
	—	85—100	9	8
	—	100—140	8	7
Стальное литье	—	30—50	14	11
	—	50—70	12	9
Литье серого чугуна	До 200	—	36	30
	200—250	—	30	25
	250—400	—	22	18
Литье ковкого чугуна	До 150	—	20	14
Красная медь	—	—	40	30
Латунь ЛС62 и Л59	55—70	35—45	50	40
Бронза	—	28	35	25
Алюминий	—	—	70	50
Дуралюмин	95	35	55	45
Силумин (АЛ2, АЛ4, АЛ9)	55—70	20—25	50	40
Магниевые сплавы (типы АМг3; АМг5; АМг6 и МА1; МА2; МА3 и т. п.)	45—65	20—30	80	60

Примечание. Средние значения удельной производительности приняты с учетом к. п. д. станка, так что при определении мощности, потребной для снятия минутного объема стружки, сразу получаем мощность электродвигателя привода станка.

Пример. Определить возможную производительность фрезерного станка при обдирочной обработке цилиндрической фрезой серого чугуна *HВ* 260. Мощность электродвигателя станка $N_2 = 7$ *квт.*

Принимаем $w_{сmp}$ по табл. 27 равным 18 *см³/квт·мин.*

Подставляя эти величины, получаем

$$W_{сmp} = w_{сmp}N = 18 \cdot 7 = 126 \text{ см}^3/\text{мин.}$$

При условии, что ширина обрабатываемой заготовки составляет 100 *мм*, а припуск на обработку равен 5 *мм*, минутная подача

$$s_m = 1000 \frac{W_{сmp}}{Bt} = 1000 \frac{126}{100 \cdot 5} = 250 \text{ мм/мин.}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Аврутин С. В. Фрезерное дело. М., Высшая школа, 1964.
 2. Кувшинский В. В. Фрезерование. М., Машгиз, 1958.
 3. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на фрезерных станках (серийное производство). М., Машгиз, 1959.
 4. Оглоблин А. Н. Справочник фрезеровщика. М., Машгиз, 1962.
 5. Краткий справочник металлста, стр. 732. Режимы резания при фрезеровании, Машиностроение, 1965 и Справочник металлста, т. III. Фрезерование, Машиностроение, 1966.
-

ГЛАВА III

РАЦИОНАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФРЕЗ

1. ЗУБЬЯ ФРЕЗЫ

Общие определения

Конструкция фрезы влияет в значительной мере на производительность фрезерования, точность и класс чистоты обработанной поверхности.

Так как режущим элементом фрезы являются ее зубья, то решающим условием рациональной работы фрезы является рациональное конструктивное выполнение зуба. Независимо от типа фрезы и ее размеров, ее назначения и формы вопросы конструкции зубьев фрезы являются общими, и поэтому мы здесь рассматриваем их безотносительно к другим элементам фрезы.

Фрезы могут иметь зубья, выполненные заодно целое с корпусом фрезы или *вставные в корпус* (сборная фреза). В зависимости от этого рассмотрим зубья цельной фрезы и вставные зубья сборной фрезы, называемые далее *вставными ножами*. Зубья могут располагаться параллельно осевой линии фрезы (фрезы с *прямыми зубьями*), наклонно к этой оси (фрезы с *наклонными зубьями*) и по винтовой линии или спирали (фрезы с *винтовыми* или *спиральными* зубьями).

Зубья фрез могут располагаться на цилиндрической, на торцевой поверхностях корпуса, на цилиндрической и одной торцевой поверхностях, на цилиндрической и обеих торцевых поверхностях, на криволинейной поверхности, на наклонных (конусных) поверхностях. В зависимости от расположения зубьев на поверхностях корпуса различают фрезы цилиндрические, торцевые, дисковые, фасонные и угловые.

Зубья цельных фрез

Цельные фрезы могут иметь *остроконечные* или *затылованные* зубья.

Остроконечные зубья. На рис. 30 показана фреза с остроконечными зубьями; вследствие простоты изготовления фрезы с остроконечными зубьями широко применяются. Заточка

зуба производится по задней поверхности BC , как показано штриховыми линиями на рис. 30. С каждой новой переточкой высота зуба и промежутки между зубьями уменьшаются и, следовательно, сокращается место для выхода стружки. Это является недостатком фрез с остроконечными зубьями.

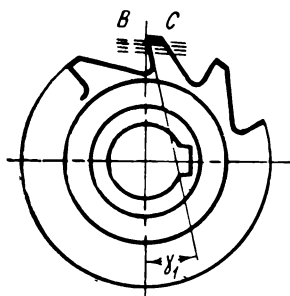


Рис. 30. Фреза с остроконечными зубьями

На рис. 31 показаны конструкции зубьев остроконечных фрез. Зубья, показанные на рис. 31, *а*, наиболее просты в изготовлении, но менее прочны и поэтому применяются для мелкозубых цилиндрических, торцовых, дисковых, шлицевых и других фрез. Форма зуба, показанная на рис. 31, *б*, имеет очертание затылка по кривой, что способствует повышению прочности зуба и рекомендуется ГОСТ: 3752—59 для цилиндрических и 8237—57 для концевых фрез. Форму зуба, показанную на рис. 31, *в*, следует применять для тяжелых работ. Зубья такой формы имеют ломанный затылок, состоящий из двух поверхностей с фасками f и f_1 , и отличаются большой прочностью при сравнительной простоте в изготовлении.

З а т ы л о в а н н ы е з у б ь я. На рис. 32 показана фреза с затылованными зубьями. Задняя поверхность зуба BC направ-

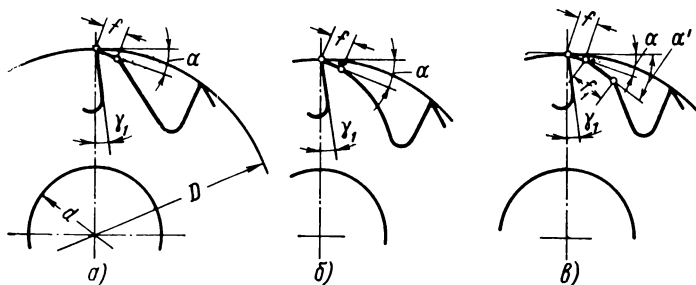


Рис. 31. Конструкции остроконечных зубьев:

а—с обычным затылком; *б*—с криволинейным затылком; *в*—с ломаны

лена не по прямой линии, как у фрезы с остроконечными зубьями, а по кривой. Кривая, по которой обточена задняя поверхность зуба, имеет следующее свойство: если производить заточку фрезы радиально, т. е. по передней поверхности, как показано штриховыми линиями, профиль зуба останется неизменным. С каждой новой переточкой впадина между зубьями становится шире, а место для выхода стружки — больше.

Затылованные фрезы применяются при изготовлении деталей с фасонными поверхностями: фреза многократно перетачивается,

а детали, ею обработанные, получаются одинаковыми по профилю.

Недостатком затылованных фрез является отсутствие переднего угла γ , что затрудняет резание и снижает производительность. Поэтому в тех случаях, когда некоторое искажение профиля детали не имеет значения (при предварительном фрезеровании, при фрезеровании несопрягающихся поверхностей и т. д.), с успехом применяют затылованные фрезы с передним углом γ (поднутренные затылованные фрезы) для повышения режимов резания.

Задний угол α затылованных фрез определяется подобно остроконечному зубу с криволинейным затылком (см. рис. 31, б), т. е. углом между касательной к окружности и касательной к задней поверхности (спирали).

Затылование зубьев обычно производят по архимедовой спирали. Единственный недостаток фрез, затылованных по архимедовой спирали, заключается в том, что они не позволяют из-за снижения прочности значительно увеличивать задний угол α . Вследствие этого на наклонных участках профиля получают незначительные боковые задние углы ($\alpha_1 \leq 3^\circ$), что, естественно, уменьшает период стойкости фрез.

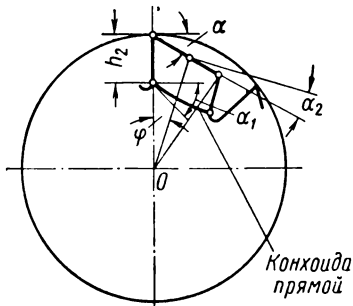


Рис. 33. Затылованный зуб по конхоиде прямой

описанными из центра O (см. рис. 33). При таком способе затылования, как при затыловании по архимедовой спирали, высота h_2 профиля во всех радиальных сечениях будет постоянной.

Зубья, затылованные по прямой, обладают повышенной стойкостью по сравнению с зубьями, затылованными по архимедовой спирали, что объясняется большими задними углами у вершины зуба ($\alpha = 15 \div 25^\circ$), а следовательно, и на боковых участках ($\alpha_1 = 5 \div 8^\circ$). Недостатком фрез является быстрое уменьшение

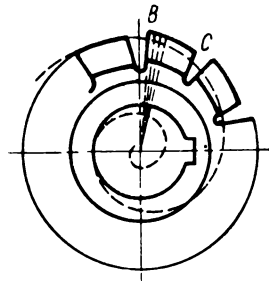


Рис. 32. Фреза с затылованными зубьями по архимедовой спирали

С этой точки зрения заслуживают внимания фрезы, у которых затылок имеет прямое очертание (рис. 33). Получение затылка прямой формы происходит при равномерном вращении заготовки и при некотором неравномерном прямолинейном перемещении резца. Таким образом, в процессе затылования зуб по наружному диаметру будет очерчен по прямой, а другие участки профиля, расположенные ниже наружного диаметра, обтачиваются по вогнутым кривым, т. е. являются конхоидами прямой,

заднего угла α при переточке по передней поверхности в радиальном направлении. С каждой последующей заточкой угол φ будет возрастать, а величина α соответственно уменьшаться, т. е. $\alpha_2 = \alpha - \varphi$.

Надо помнить, что производство затылованных фрез сложнее и поэтому стоимость их значительно выше, чем фрез с остроконечными зубьями.

Фрезеровщик должен применять фрезы с остроконечными и затылованными зубьями следующим образом:

а) для обработки плоскостей, уступов, пазов, торцовых поверхностей при больших подачах и большой глубине резания выбирать цельные фрезы с остроконечными зубьями и положительным передним углом γ (поднутренные остроконечные фрезы);

б) для черновой обработки фасонных поверхностей при крупносерийном и массовом производствах выбирать фрезы с затылованными зубьями и положительным передним углом γ (поднутренные затылованные фрезы);

в) для окончательной обработки фасонных криволинейных поверхностей и сопряженных плоских поверхностей (пазы, выступы с точными размерами) при производствах с принудительной централизованной заточкой выбирать фрезы с затылованными зубьями и нулевым передним углом γ *

Зубья сборных фрез

Конструкция цельных фрез становится неэкономичной при больших размерах фрез, так как при износе зубьев после многократной переточки или при поломке зубьев приходится всю фрезу сдавать в утиль. Кроме того, применение твердосплавных фрез вынуждает изыскивать конструкции со вставными зубьями.

На смену *цельной фрезе* приходит *сборная фреза* со вставными зубьями (ножами). Сборными изготавливают цилиндрические фрезы диаметром 63 мм и более, насадные торцовые и дисковые двух- и трехсторонние фрезы диаметром 80 мм и более, торцовые фрезы с коническим хвостовиком диаметром 40 мм и более и все торцовые фрезерные головки. Сборные фрезы имеют корпус, изготовленный из конструкционной стали марки 40Х, либо марок 40 и 45 с последующей термической обработкой до HRC 35—42 или из легированного чугуна, а ножи — из быстрорежущей стали или из углеродистой стали марки 45, оснащенной пластинками из твердых сплавов либо минералокерамики, или с механическим креплением твердосплавной либо минералокерамической пластинки.

Существует много способов крепления вставных ножей. При оценке необходимо принимать во внимание следующие условия:

* В крупносерийном и массовом производствах с производительными режущими инструментами применяют также фасонные фрезы с положительным передним углом γ с затылованным, но корригированным зубом.

а) компактность конструкции, т. е. возможность размещения предусмотренного числа зубьев фрезы, так как от этого зависит минутная подача, т. е. производительность фрезы; б) жесткость и надежность закрепления; в) экономичность — наибольшее допускаемое число переточек; г) простоту изготовления и удобство эксплуатации; д) удобство замены поломанных ножей.

По способу крепления вставных ножей различают фрезы: а) со вставными ножами, которые являются либо пластинками быстрорежущей стали, либо припаянными к державке металло-

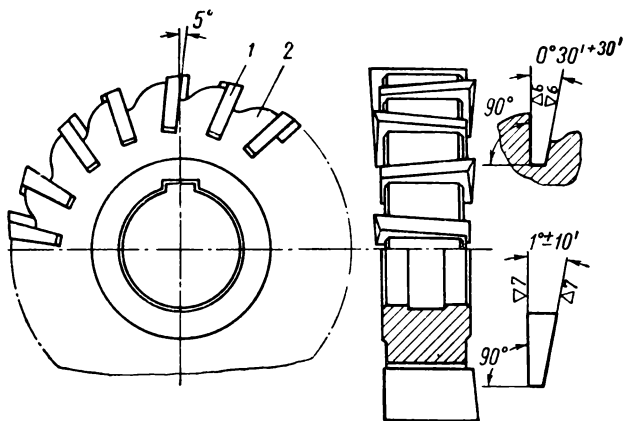


Рис. 34. Прессовое крепление клиновидных ножей в корпусе дисковой фрезы (конструкция Сестрорецкого инструментального завода им. Воскова):

1 — нож; 2 — корпус фрезы

или минералокерамическими пластинками; б) с припаянными к корпусу пластинками из твердого сплава; в) с механическим креплением металло- или минералокерамических пластинок.

Сборные фрезы со вставными ножами получили наибольшее применение. Ножи крепят различными способами.

При помощи гладких клиньев. В этом случае клин односторонний или двусторонний в качестве крепящего элемента может быть оформлен также в виде ножа, который при сборке запрессовывается в соответствующий паз корпуса.

На рис. 34 показана конструкция прессового крепления ножа в корпусе фрезы. Ножи, представляющие собой пластины из быстрорежущей стали, выполнены с уклоном в $1^\circ \pm 10'$, запрессовывают в пазы корпуса фрезы, изготовленные с уклоном $0^\circ 30' \pm 30'$

В конструкции, показанной на рис. 35, нож удерживается в корпусе фрезы клином. Устанавливают и регулируют ножи по высоте установочными винтами.

При помощи рифленых клиньев. На рис. 36 показано крепление ножей, имеющих клиновидную форму и рифления (рифли), расположенные радиально. Пазы в корпусе фрезы имеют соответствующий уклон и рифли. Таким образом крепят ножи в сборных дисковых трехсторонних фрезах со вставными ножами из быстрорежущей стали, изготавливаемых по ГОСТ 1669—59 диаметром от 80 до 315 мм и шириной от 12 до 50 мм. Размеры рифлей в корпусе фрезы изображены на рис. 36 внизу.

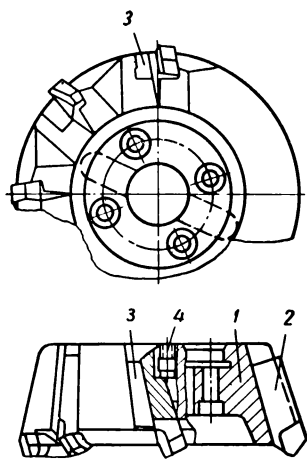


Рис. 35. Крепление ножей гладким клином в корпусе торцовой фрезы (конструкция завода «Фрезер»):

1 — корпус; 2 — нож; 3 — клин;
4 — регулировочный винт

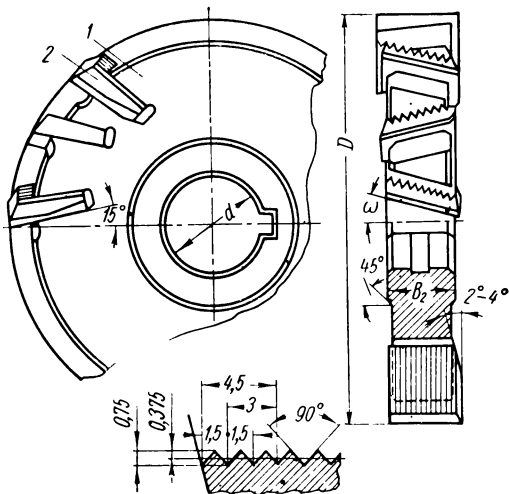


Рис. 36. Крепление клиновидных ножей с радиальными рифлями в корпусе дисковой фрезы (конструкция по ГОСТу 1669—59):

1 — корпус; 2 — нож

Крепление клиновидного ножа с рифами получило наибольшее распространение, так как оно обеспечивает надежный и жесткий зажим.

Недостатком фрез, изображенных на рис. 36, является невозможность выдвижения ножа по оси фрезы, что снижает количество возможных переточек. Этот недостаток может быть устранен применением осевых рифлей, что вызывает необходимость обеспечения наклона ножа в корпусе фрезы в двух направлениях. На рис. 37 показано крепление ножей, имеющих двойной наклон, в корпусе фрезы. Нож имеет одну плоскую сторону, а на другой стороне, имеющей осевой (продольный) наклон 5° и радиальный (поперечный) наклон $2^\circ 30'$, нанесены продольные рифли, входящие в рифления паза корпуса, выполненные с такими же двумя наклонными. Таким образом осуществлено крепление в сборных тор-

цовых насадных фрезех вставных ножей из быстрорежущей стали по ГОСТ 1092—57 диаметром от 80 до 250 мм и шириной от 36 до 45 мм и по ГОСТ 3876—55 диаметром от 250 до 630 мм и шириной от 60 до 85 мм и из твердого сплава по ГОСТ 9473—60 диа-

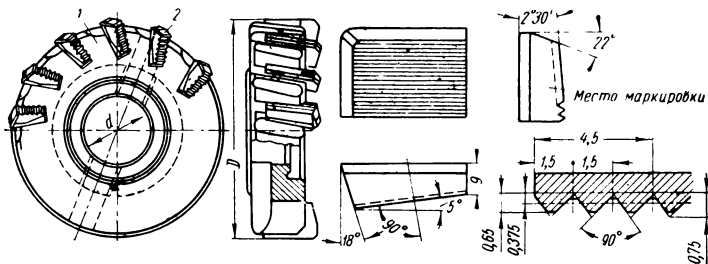


Рис. 37 Крепление клиновидных ножей с осевыми рифлями и двойным наклоном в корпусе торцевой фрезы (конструкция по ГОСТу 9473—60):

1 — корпус; 2 — нож

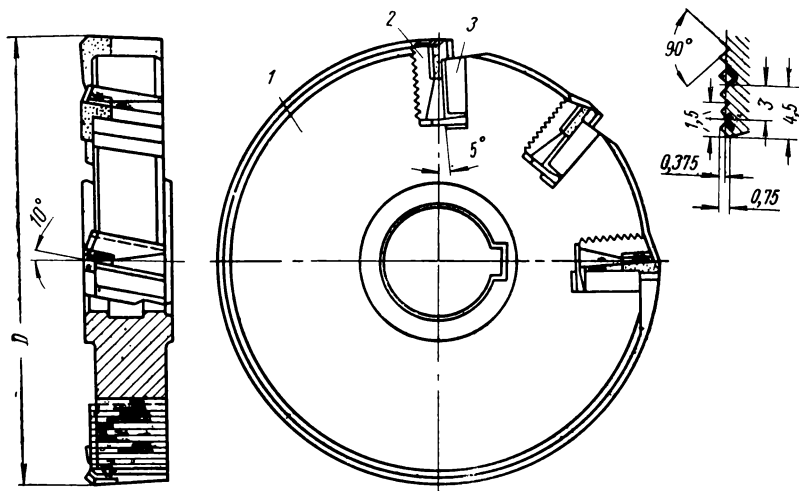


Рис. 38. Крепление клином плоских ножей с рифлями в корпусе дисковой фрезы (конструкция по ГОСТам 5348—60 и 6469—60):

1 — корпус; 2 — нож; 3 — клин

метром от 80 до 630 мм и шириной от 34 до 71 мм. Размеры ножа и рифлей изображены на рис. 37 справа.

На рис. 38 показано крепление ножей, имеющих плоскую форму с одной стороны и продольные рифли с другой стороны, которые входят в рифления паза корпуса фрезы. Крепление ножа в пазу осуществляется гладким клином с углом 5° со стороны,

прилегающей к корпусу. Паз в корпусе фрезы также имеет продольный уклон в 5° . Таким образом осуществляется крепление ножей в сборных твердосплавных дисковых дву- и трехсторонних фрезах, изготавливаемых по ГОСТ 6469—60 и 5348—60 диаметром от 100 до 315 мм и шириной от 12 до 40 мм. Размеры рифлей показаны на рис. 38 справа.

Такое же крепление имеют ножи из быстрорежущей стали в корпусе сборных цилиндрических фрез, изготавливаемых по ГОСТ 9926—61 диаметром от 100 до 250 мм и шириной от 40 до 65 мм (одинарные) и от 80 до 390 мм (составные).

При помощи клиньев и винтов. На рис. 39 показано крепление плос-

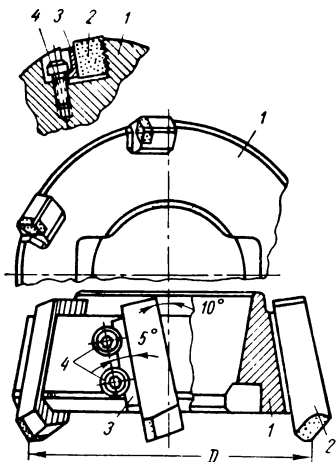


Рис. 39. Крепление клином и винтами плоских ножей с рифлями в корпусе торцевой фрезы:

1—корпус; 2—нож; 3—клин; 4—винт

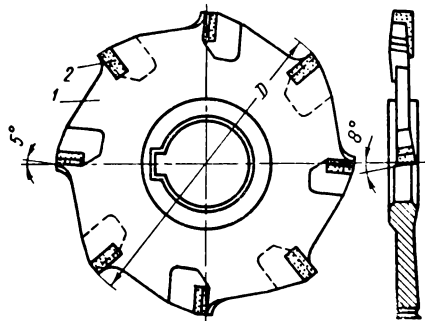


Рис. 40. Дисковая трехсторонняя фреза с припаянными пластинками из твердого сплава:

1—корпус; 2—пластинка из твердого сплава

ких ножей при помощи клиньев и винтов. Нож 2 имеет с одной стороны рифли, которые входят в рифления пазов корпуса 1 фрезы, а с другой (плоской) стороны он поджимается клином 3, входящим в гладкую часть паза в корпусе фрезы под углом 5° . Клин притягивается двумя винтами 4 к корпусу фрезы. Фрезы с припаянными к корпусу пластинками из твердого сплава позволяют более часто располагать зубья. Другое преимущество — возможность лучшего использования режущей способности материала твердосплавной пластинки. Такой способ крепления применяется для узких дисковых фрез, ширина корпуса которых затрудняет прочное клиновое крепление вставных ножей, и для твердосплавных фрез с винтовыми зубьями.

На рис. 40 показана дисковая трехсторонняя фреза с восемью припаянными пластинками из твердого сплава. Основные недостатки фрез: невозможность регулирования ширины фрезерования; сложность замены зубьев при поломке; трудности припайки и различные смещения пластинок при пайке, что создает неравно-

мерный припуск на заточку; невозможность использования корпуса фрезы после переточек до допустимого износа пластинок из твердого сплава. Поэтому дисковые фрезы с припаянными к корпусу пластинками применяют в исключительных случаях, например, для скоростного фрезерования узких пазов, когда другие конструкции твердосплавных фрез применить невозможно.

Широкое применение имеют *концевые, торцовые* и цилиндрические фрезы с *напаянными винтовыми твердосплавными пластинками*. Пластины твердого сплава выполнены с наклоном по винтовой линии, соответствующей углу ω наклона канавок в корпусе фрезы. Для уменьшения коробления пластинки изготавливают сравнительно небольшой длины и припаивают красной медью или латунью по несколько штук в каждом ряду. Пластины располагают в шахматном порядке и в местах стыка делают стружкоделительные канавки. Заточенные по передней поверхности и шлифованные по периферии фрезы пластинки образуют непрерывную винтовую режущую кромку.

Цилиндрические фрезы, оснащенные винтовыми пластинками из твердого сплава, изготавливают по ГОСТ 8721—58 и МН 985—60 диаметром от 62 до 125 мм и шириной от 45 до 100 мм. Они имеют угол ω наклона винтовых зубьев, равный 25—36°, в зависимости от диаметра фрезы.

Торцовые фрезы, оснащенные винтовыми пластинками из твердого сплава, изготавливают по МН 986—60 диаметром от 62 до 125 мм и шириной от 28 до 40 мм. Они имеют угол ω в пределах от 27 до 43° в зависимости от диаметра фрезы.

Концевые фрезы с коническим хвостовиком, оснащенные винтовыми пластинками из твердого сплава, изготавливают по ГОСТ 8720—58 и МН 4163—62 ÷ МН 4165—62 диаметром от 16 до 50 мм и шириной от 13 до 38 мм. Они имеют угол ω в пределах от 25 до 40° в зависимости от диаметра фрезы.

Твердосплавные фрезы указанной выше конструкции, обладая всеми преимуществами режущих инструментов с винтовыми зубьями, повышают производительность фрезерования от 2 до 5 раз, а стойкость — до 3 раз по сравнению с быстрорежущими.

На рис. 41 изображены концевые фрезы с винтовыми зубьями из нескольких твердосплавных пластинок, припаянных к корпусу. Фрезы могут иметь цилиндрическую или коническую форму с прямыми или закругленными кромками для обработки прямых (рис. 41, а) или наклонных (рис. 41, б) поверхностей.

Изображенные на рис. 41 фрезы имеют угол ω наклона винтовых зубьев, равный 40°, и, кроме того, угол ω_1 , равный 3°. Этот угол ω_1 (угол подточки зубьев на торце) делают на длине 1—2 мм с целью образования переднего угла на торцовом зубе.

Автор конструкции твердосплавных фрез с винтовыми зубьями канд. техн. наук Н. А. Разно удостоен премии на Всесоюзном конкурсе конструкторов-инструментальщиков в 1963 г.

Сборные фрезы с механическим креплением применяют для наилучшего использования metallo- и минералокерамических пластин. Механическое крепление пластинок заключается в том, что пластинка удерживается в корпусе фрезы непосредственно без припайки ее к державке. Примером таких фрез могут служить изображенные на рис. 42 конструкции с механическим креплением минералокерамических ножей.

На рис. 42, а показана торцовая фреза конструкции М. Ф. Беляева (завод «Красное Сормово»). Хвостовик 1 изготовлен за одно

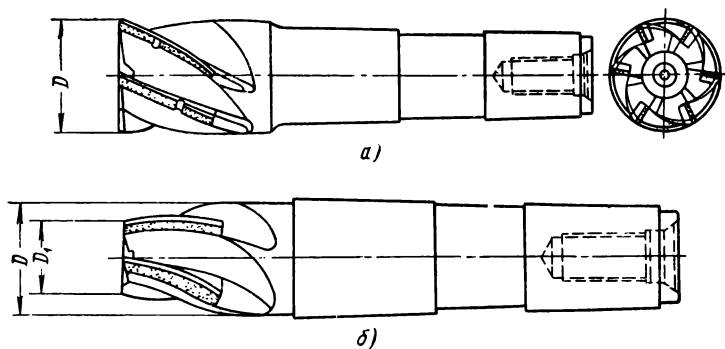


Рис. 41. Концевые фрезы с напаянными винтовыми зубьями из нескольких твердосплавных пластинок

целое с корпусом фрезы. Керамическая пластинка устанавливается в кассету 3, а для обеспечения равномерного зажима ее с трех сторон обертывают медной или латунной фольгой 4 толщиной 0,1—0,2 мм. Пружина 5, присоединенная в кассете при помощи заклепок 2, предназначена для удержания керамической пластинки от выпадания при установке. Механическое крепление керамической пластинки осуществляется болтом и гайкой. Фреза пригодна для фрезерования стали и чугуна.

На рис. 42, б показана дисковая двусторонняя фреза конструкции П. А. Маркелова для фрезерования легких сплавов и пластмасс. Она состоит из корпуса 1, керамической пластинки 2, дифференциального винта 3, прижимного сухаря 4, упора 5 с рифлениями, предназначенного для регулирования вылета керамической пластинки, и стопорного винта 6, удерживающего в пазу упор 5 от выпадания в процессе работы фрезы. По мере уменьшения высоты керамической пластинки после каждой переточки упор 5 может быть переставлен.

В настоящее время начали применять сборные фрезы с перетачиваемыми пластинками из твердого сплава, механически закрепленными в корпусе фрезы; пластинки могут быть круглыми (рис. 43, а) или многогранными (рис. 43, б).

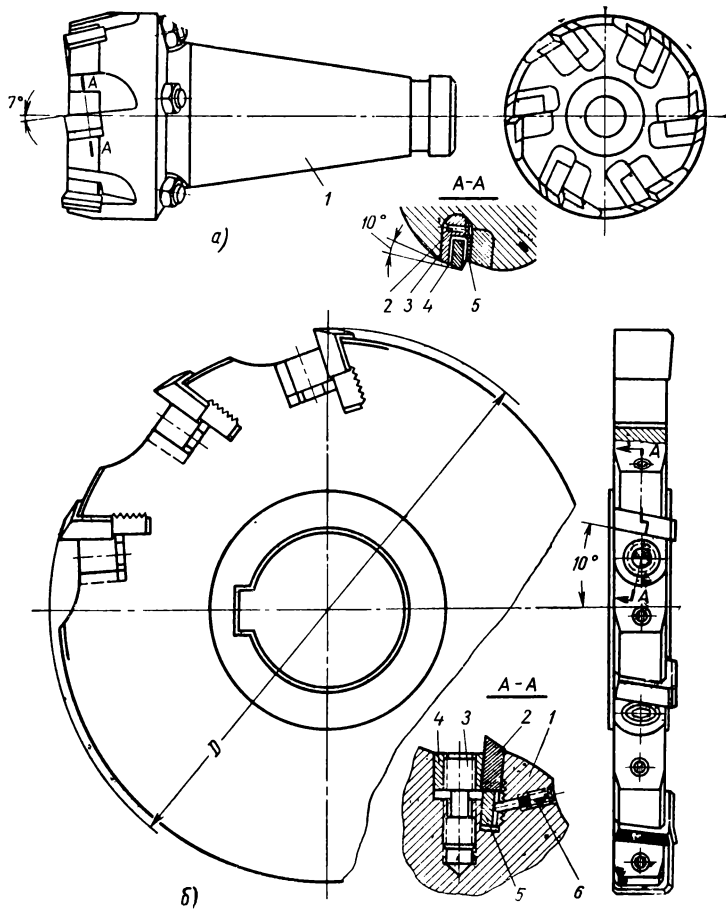


Рис. 42. Фрезы с механическим креплением минералокерамических пластинок:

а — торцовая; *б* — дисковая трехсторонняя

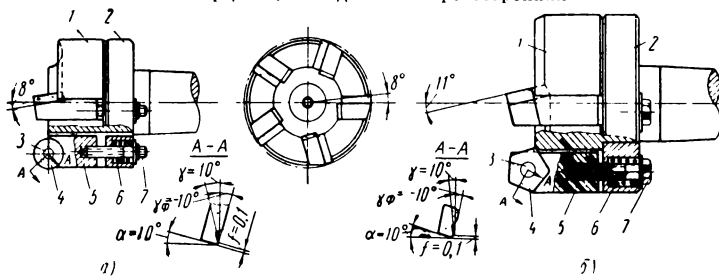


Рис. 43. Торцовые фрезы с неперетачиваемыми пластинками из твердого сплава:

а — круглыми; *б* — многогранными

Фреза состоит из корпуса 1, кольца 2, вставных державок 5 с запрессованными штифтами 3, на которые свободно могут быть надеты сменные круглые или многогранные твердосплавные пластинки 4, и винтов 7, предназначенных для закрепления державок ножей. Для удобства сборки предусмотрены пружины 6, которые предварительно поджимают пластинки к базовым поверхностям корпуса.

Каждую пластинку закрепляют винтом 7, который при его закручивании перемещает в осевом направлении державку 5 ножа. Последняя через штифт 3 прижимает пластинку 4 базовой поверхности корпуса. Геометрия режущей фрезы получается путем соответствующего расположения пластинки относительно координатных осей корпуса.

После затупления режущей кромки пластинки винт 7 освобождают и несколько поворачивают пластинку, образуя новую режущую кромку. После полного поворота пластинку снимают и заменяют новой.

Торцовые фрезы с неперетачиваемыми круглыми пластинками из твердого сплава выпускает завод «Фрезер» и с пятигранными пластинками инструментальный завод им. Воскова.

Возможное количество поворотов круглой пластинки зависит от глубины резания.

Глубина резания в мм	1	2	3	4	5
Возможное количество поворотов пластинки	12	8	7	6	5

Как видно, круглые пластинки по числу возможных поворотов имеют преимущество при малой глубине резания. При большей глубине резания целесообразно применять фрезы с шести-, пяти- и четырехгранными пластинками.

Преимущества фрез с неперетачиваемыми пластинками заключаются в уменьшении потерь времени, связанных со снятием и установкой вновь фрез для переточки, исключении расходов на заточку, сокращении количества фрез, находящихся в обороте. Недостатком является необходимость применения твердосплавных пластинок повышенной точности. Для чистового фрезерования круглые пластинки шлифуют по наружному диаметру и толщине с допусками соответственно 0,02—0,03 и 0,03—0,05 мм. Новаторы Ленинградского Кировского завода сконструировали приспособление для калибровки многогранных пластинок¹.

Расположение зубьев относительно оси фрезы

Фрезы с прямыми зубьями в последнее время не применяют для обработки плоскостей, так как они не обеспечивают спокойной работы. При малых глубинах резания зуб выхо-

¹ С а в и ч Е. Ф. Новые фрезы и приспособления. Лениздат, 1963.

дит из детали раньше, чем следующий зуб входит в нее, и происходит удар (толчок). Поэтому для получения плавной работы фрезы необходимо увеличить количество одновременно работающих зубьев.

На рис. 44 показано изменение силы резания при разном количестве одновременно находящихся в работе зубьев прямозубой цилиндрической фрезы. На рис. 44, а показано изменение силы резания при работе одного зуба: сила резания возрастает от нуля

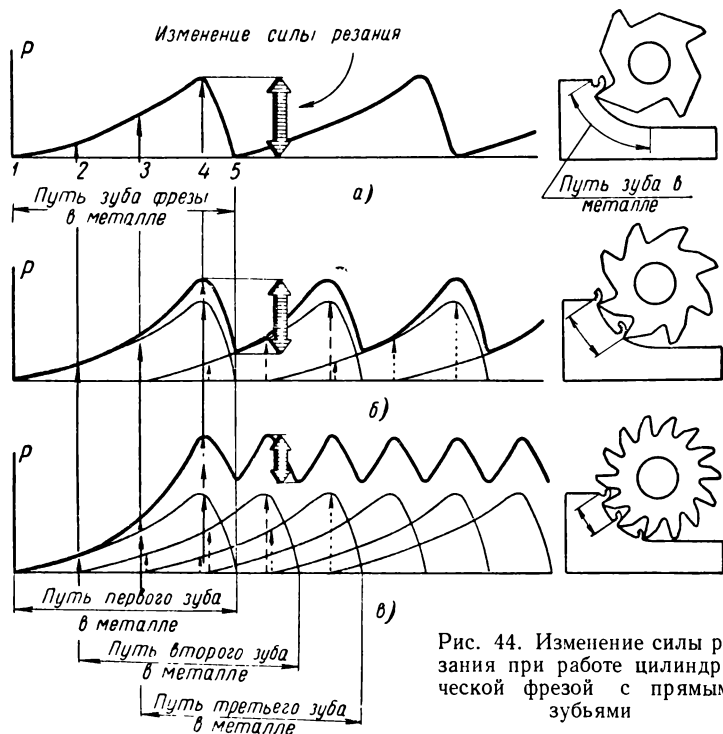


Рис. 44. Изменение силы резания при работе цилиндрической фрезой с прямыми зубьями

в точке врезания 1, далее в точках 2 и 3 до максимума в точке выхода 4 первого зуба, затем на участке 4—5 сила резания падает до нуля и снова возрастает до максимума при вступлении в работу следующего зуба и т. д. Резкое изменение силы резания вызывает вибрации.

На рис. 44, б показано изменение силы резания при одновременной работе двух зубьев. Второй зуб вступает в работу, когда первый находится в положении 3. Нетрудно заметить, что на участке 3—5, где в резании участвуют одновременно два зуба, сила резания будет равна сумме сил, действующих на каждый зуб. На рис. 44, б кривая изменения силы резания при одновременной работе двумя зубьями изображена жирной линией. Здесь работа

происходит плавнее, так как изменение (заштрихованная стрелка) силы резания меньше.

Еще меньше изменяется сила резания при одновременной работе трех зубьев; на рис. 44, в кривая изменения силы резания показана жирной линией.

Однако значительно увеличивать количество зубьев цилиндрической фрезы в целях обеспечения более плавной работы нельзя, так как при уменьшении шага зубьев остается очень мало места для выхода стружки и фреза не может работать производительно.

Поэтому для увеличения количества одновременно находящихся в работе зубьев применяют фрезы с наклонными зубьями. Чем больше угол наклона зубьев фрезы, тем больше зубьев находится одновременно в работе, т. е. тем более плавно происходит фрезерование. Кроме того, применение фрез с наклонными зубьями обеспечивает более спокойное врезание по всей ширине резания в начале фрезерования и лучший отвод стружки.

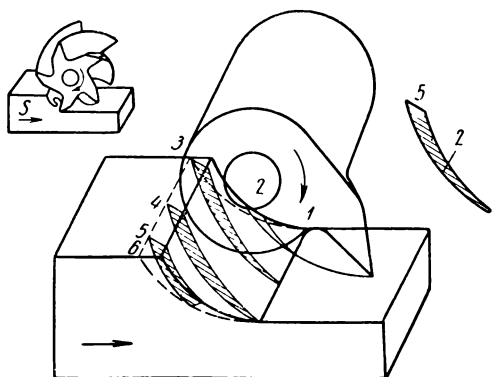


Рис. 45. Схема работы цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями

Фрезы могут иметь наклон зубьев по *прямой линии* (фрезы со вставными зубьями) и по *винтовой линии* (фрезы с винтовыми зубьями).

Рассмотрим работу цельной цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями. Зуб такой фрезы врезается в заготовку не сразу по всей длине, а постепенно (рис. 45). Если проследить путь (1—6) зуба в заготовке, то оказывается, что на участке 1—3 сечение срезаемого слоя увеличивается и, следовательно, растет сила резания; на участке 3—4 сечение срезаемого слоя и сила резания оказываются постоянными; при дальнейшем движении зуба сечение срезаемого слоя и сила резания постепенно уменьшаются. Таким образом, винтовой зуб работает *более равномерно*, чем прямой, так как на некоторых участках сила резания остается постоянной. Чтобы сделать работу фрезы с винтовыми зубьями равномерной, надо, чтобы сечение слоя, срезаемого зубьями фрезы, оставалось неизменным в любой момент резания.

Представим себе, что первый винтовой зуб фрезы находится в положении 4, а второй в положении 1. При дальнейшем повороте фрезы первый зуб начинает выходить из резания (положение 5), а второй врезаться в заготовку (положение 2). Сечение слоя,

срезаемого первым зубом, будет уменьшаться, но одновременно будет увеличиваться сечение слоя, срезаемого вторым зубом, и суммарное сечение остается постоянным. На рис. 45 справа показано это суммарное сечение (сумма сечения 5 и сечения 2). Площадь сечений 5 и 2 равна площади сечения 4. Таким образом получается, что суммарное сечение срезаемого слоя, а следовательно, сила резания будут постоянными, если в работе находятся одновременно не менее двух зубьев и каждый следующий зуб вступает в работу в тот момент, когда предыдущий выходит из контакта с заготовкой. Для обеспечения постоянного сечения срезаемого слоя надо, чтобы в тот момент, когда один из зубьев попал в положение 4, второй был в положении 1, или, иначе говоря, расстояние между двумя соседними зубьями фрезы, измеренное вдоль ее оси (осевой шаг), должно быть равно ширине фрезерования B . Отсюда следует, что если в работе участвует одновременно более двух зубьев, то осевой шаг должен укладываться в ширине фрезерования B целое число раз. Это условие выражается формулой

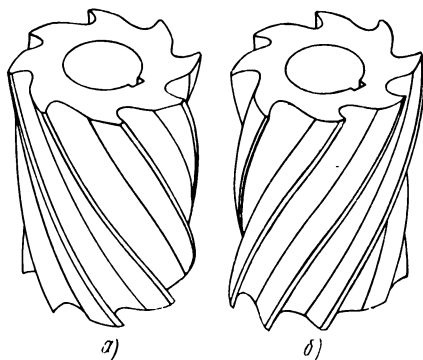


Рис. 46. Цилиндрические фрезы с винтовыми зубьями
а — левая; б — правая

$$B = k \frac{\pi D}{z} \operatorname{ctg} \omega,$$

где k — любое целое число (1, 2, 3 и т. д.);

D — диаметр фрезы в мм;

z — число зубьев фрезы;

ω — угол наклона винтовых канавок.

Пример. Фреза диаметром 63 мм с числом зубьев $z = 8$ и углом наклона винтовых канавок $\omega = 45^\circ$ обрабатывает заготовку шириной 75 мм. Определить условие равномерного фрезерования

$$B = k \frac{\pi D}{z} \operatorname{ctg} \omega$$

или

$$75 = k \frac{\pi 63}{8} \operatorname{ctg} 45^\circ = k \frac{200}{8} \cdot 1 = 25k,$$

или $k = 75 : 25 = 3$.

Фрезерование будет равномерным, так как k больше 2.

Различают фрезы с *левыми* (рис. 46, а) и *правыми* (рис. 46, б) винтовыми зубьями. Такие фрезы иногда для краткости называют соответственно левыми и правыми. Для обычных видов работы употребляют фрезы с правыми винтовыми зубьями.

Существует правило для безошибочного определения направления подъема винтовых канавок фрез. Фрезу ставят на торец и смотря, в какую сторону винтовая линия имеет подъем. Если винтовая линия *поднимается слева направо*, она называется *правой*, и фреза называется *правой*; наоборот, если *винтовая линия поднимается справа налево*, она называется *левой*, и фреза называется *левой*.

Увеличение угла наклона зубьев вызывает увеличение усилия резания, так как чем больше угол наклона, тем больше осевая

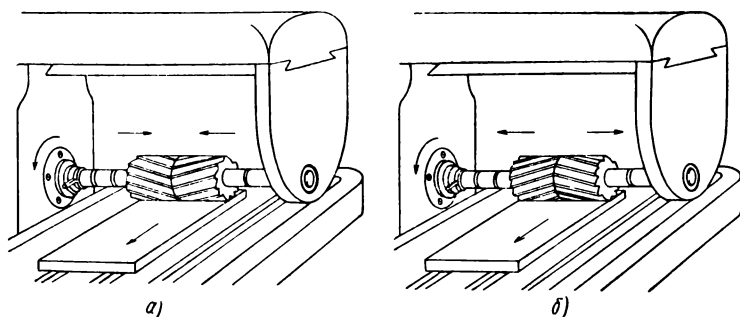


Рис. 47. Установка спаренных цилиндрических фрез

сила. Величину угла наклона фрез рекомендуется выбирать по табл. 6. При большой ширине цилиндрического фрезерования рекомендуется применять сдвоенные фрезы. При этом их необходимо устанавливать так, как показано на рис. 47, а, чтобы осевые силы были направлены навстречу друг другу и тем самым стремились сблизить обе фрезы.

На рис. 47, б показана неправильная установка фрез; здесь осевые силы стремятся раздвинуть обе фрезы, отчего получается некачественная обработка на стыке обеих фрез.

Число зубьев фрез

Различают фрезы с *мелким* и *крупным зубом*, причем мелкозубыми называются фрезы, число зубьев z которых больше $1,5 \sqrt{D}$, а крупнозубыми называют фрезы, число зубьев z которых меньше $1,5 \sqrt{D}$, где D — диаметр фрезы в мм. К крупнозубым фрезам относят фрезы с вставными ножами, которые применяют для чернового и получистового фрезерования, мелкозубые — для чистового и отделочного.

Государственными стандартами установлены для каждого типа фрезы в зависимости от ее диаметра, числа зубьев для мелко- и крупнозубых фрез. Число зубьев фрезы определяет производительность фрезерования, величину силы резания и расход мощности.

Поскольку, как это было изложено в гл. II, основой для выбора режима резания является подача на один зуб, а эта величина влияет на минутную подачу, удельную производительность и, следовательно, мощность, то вполне закономерно устанавливать число зубьев фрезы в зависимости от подачи на зуб.

Число зубьев цельных фрез с остроконечными зубьями можно выбирать, пользуясь формулой

$$z = \frac{CD}{t^{0,5} s_z^{0,5}},$$

где C — коэффициент, зависящий от типа фрезы; для цилиндрических, концевых, дисковых, пазовых, фасонных и прорезных фрез $C = 0,2$; для торцовых фрез $C = 0,6$;

D — диаметр фрезы в мм;

t — наибольшая глубина фрезерования в мм;

s_z — наибольшая подача на зуб в мм.

Число зубьев сборных фрез со вставными ножами принимают в зависимости от диаметра фрезы; для обработки стали $z = (0,04 + 0,06) D$; для обработки чугуна $z = (0,08 + 0,1) D$; для обработки цветных металлов и пластмасс $z = (0,02 + 0,03) D$, где D — в мм.

В некоторых случаях целесообразно применять *однозубые* и *двухзубые фрезы*, т. е. сборные фрезы, в корпусе которых закреплен один или два диаметрально расположенных зуба. Такие фрезы, называемые иногда *летучими*, обычно применяют для обработки фасонного профиля.

Ножи изготавливают из быстрорежущей стали с термической обработкой до $HRC\ 64$. Передний угол $\gamma = 0^\circ$; задний угол $\alpha = 3 \div 5^\circ$

На рис. 48 показаны одно- и двухзубая летучие фрезы.

Шаг зубьев фрезы

Окружной (угловой) шаг зубьев фрезы равен $360/z$, где z — число зубьев фрезы. Обычно окружной шаг зубьев фрезы выполняется равномерным.

Для уменьшения вибраций, возникающих при работе крупнозубыми цилиндрическими и концевыми фрезами, по предложению Ленинградца Героя Социалистического Труда, новатора В. Я. Карасева окружной (угловой) шаг фрез выполняют неравномерным. Разбивку окружного шага рекомендуется выполнять согласно табл. 28.

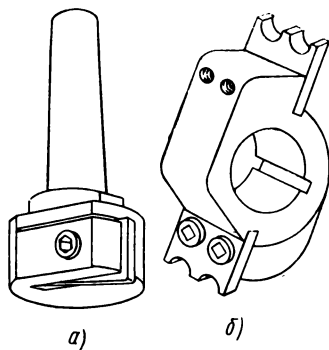


Рис. 48. Летучие фрезы:
а — однозубая; б — двухзубая

Деление окружного (углового) шага фрез (в град)

Число зубьев	Ψ_1	Ψ_2	Ψ_3	Ψ_4	Ψ_5	Ψ_6	Ψ_7	Ψ_8	Ψ_9	Ψ_{10}	Ψ_{11}	Ψ_{12}
3	110	123	127									
4	90	85	90	95								
5	68	72	76	68	76							
6	57	63	57	63	57	63						
8	42	48	42	48	42	48	42	48				
10	33	39	33	39	33	39	33	39	33	39		
12	27	33	27	33	27	33	27	33	27	33	27	33

В. Я. Карасев и А. Ш. Шифрин рекомендуют для уменьшения вибраций изготовлять сборные цилиндрические и дисковые фрезы с неравномерным окружным (угловым) шагом. При этом не следует забывать, что такие фрезы дороже в изготовлении и применение их может быть оправдано требованиями эксплуатации.

2. КОНСТРУКТИВНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ФРЕЗ

Классификация фрез

Большое разнообразие типов, форм и размеров фрез объясняется широким их применением для различных видов обработки металлов резанием. Несмотря на проводимую нормализацию типоразмеров фрез, в инструментальных раздаточных наибольшее количество инструментов составляют фрезы. И все же часто фрезеровщику-новатору, желающему повысить производительность станка и увеличить выпуск деталей, приходится вносить улучшения в конструкцию фрез или заказывать техническому отделу завода и инструментальному цеху новые либо улучшенные их конструкции.

Во многих случаях, однако, можно получить желаемый результат, применяя стандартные нормализованные конструкции фрез, внося в заточку зубьев некоторые изменения в соответствии с обрабатываемым материалом и характером обработки.

Поэтому каждый фрезеровщик должен хорошо знать основные типы фрез, стандартизованные в общесоюзном масштабе и представленных в ГОСТах и нормалях машиностроения МН.

Только тогда, когда тип фрезы, предусмотренный стандартом или нормалью, не подходит для данной работы или когда фрезеровщик предполагает получить лучший эффект от задуманной обработки с помощью фрезы другой конструкции, он сможет спроектировать сам или заказать через техническое бюро завода специальную фрезу¹

¹ Типаж стандартных нормализованных фрез приведен в Справочнике металлста, изд. 2-е, том 3, глава «Фрезерование».

Основные размеры фрез

В настоящее время диаметры и ширина фрез во всем мире нормализованы и образуют геометрический ряд со знаменателем прогрессии $\varphi = 1,26$. Доказано, что, применяя фрезы такого ряда, можно сократить на 40% общее число типоразмеров фрез, работая при этом с наивыгоднейшими режимами резания.

Если нет особых требований к диаметру фрезы D (заданная разность ступеней в наборах фрез, заданная ширина шпоночного паза и т. д.), то достаточно иметь ряд наружных диаметров фрез, равных 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 100, 125, 160, 200, 250 и т. д. до 630 мм. Допускаемые отклонения на диаметр — по B_8 , конусность не должна превышать 0,02 мм для фрез шириной до 50 мм и 0,03 мм — для фрез шириной более 50 мм.

Диаметры шпоночных фрез нормализованы в соответствии с гостированными размерами шпоночных соединений в ряд 3, 4 (5), 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 мм и т. д. Допускаемые отклонения по диаметру назначаются в зависимости от посадки и класса точности шпоночной канавки.

Ширина фрезы L , если нет особых требований к ширине фрезерования (заданная ширина шпоночного паза, экономная ширина реза, ширина шлица и т. д.), также может быть уложена в нормальный ряд. Нормальная ширина цилиндрических фрез — 40, 50, 63, 100, 125 и 160 мм. Допускаемые отклонения по B_8 , биение опорных торцов относительно оси фрезы не должно превышать 0,02 мм для фрез диаметром меньше 100 мм и 0,03 — для фрез диаметром больше 100 мм.

Диаметры посадочных (базовых) отверстий в цилиндрических, торцовых, дисковых, пазовых, угловых фасонных и других насадных фрезях и посадочного диаметра соответствующих оправок, а также размеры шпонок даны в табл. 29.

В отверстиях глубиной 24 мм и выше дается внутренняя выточка размером l_1 от 0,25 до 0,35 ширины фрезы L (рис. 49).

Сила резания передается шпонкой. Шпонка связывает фрезу с оправкой. Различают фрезы, имеющие осевые шпоночные канавки, в которые вкладывают призматические шпонки (табл. 29), и фрезы, имеющие торцевые шпоночные канавки (табл. 30).

Концевые и шпоночные фрезы с $D \leq 20$ мм изготавливают с цилиндрическим хвостовиком. Фрезы диаметром 3 и 4 мм имеют хвостовик диаметром 4 мм, фрезы диаметром 5 и 6 мм — хвостовик диаметром 6 мм, фрезы диаметром 14 и 16 мм — хвостовик диаметром 16 мм, фрезы диаметром 18 и 20 мм — хвостовик диа-

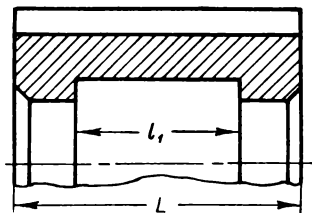
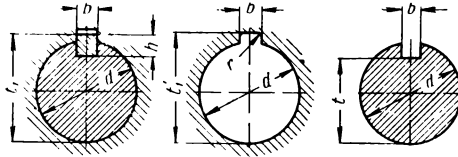


Рис. 49. Внутренняя выточка в насадных фрезях

**Диаметры цилиндрических оправок, базовых отверстий
и размеры шпонок во фреззах
(по ГОСТу 9472—60)**

Размеры в мм



Номинальный диаметр d	Допускаемые отклонения		h	t	t_1	t_1'		
	для отверстия	для оправки						
10	+0,016	-0,010	3	3	8,2	11,2	11,5	0,4
13	+0,019	-0,012	3	3	11,2	14,2	14,6	0,6
16	+0,019	-0,012	4	4	13,2	17,2	17,7	0,8
22	+0,023	-0,014	6	6	17,6	23,6	24,1	0,8
27	+0,023	-0,014	6	6	22,6	28,6	29,4	1,2
32	+0,027	-0,017	8	7	27,0	34,0	34,8	1,2
40	+0,027	-0,017	10	8	34,5	42,5	42,5	1,4
50	+0,027	-0,017	12	8	44,5	52,5	53,5	1,4
60	+0,030	-0,020	14	9	54,0	63,0	64,2	1,6

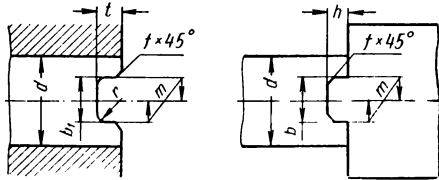
Примечания: 1. При необходимости пользования большими диаметрами оправок рекомендуется брать диаметры 80 и 100 мм.
2. Допускаемые отклонения: для ширины шпонки b — по системе вала B_7 , ОСТ 1023; ширины паза оправки b — по ПШ ГОСТ 7227—58; ширины паза отверстия b — по X_8 , ОСТ 1025; высоты шпонки h — по B_4 , ОСТ 1024; расстояния до дна паза отверстия t_1 по A_7 , ОСТ 1010; расстояния до дна паза оправки t — по C_4 , ОСТ 1014.

метром 20 мм. Фрезы диаметром 8, 10, 12 мм имеют хвостовик такого же диаметра. Допуск на диаметр хвостовика по C_3 .

Конический хвостовик концевых и шпоночных фрез выполняют с конусом Морзе или метрическим, стандартизованным по ГОСТу 2847—45.

В приборостроении для легких работ находят применение фрезы с резьбовым хвостовиком конструкции ЛООМПа фрезеровщика В. С. Семенова. Эти фрезы закрепляют в резьбовой втулке, вставляемой своим коническим хвостовиком в гнездо шпинделя.

Крепление фрез на цилиндрической оправке торцовой шпонкой
(по ГОСТу 9472—60)
Размеры в мм



Номинальный диаметр d	Допускаемые отклонения		b	b_1	h	t	f	m
	для отверстия	для оправки						
10	+0,016	-0,010	6	6,4	4	4,5	$0,8_{-0,1}$	$0,5^{+0,1}$
13	+0,019	-0,012	8	8,4	4,5	5	$1,0_{-0,2}$	$0,5^{+0,1}$
16	+0,019	-0,012	8	8,4	5	5,6	$1,0_{-0,2}$	$0,6^{+0,2}$
22	+0,023	-0,014	10	10,4	5,6	6,3	$1,2_{-0,3}$	$0,6^{+0,2}$
27	+0,023	-0,014	12	12,4	6,3	7	$1,2_{-0,3}$	$0,8^{+0,2}$
32	+0,027	-0,017	14	14,4	7	8	$1,6_{-0,5}$	$0,8^{+0,2}$
40	+0,027	-0,017	16	16,4	8	9	$2,0_{-0,5}$	$1,0^{+0,3}$
50	+0,027	-0,017	18	18,4	9	10	$2,0_{-0,5}$	$1,0^{+0,3}$
60	+0,030	-0,020	20	20,5	10	11,2	$2,0_{-0,5}$	$1,0^{+0,3}$

Примечание. Допускаемые отклонения для ширины шпонки b — по С₄, ОСТ 1014, ширины паза b_1 , по А₄, ОСТ 1014, высоты шпонки h — по С₃, ОСТ 1015, глубины паза t — по А₇, ОСТ 1010.

Направление резания фрез

Для обеспечения резания режущие кромки зубьев фрезы должны быть направлены в соответствии с направлением вращения шпинделя. Направление вращения шпинделя станка может быть *правым* или *левым* и соответственно различают *праворезущие* и *леворезущие* фрезы. Для определения направления вращения шпинделя или, что то же самое, направления резания фрезы руководствуются следующими правилами.

1. В случае работы на горизонтально-фрезерном станке следует смотреть на фрезу со стороны заднего конца шпинделя. Если

при этом видно, что фреза вращается по часовой стрелке (рис. 50, а), то вращение шпинделя называют правым и фрезу праворежущей, а если фреза вращается против часовой стрелки (рис. 50, б), то вращение шпинделя называют левым и фрезу леворежущей. Если же смотреть на шпиндель со стороны стола, то праворежущая фреза отбрасывает стружку вправо, а леворежущая — влево.

2. В случае работы на вертикально-фрезерном станке следует смотреть на фрезу сверху. Если при этом видно, что фреза вра-

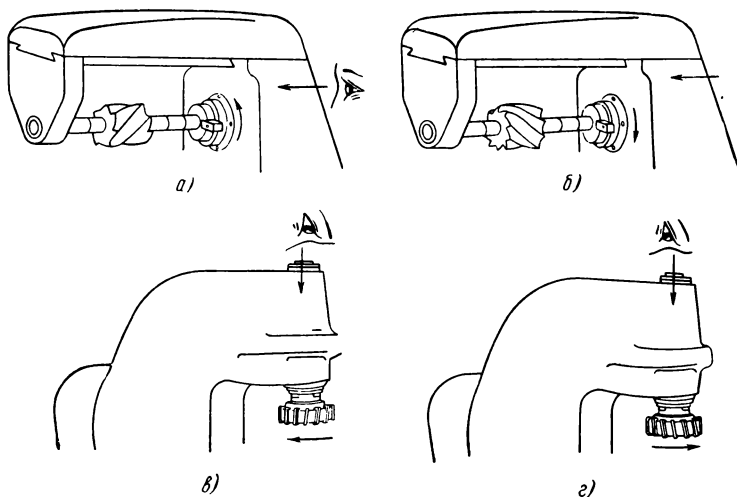


Рис. 50. Направление вращения шпинделя и фрезы

щается по часовой стрелке (рис. 50, в), то вращение шпинделя называют правым и фрезу праворежущей, а если фреза вращается против часовой стрелки (рис. 50, г), то вращение шпинделя называют левым и фрезу леворежущей.

Обычно направление вращения шпинделя устанавливают для горизонтально-фрезерных станков влево, а для вертикально-фрезерных вправо.

Следует помнить, что направление резания насадной цилиндрической фрезы можно изменить, повернув ее на оправке; направление резания насадной торцевой фрезы не может быть изменено.

Цилиндрические фрезы

Цилиндрические фрезы встречаются наиболее часто и применяются для обработки открытых плоскостей, параллельных оси фрезы.

Выбор диаметра фрезы производится по табл. 11, а ширина фрезы $L = B + 10$ мм, где B — ширина фрезерования.

Фрезы цилиндрические цельные (с мелким и крупным зубом) диаметром 40; 50; 63; 80 и 100 мм и шириной 40; 50; 63; 80; 100; 125 и 160 мм из быстрорежущей стали изготавливают по ГОСТу 3752—59 с криволинейным затылком по рис. 31, б.

Мелкозубые фрезы имеют угол наклона винтовых канавок $\omega = 30 \div 35^\circ$, крупнозубые фрезы имеют угол $\omega = 40^\circ$

Для обеспечения спокойной работы без вибраций окружной (угловой) шаг крупнозубых цилиндрических фрез выполняют *неравномерным*. Разбивку окружного шага рекомендуется выполнять по табл. 28.

По данным В. Я. Карасева и А. Ш. Шифрина¹, подачи при фрезеровании фрезами с неравномерным шагом примерно в 2—3 раза больше, чем при обработке фрезами с мелким зубом по ныне отмененному ГОСТу 3752—59, и в 3—5 раз больше, чем при обработке сборными цилиндрическими фрезами со вставными ножами из быстрорежущей стали по ГОСТу 9926—61.

Исполнительные размеры цельных цилиндрических крупнозубых фрез приведены в Нормали машиностроения МН 401—60. мелкозубых — в МН 402—60*.

Фрезы большой ширины снабжены иногда *стружкоделительными* (стружколомательными) канавками, имеющими форму по рис. 51. Уменьшение ширины стружки, вызванное наличием стружкоделительных канавок, снижает вибрации, возникающие при снятии значительных припусков при большой ширине фрезерования. Значительные преимущества в этом отношении имеют цилиндрические фрезы с затылованными зубьями и винтовыми стружкоделительными канавками (рис. 52, а), так называемые *кукурузные* фрезы, режущие кромки которых выполнены с большим радиусом закругления резьбовых вершин, а зубья имеют наклон под углом $\omega = 25 \div 30^\circ$. Передний угол $\gamma = 15^\circ$; задний угол α определяется как у всех затылованных фрез. Размеры профиля стружкоделительных канавок приведены в табл. 31, где указаны диаметры и число зубьев фрезы.

Кукурузные цилиндрические фрезы рекомендуются для обдирочных работ при повышенных припусках при обработке поковок

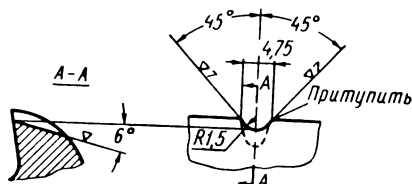


Рис. 51. Форма и размеры стружкоделительных канавок

¹ Карасев В. Я. и Шифрин А. Ш. Высокопроизводительные цилиндрические фрезы с неравномерным окружным шагом. М., ГНТК СССР, Филиал ВИНТИ. Передовой научно-технический и производственный опыт, 1959.

* Далее в тексте всюду ссылки на Нормали машиностроения даются сокращенно: МН — с указанием номера нормали.

из легированных сталей с $\sigma_s = 120 \div 140 \text{ кг/мм}^2$ при скорости резания 11—18 м/мин с подачей 0,025—0,075 мм/зуб. Эти фрезы дают при резании мелкую, легко удаляемую стружку и при одинаковом износе зуба снимают в 2—2,5 раза больше металла, чем обычные цилиндрические фрезы. Кукурузные цилиндрические фрезы не стандартизованы.

Сборные цилиндрические фрезы диаметром 10, 125, 160, 200 и

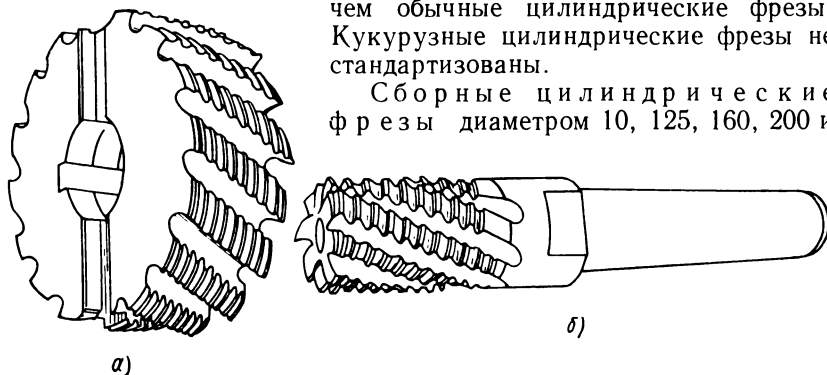
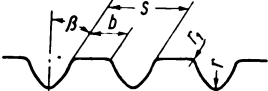


Рис. 52. «Кукурузные» фрезы:
а — цилиндрическая; б — концевая

250 мм и шириной 40, 50 и 65 мм со вставными ножами из быстрорежущей стали изготовляют по ГОСТу 9926—61. Они имеют угол наклона ножей $\omega = 45^\circ$. Крепление рифленых ножей производится клином по рис. 38.

Таблица 31

Стружкоделительные канавки «Кукурузных» фрез
(линейные размеры в мм)

Диаметр фрезы					β°	Число зубьев
	b	s	$s/2$	$s/2$		
25	6	3	1	0,6	30°	4
32	8	4	1,5	1,2		4
40	9	4,25	1,5	1,2	45°	6
50	10	4,75	1,5	1,2		6
63	10	4,75	1,5	1,2		8
80	15	5,0	2,5	1,5		10
100	15	5,0	2,5	1,5		12

Примечания: 1. Диаметры 25, 32, 40, 50, 63 и 80 мм относятся к концевым фрезам, а диаметры 40, 50, 63, 80 и 100 мм — к цилиндрическим.
2. Стружкоделительные канавки при последовательном переходе от зуба к зубу сдвинуты одна относительно другой на величину $x = \frac{s}{z}$.

Цилиндрические фрезы с напаянными винтовыми пластинками из твердого сплава диаметром 63, 80, 100 и 125 мм и шириной 45, 75 и 100 мм изготовляют по ГОСТу 8721—58. Геометрические параметры см. на рис. 20 и в табл. 7 Эти фрезы по сравнению с фрезами с вставными ножами из быстрорежущей стали обладают производительностью в 3—5 раз большей, а период стойкости их выше в 3 раза и более.

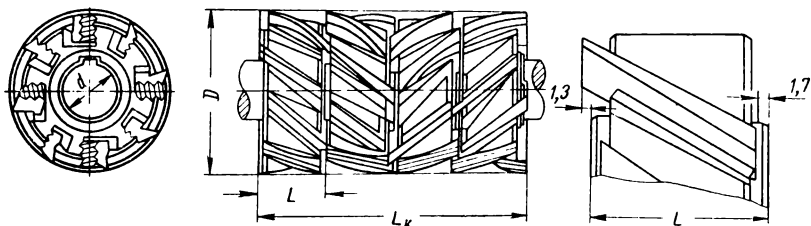


Рис. 53. Цилиндрическая сборная составная фреза

Пластинки из твердого сплава имеют сравнительно небольшую длину и напаяются медью М1 или латунью Л68 по несколько штук в ряд. Пластинки располагаются в шахматном порядке, образуя в местах стыка стружкоделительные канавки. Заточенные по передней поверхности и шлифованные по цилиндру (с оставлением ленточки или двойной фаски) пластинки образуют непрерывную *винтовую режущую кромку*. Выбор марки пластинки из твердого сплава производят в соответствии с указаниями, приведенными на стр. 44.

Исполнительные размеры цилиндрических фрез с напаянными твердосплавными пластинками приведены в МН 985—60. Углы заточки ножей при обработке сталей и чугуна приведены в МН 5018—63.

Составные сборные цилиндрические фрезы (рис. 53) диаметром 100, 125, 160, 200 и 250 мм и шириной 40, 50 и 65 мм со вставными ножами из быстрорежущей стали изготовляют по ГОСТу 9926—61. Из отдельных фрез комплектуют наборы шириной L_k от 80 до 390 мм, как это показано на рис. 53, для обработки открытых широких плоскостей. Крепление рифленых ножей производится клином по схеме рис. 38. Угол наклона ножей к оси фрезы $\omega = 45^\circ$

Торцовые фрезы

Торцовые фрезы применяют для фрезерования плоскостей, перпендикулярных к оси фрезы. Вследствие того, что процесс фрезерования при работе торцовой фрезой идет спокойнее и без вибраций, вызываемых переменной нагрузкой при заходе каждого

зуба цилиндрической фрезы, а обработанная поверхность получается чище, торцовые фрезы находят наибольшее применение при обработке плоскостей.

Фрезы торцовые цельные (с мелким и крупным зубом) диаметром 40, 50, 63, 80 и 100 мм и шириной 32, 36, 40, 45 и 50 мм из быстрорежущей стали изготавливают по ГОСТу 9304—59 с затылком, выполненным по рис. 31, а и б. Исполнительные размеры для фрез с креплением на продольной шпонке по МН 5606—64 (с мелким зубом) и на торцовой шпонке по МН 5607—64; для фрез с крупным зубом с креплением на торцовой шпонке по МН 5608—64. Мелкозубые фрезы имеют угол наклона винтовых канавок $\omega = 25 - 30^\circ$, а крупнозубые — угол $\omega = 35 \div 40^\circ$. В случае необходимости крупнозубые торцовые фрезы могут быть изготовлены с неравномерным окружным шагом по табл. 28.

Если необходимо выбрать торцовую фрезу большего диаметра, а также в целях экономии быстрорежущей стали, особенно при серийных работах, рекомендуется применять сборные торцовые фрезы. Сборные торцовые фрезы изготавливают насадными и с хвостовиком.

Сборные торцовые насадные фрезы со вставными ножами из быстрорежущей стали диаметром 80, 100, 125, 200 и 250 мм изготавливают по ГОСТу 1092—57. Исполнительные размеры фрез и геометрические параметры см. МН 2066—61. Крепление вставных ножей с рифлениями производится по схеме рис. 37.

Сборные торцовые насадные фрезы со вставными ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава, изготавливают *крупнозубыми* по ГОСТу 8529—57 (для обработки стали) и *мелкозубыми* по ГОСТу 9473—60 (для обработки чугуна) диаметром 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500 и 630 мм. Геометрические параметры см. по рис. 21 и табл. 8. Крепление вставных ножей с рифлями производят по схеме рис. 37; выбор марки твердого сплава — по указаниям, приведенным на стр. 44.

Исполнительные размеры фрез торцовых насадных по ГОСТу 8529—57 приведены в МН 987—60 ÷ МН 990—60, а по ГОСТу 9473—60 — в МН 2093—61 ÷ 2095—61.

Сборные торцово цилиндрические насадные фрезы со вставными ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава, изготавливают диаметром 125, 160, 200, 250 и 315 мм по МН 994—60 и МН 995—60. На рис. 54 показаны общий вид и геометрические параметры режущей части ножей для фрез диаметром от 125 до 200 мм. Эти фрезы применяют для обработки широких уступов, когда требуется в сопряжении прямой угол.

Торцовые фрезы насадные с напаянными винтовыми пластинками из твердого

сплавом диаметром 63, 80, 100 и 125 мм изготавливают по МН 986—60.

Подобно цилиндрическим фрезам с напаянными винтовыми твердосплавными пластинками, торцовые насадные фрезы производительнее сборных, быстрорежущих в 3—5 раз, а период их стойкости больше в 3 раза.

Все многообразие фрезерных операций по обработке плоскостей на станках общего назначения может быть производительнее выполнено указанными выше типоразмерами торцовых фрез.

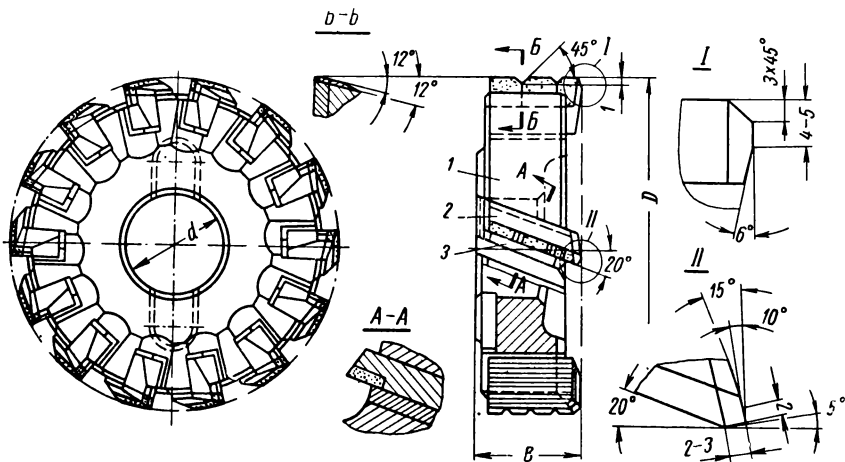


Рис. 54. Торцово-цилиндрическая фреза со вставными твердосплавными ножами диаметром от 125 до 200 мм:

1 — корпус; 2 — нож; 3 — клин

Для обработки на специальных барабанно- и карусельно-фрезерных и агрегатных станках и на автоматических линиях требуются более производительные фрезы, обладающие большим периодом стойкости и дающие заданный класс чистоты поверхности.

Для уменьшения толщины стружки лаборатории резания металлов ВМТУ им. Баумана и ЗИЛА предложили конструкцию торцовой фрезы с высокой угловой кромкой и малым углом в плане φ . Такая фреза называется *торцово-конической*. Схема ее режущей части показана на рис. 55, а, общий вид — на рис. 55, б.

Торцово-конические фрезы с малым углом в плане φ даже при больших подачах s_2 будут снимать стружку сравнительно небольшой толщины $a_{\text{наиб}} = s_2 \cdot \sin \varphi$, так как чем меньше угол в плане φ , тем меньше при одной и той же подаче толщина стружки. Это значит, что даже при весьма высоких подачах режущая кромка торцово-конической фрезы в отношении износа аналогична режущей кромке обычной торцовой фрезы при сравнительно небольшой подаче. Это объясняет ее высокую производительность.

Торцово-коническими фрезами можно обрабатывать плоскость только на проход и их применяют при работе на карусельно- и барабанно-фрезерных станках, а равно на продольно-фрезерных при обработке плоскостей. Торцово-конические фрезы не стандартизованы.

Торцовые фрезы хвостовые (диаметром 50 и 63 мм) и насадные (диаметром 80, 100, 125, 160 и 200 мм) с механическим креплением твердосплавных неперетачиваемых пластинок (круглых и

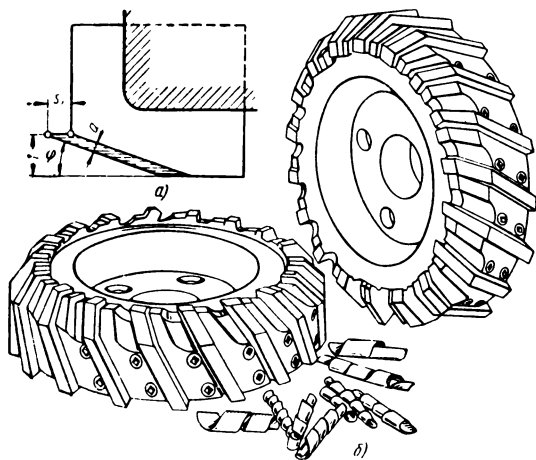


Рис. 55. Торцово-коническая фреза:

а — схема резания; б — общий вид

многогранных), подобно изображенным на рис. 43, нашли широкое применение в промышленности у нас и за рубежом.

По данным ВНИИ, работа фрезами с неперетачиваемыми твердосплавными пластинками позволяет снизить на 20—30% машинное время и сократить затраты на восстановление инструмента в 2 раза по сравнению с фрезами по ГОСТу 8529—57

Применяемые новаторами¹ режимы резания при грубом и получистовом фрезеровании без охлаждения по отоженной поковке (без корки) приводятся ниже.

При обработке заготовки из легированной конструкционной стали с $\sigma_s = 90 \div 110 \text{ кг/мм}^2$, $v = 150 \text{ м/мин}$, $s_z = 0,1 \text{ мм/зуб}$ и $t = 5 \div 6 \text{ мм}$, при этом стойкость одной поверхности резца из Т15К6 $T = 60 \text{ мин}$.

¹ Надель А. Г и Карпов В. Т. Опыт работы торцовыми фрезами, оснащенными неперетачиваемыми многогранными пластинками из твердого сплава, ЛДТН, 1963.

дивая между торцом паз и ножом тонкие прокладки, можно применять ступенчатое расположение зубьев.

Торцовые фрезы с зачистными режущими кромками. При фрезеровании стали и чугуна при больших подачах на зуб на больших скоростях и высокой производительности при достаточной чистоте обработки рекомендуется применять торцовые сборные фрезы с зачистной торцовой кромкой зуба с вспомогательным углом в плане $\varphi_1 = 0$.

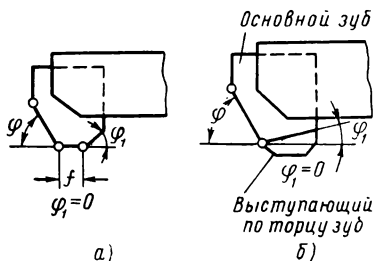


Рис. 57 Торцовые зачистные кромки:

а — нож торцовой фрезы с дополнительной режущей кромкой; *б* — торцовая фреза с выступающим зачистным ножом

При этом возможны два конструктивных решения формы торцовой кромки: *а*) когда торцовая кромка по длине $l \geq (2-3) s_0$ выполнена без вспомогательного угла в плане, т. е. когда $\varphi_1 = 0$ (рис. 57, *а*), в виде дополнительной режущей кромки; *б*) когда у одного или двух ножей торцовая кромка сделана выступающей на 0,06 мм по отношению к основным ножам, выполненным с вспомогательным

углом в плане $\varphi_1 = 5^\circ$. При этом торцовая кромка выступающего ножа выполняется с $\varphi_1 = -(15-20^\circ)$ при фрезеровании стали. Выступающий торцовый зуб служит для срезания шероховатостей, образованных на обработанной поверхности основными режущими кромками торцовой фрезы. Торцовые фрезы с зачистными кромками используют при срезании сравнительно небольших припусков, когда $t \leq s_0$.

Концевые фрезы

Концевые фрезы применяются для фрезерования плоскостей, уступов, пазов и криволинейных контуров по разметке и копире. По конструкции концевая фреза напоминает торцовую фрезу небольшого диаметра с хвостовиком.

Цельные концевые фрезы изготовляют с нормальным и крупным зубом из быстрорежущей стали по ГОСТу 8237—57 с криволинейным затылком по рис. 31, *б*. Концевые фрезы диаметром от 3 до 20 мм выполняют с цилиндрическим хвостовиком, а диаметром от 14 до 50 мм — с коническим. Фрезы с нормальным зубом имеют угол наклона винтовых канавок $\omega = 30^\circ$, крупнозубые фрезы имеют угол $\omega = 45^\circ$. Для уменьшения вибраций, возникающих при работе на больших глубинах резания, концевые фрезы изготовляют с неравномерным (угловым) шагом согласно табл. 28.

Исполнительные размеры концевых фрез по ГОСТу 8237—57 приведены в МН 409—65 ÷ МН 412—65 и для фрез с укороченным коническим хвостовиком в МН 4529—63 ÷ МН 4530—63.

Концевые фрезы с режущей частью по ГОСТу 8237—57, но предназначенные для *работы по копиру*, т. е. имеющие цилиндрическую направляющую часть на хвостовике, выполняются по МН 413—65, 414—65, 415—65, 417—65, а имеющие направляющий ролик — по МН 416—65.

Все концевые фрезы с режущей частью по ГОСТу 8237—57 являются результатом многолетней совместной работы новатора Героя Социалистического Труда В. Я. Карасева с новатором-фрезеровщиком Кировского завода И. Д. Леоновым.

Концевые фрезы с нормальным зубом предназначены для обработки стали различных марок. Фрезы с крупным зубом имеют большой объем стружечных канавок и предназначены в основном для обработки алюминиевых сплавов, латуни, меди и других цветных сплавов с хорошей обрабатываемостью. Фрезы с крупным зубом целесообразно применять также для обработки пазов в вязких сталях, так как при работе другими фрезами происходит запрессовка стружки в канавках. В тех случаях, когда уменьшение числа зубьев может быть скомпенсировано увеличением подачи на зуб, целесообразно эти фрезы применять и для обычных сталей.

Фрезы малого диаметра (3—14 мм) при работе на станках средних размеров обычно не вызывают вибраций, поэтому в таких случаях нет необходимости в применении фрез с неравномерным шагом зубьев. Если же работа выполняется на мелких фрезерных станках, то применение концевых фрез малого диаметра с неравномерным окружным шагом зубьев, как показывает опыт приборостроительных заводов, способствует значительному повышению производительности.

В качестве примера производительности концевых фрез по ГОСТу 8237—57 приводим в табл. 32 режимы резания, осуществленные на практике по данным В. Я. Карасева и А. Ш. Шифрина¹.

Концевые фрезы для обработки легких сплавов — двухзубые с цилиндрическим хвостовиком смотри в МН 1075—60 ÷ МН 1076—60; двухзубые и трехзубые с коническим хвостовиком смотри в МН 1077—60, МН 1079—60, МН 1080—60 и МН 1082—60.

Для обдирочных работ рекомендуется применять концевые фрезы с затывованными зубьями и винтовыми стружкоделительными канавками по ГОСТу 4675—59, так называемые *кукурузные* концевые фрезы (рис. 52, б), которые дают высокую производительность. Профиль стружкоделительных канавок приведен в табл. 31. Геометрия режущей части подобна таковой у цилиндрических фрез (см. стр. 106).

Под руководством Героя Социалистического Труда новатора В. Я. Карасева разработана конструкция концевых *кукурузных*

¹ Карасев В. Я. и Шифрин А. Ш. Высокопроизводительные фрезы с неравномерным окружным шагом. Сборник «Новое в инструментальном производстве», Лениздат, 1960, стр. 5—26.

Режимы резания при фрезеровании уступов концевыми фрезами по ГОСТу 8237—57
(фрезы из быстрорежущей стали Р9; охлаждение — эмульсией; стойкость $T = 60$ мин;
износ по задней поверхности $h_3 = 0,3 \div 0,4$)

Материал обрабатываемой заготовки	Диаметр фрез D в мм	Число зубьев z	Ширина фрезерования B в мм	Подача на один зуб s_z в мм/зуб	При глубине резания t в мм					
					До 3		До 5		До 10	
					v в м/мин	s в мм/мин	v в м/мин	s в мм/мин	v в м/мин	s в мм/мин
Сталь 45	14	4	20	0,05—0,1	60—40	310	45—30	230	—	—
	28	4	40	0,1—0,2	60—40	380	45—30	280	28—17	170
	50	6	60	0,15—0,25	70—50	440	50—35	320	30—22	200
Хромоникелевая сталь НВ 270	14	4	20	0,05—0,1	27—22	160	20—16	120	—	—
	28	5	40	0,1—0,2	25—20	180	20—16	140	14—11	105
	50	6	60	0,15—0,25	27—22	180	21—17	140	15—12	95
Жаропрочная сталь марки 1Х18Н9Т	14	4	20	0,05—0,1	48—35	265	43—31	240	—	—
	28	5	40	0,1—0,2	42—30	290	38—27	260	33—24	230
	50	6	60	0,1—0,25	44—35	290	40—30	260	34—27	230

Примечания: 1. При фрезеровании пазов в стали марки 45 рекомендуется скорость резания $v = 25 \div 30$ м/мин; $s_z = 0,1 \div 0,12$ мм/зуб.

2. При фрезеровании пазов в чугуне СЧ 18-36 $v = 15 \div 20$ м/мин, $s_z = 0,2 \div 0,3$ мм/зуб.

3. При фрезеровании пазов в деталях из алюминиевого сплава для фрез диаметром 36 мм и $z = 4$ рекомендуется $v = 160$ м/мин и $s = 950$ мм/мин.

фрез с остроконечными зубьями. Эти фрезы имеют увеличенный размер стружечных канавок вследствие уменьшенного количества зубьев и неравномерный окружной шаг. Исполнительные размеры фрез с торцовыми зубьями смотри в МН 3001—61, без торцовых зубьев в МН 3002—61. По данным фрезеровщиков-новаторов, эти фрезы производительнее, чем такие же фрезы с затылованными зубьями по ГОСТу 4675—59.

Концевые фрезы с напаянными винтовыми пластинками из твердого сплава (см. рис. 41)

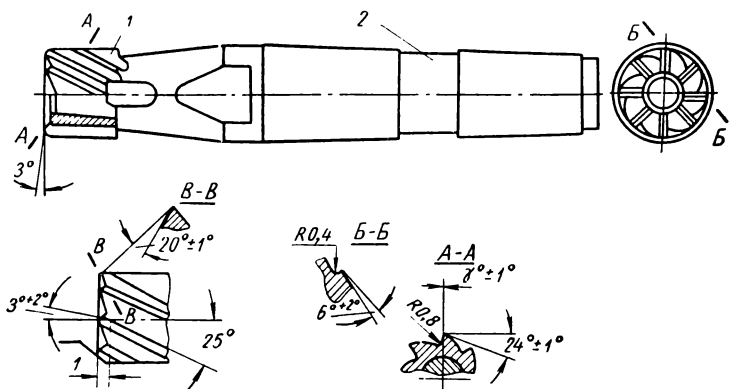


Рис. 58. Концевая фреза с коническим хвостовиком, оснащенная коронкой

диаметром 16, 20, 25, 32, 40 и 50 мм изготавливают по ГОСТу 8720—58. Конструкция режущей части этих фрез аналогична цилиндрическим фрезам с напаянными винтовыми пластинками. Исполнительные размеры фрез с цилиндрическим хвостовиком смотри в МН 4163—62, с коническим хвостовиком — в МН 4163—62, с коническим хвостовиком — в МН 4164—62, с резьбовым хвостовиком — в МН 4165—62.

Концевые фрезы с напаянными винтовыми пластинками из твердого сплава ВК8 для обработки нержавеющей сталей смотри в МН 1582—61, а для обработки легких сплавов — в МН 1083—60 ÷ МН 1087—60.

В последнее время применяют цельные твердосплавные насадные фрезы, называемые *коронками*. Коронку 1 надевают на коническую шейку оправки 2 и припаивают красной медью (рис. 58). ГОСТом 8720 предусмотрены фрезы концевые, оснащенные коронками, диаметром от 10 до 22 мм и шириной от 10 до 15 мм. Исполнительные размеры для фрез с цилиндрическим хвостовиком смотри в МН 4168—62, с коническим хвостовиком — в МН 4169—62 и с резьбовым хвостовиком — в МН 4170—62.

Твердосплавные концевые фрезы применяют для копировальных работ, так как стойкость их при обычных скоростях резания

во много раз превышает стойкость быстрорежущих концевых фрез, и таким образом *размерная точность* выполненных деталей получается выше при большем периоде между переточками.

Для обработки гравюр кузнечных штампов, кокилей, прессформ и т. п. на копировально-фрезерных станках применяют концевые фрезы со сферическим режущим концом и конусной периферийной режущей частью. Эти фрезы имеют часто напаянные винтовые пластинки из твердого сплава подобно изображенным на рис. 41.

Для фрезерования шпоночных канавок применяют шпоночные фрезы, которые подобны концевым с торцовыми зубьями, так как они работают с осевой подачей. Шпоночные фрезы из быстрорежущей стали по ГОСТу 9140—59 диаметром 2—20 мм изготавливают с цилиндрическим хвостовиком, диаметром 16—40 мм с коническим. Они имеют два режущих зуба с торцовой режущей кромкой. Эти фрезы имеют передний угол $\gamma = 20^\circ$, задний угол $\alpha_n = 6^\circ$, задний угол на торце $\alpha_1 = 16^\circ$; угол наклона винтовой канавки $\omega = 20 \div 25^\circ$. Исполнительные размеры смотри в МН 2994—61 и МН 2995—61.

Режущую часть концевых фрез изготавливают из быстрорежущей стали марки P18 или P9. Фрезы диаметром 10 мм и выше выполняют сварными. Хвостовик фрезы изготавливают из стали марки 45 и 50 или марки 40X. Твердость хвостовика должна быть не ниже *HRC 35*.

Шпоночные фрезы, оснащенные твердым сплавом, диаметром 8—16 мм изготавливают по ГОСТу 6396—59 с четырьмя режущими зубьями. Эти фрезы применяют для работы на шпоночно-фрезерных станках с маятниковой подачей. Передний угол фрез $\gamma = 0^\circ$, задний угол на торце $\alpha_1 = 15^\circ$. Исполнительные размеры смотри в МН 2996—61 и МН 2997—61.

Дисковые фрезы

Дисковыми фрезами называют неширокие фрезы, которые применяют для фрезерования уступов, пазов, квадратов, многогранников, лысок и других плоскостей на прямоугольных и круглых заготовках.

Цельные дисковые фрезы. Дисковые фрезы изготавливают с остrokонечными зубьями (рис. 59, а) по ГОСТу 3964—59 и с затылованными зубьями (рис. 59, б) по ГОСТу 8543—57 диаметром 50, 63, 80 и 100 мм и шириной от 3 до 16 мм. Эти фрезы применяют для фрезерования шпоночных канавок и точных пазов, поэтому их называют *пазовыми*. Пазовые фрезы имеют прямые зубья, после переточки фрезы не теряют размера по ширине. Затылованные пазовые фрезы имеют передний угол $\gamma = 10^\circ$, а задний α — в соответствии с величиной затылования. Пазовые фрезы с остrokонечными зубьями имеют передний угол $\gamma = 15^\circ$, задний угол $\alpha_n = 20^\circ$ и, кроме того, боковые стенки сошлифованы

к центру на угол $\alpha_1 = 1 \div 2^\circ$ для уменьшения трения о стенки паза. В МН 396—65 приведены исполнительные размеры пазовых фрез с остrokонечными зубьями, а в МН 397—65 — с затылованными.

Дисковые фрезы, имеющие зубья не только на цилиндрической, но и на одной торцовой поверхности, называют *двусторонними* (рис. 59, в), а имеющие зубья на обеих торцовых поверхностях — *трехсторонними* (рис. 59, г).

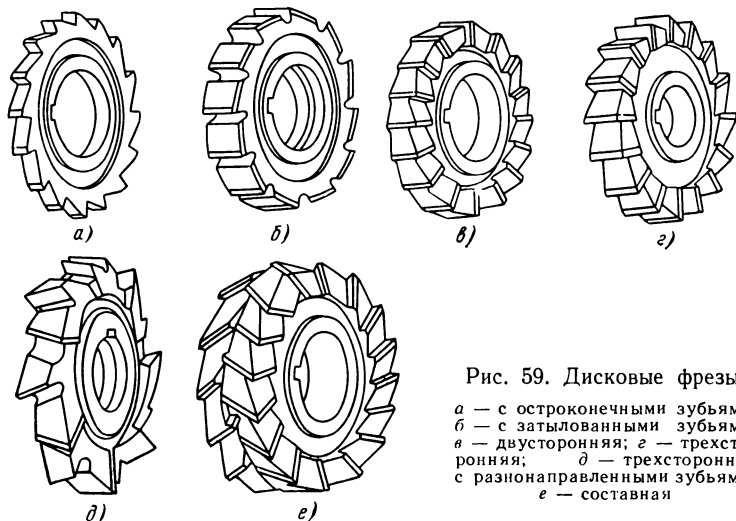


Рис. 59. Дисковые фрезы:

a — с остrokонечными зубьями;
b — с затылованными зубьями;
в — двусторонняя; *г* — трехсторонняя;
д — трехсторонняя с разнонаправленными зубьями;
e — составная

Трехсторонние дисковые фрезы изготовляют с остrokонечными зубьями по ГОСТу 3755—59 диаметром 50, 63, 80 и 100 мм и шириной 5, 6, 8, 10, 12, 14 и 16 мм. Они имеют прямые зубья с передним углом $\gamma = 15^\circ$, задним углом $\alpha_n = 20^\circ$ и задним углом на торце $\alpha_1 = 6^\circ$. Исполнительные размеры трехсторонних дисковых фрез даны в МН 395—65.

Трехсторонние дисковые фрезы для обработки легких сплавов изготовляют диаметром 63, 80 и 100 мм и шириной 6, 8, 10, 12, 14 и 16 мм. Исполнительные размеры смотри в МН 1091—60.

Двусторонние дисковые фрезы изготовляют диаметром 63, 80, 100 и 125 мм и шириной 8, 10, 12 и 14 мм с правым направлением стружечной канавки ($\omega = 20^\circ$) по МН 399—65 и левым направлением стружечной канавки по МН 400—65. Они имеют зубья с криволинейным затылком по рис. 31, б. Передний угол $\gamma = 15^\circ$, задний угол $\alpha_n = 16^\circ$ и задний угол на торце $\alpha_1 = 6^\circ$.

Трехсторонние дисковые фрезы для черновой обработки изготовляют с крупными *разнонаправленными зубьями* (рис. 59, д). Разнонаправленные зубья дисковой фрезы работают спокойно подобно винтовым зубьям цилиндрической фрезы. Их изготовляют

по ГОСТу 9474—60 с мелким, нормальным и крупным остроконечным зубом диаметром 63, 80, 100 и 125 мм и шириной 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20 и 22 мм. Угол наклона стружечных канавок $\omega = 10^\circ$ для фрез с мелким зубом и $\omega = 15^\circ$ для фрез с нормальным и крупным зубом. Передний угол $\gamma = 15^\circ$; задний угол $\alpha_n = 16^\circ$; задний угол на торце $\alpha_1 = 6^\circ$.

Исполнительные размеры трехсторонних дисковых фрез с разнонаправленными зубьями и неравномерным окружным (угловым)

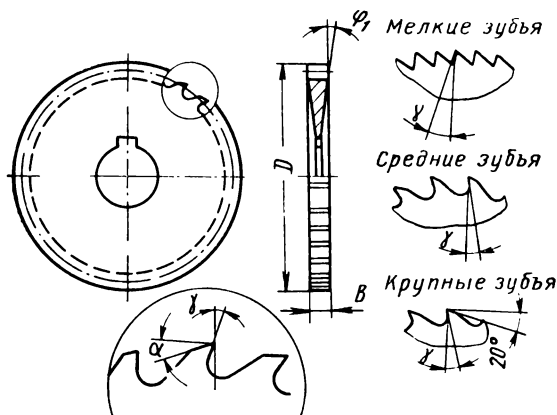


Рис. 60. Фреза прорезная (шлицевая) и отрезная

шагом с крупными зубьями приведены в МН 394—65. Исполнительные размеры трехсторонних дисковых фрез с разнонаправленными зубьями — в МН 5605—64, а с нормальными зубьями — в МН 5342—64.

Так как дисковые трехсторонние фрезы изготовляют с остроконечными зубьями, то при первой же заточке торцовых зубьев ширина фрезы уменьшается. Для сохранения необходимой ширины трехсторонних дисковых фрез их делают *составными* с перекрывающимися друг друга зубьями (рис. 59, е), что позволяет регулировать их. В разъем такой составной фрезы для этой цели вставляют прокладки из стальной или медной фольги. В МН 398—65 даны исполнительные размеры составных (регулируемых) дисковых трехсторонних фрез диаметрами 63, 80, 100 и 125 мм и шириной 12, 14, 16, 18, 20 и 24 мм.

Тонкие дисковые фрезы, не имеющие торцовых зубьев, называют *прорезными* (шлицевыми) и *отрезными* (рис. 60). Прорезные (шлицевые) и отрезные фрезы изготовляют по ГОСТу 2679—61 с *мелким зубом* диаметром 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200 и 250 мм и шириной 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3; 4 и 5 мм, со *средним* (нормальным) зубом диаметром 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200 и 250 мм и шири-

ной 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3; (3,5); 4; (4,5) и 5 мм и с *крупным зубом* тех же диаметров и шириной 1, 1,2; 1,6; 2, 2,5; 3, (3,5) и 4, (4,5) и 5 мм.

Фрезы с мелкими и средними зубьями имеют передний угол $\gamma = 0^\circ$ при ширине фрез до 0,5 мм; $\gamma = 5^\circ$ при ширине фрез от 0,6 до 3 мм и $\gamma = 10^\circ$ при ширине свыше 3 мм; фрезы с крупным зубом имеют передний угол $\gamma = 5^\circ$ при ширине фрез до 3 мм и $\gamma = 10^\circ$ при ширине свыше 3 мм. Задний угол $\alpha_n = 20^\circ$ для фрез с крупным зубом.

Фрезы со средними и мелкими остроконечными зубьями применяют для разрезания тонких заготовок, тонкостенных труб, для прорезания неглубоких шлицев в головках винтов, а с крупными зубьями — для прорезания глубоких и узких пазов и для отрезных работ. Прорезные и отрезные фрезы имеют вспомогательный угол в плане φ_1 , равный 5—30' для уменьшения трения о стенки пропила.

Для большей стойкости отрезных фрез рекомендуется снимать через зуб фаски на уголках режущих кромок зубьев при ширине фрезы свыше 2 мм. Такая заточка уменьшает трение срезаемой стружки о стенки паза и обеспечивает лучшее направление фрезы. Отрезные фрезы для обработки легких сплавов нормализованы по МН 1095—60.

Сборные дисковые фрезы. Фрезы дисковые трехсторонние сборные с вставными ножами из быстрорежущей стали изготовляют по ГОСТу 1669—59 диаметром 80, 100, 125, 160, 180, 200, 224, 250 и 315 мм и шириной 12, (14), 16, (18), 20, (22), 25, 28, 32, 36, 40 и 50 мм. Фрезы имеют разнонаправленные зубья. Крепление вставных ножей производят по рис. 36. Геометрия режущей части: передний угол $\gamma = 15^\circ$; задний $\alpha_n = 12^\circ$ и угол наклона ножей $\omega = 10^\circ$. Исполнительные размеры даны в МН 5518—64.

В. Я. Карасев предложил выполнять эти дисковые фрезы с увеличенным углом наклона $\omega = 20^\circ$, с меньшим числом зубьев, с неравномерным угловым шагом и большими размерами стружечных канавок. Неравномерность шага характеризуется разностью 6° в величине углов между соседними зубьями. Число зубьев уменьшено в 2 раза. Режим резания, достигнутый при работе модернизированными фрезами по предложению В. Я. Карасева, приведен в табл. 33.

Фрезы дисковые трехсторонние сборные с вставными ножами из пластинок твердого сплава (рис. 61) изготовляют по ГОСТу 5348—60 диаметром 100, 125, 160, 180, 200, 224, 250 и 315 мм и шириной 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36 и 40 мм. Фрезы имеют разнонаправленные зубья. Крепление вставных ножей производят по рис. 38. Геометрия режущей части дана в табл. 10. Исполнительные размеры приведены в МН 998—60.

Режимы резания при фрезеровании плоскостей и уступов дисковыми трехсторонними сборными фрезами по ГОСТу 1669—59 с измененной геометрией по предложению В. Я. Карасева (износ по задней поверхности $h_3 = 0,3 \div 0,4$ мм, материал режущей части — быстрорежущая сталь Р9; охлаждение эмульсией)

Материал обрабатываемой заготовки	Диаметр фрезы D в мм	Число зубьев z	Ширина фрезерования B в мм	Подача на один зуб s_z в мм	Глубина резания t в мм					
					До 10		До 20		До 30	
					v в м/мин	s в мм/мин	v в м/мин	s в мм/мин	v в м/мин	s в мм/мин
Сталь 40—45	80	8	6	0,1	55	190	37	125	—	—
	100	12	6	0,2	42	280	28	195	22	150
	160	14	8	0,3	37	330	25	220	19	170
Хромоникелевая сталь НВ 320	80	8	6	0,1	20	70	18	60	—	—
	100	12	6	0,2	16	110	14	100	12	85
	160	14	8	0,3	14	126	12	100	10	90
Жаропрочная сталь марки 1Х18Н9Т	80	8	6	0,1	19	65	17	58	—	—
	100	12	6	0,2	19	130	17	115	16	117
	160	14	8	0,3	17	152	15	155	14	128

Фрезы дисковые трехсторонние сборные для обработки легких сплавов изготовляют тех же размеров по МН 1092—60 и МН 1094—60.

Фрезы дисковые двусторонние сборные со вставными ножами из пластинок твердого сплава (рис. 62) изготовляют по ГОСТу 6469—60 теми же диаметрами, что и трехсторонние, и шириной 18, 20, 22, 25, 28 и 32 мм. Различают фрезы с правым и левым наклонами ножей. Крепление вставных ножей производят по рис. 38. Геометрия режущей части дана в табл. 10. Исполнительные размеры приведены в МН 999—60.

Фрезы дисковые двусторонние сборные для обработки легких сплавов изготовляют тех же размеров по МН 1093—60 и МН 1094—60.

Для скоростного фрезерования пазов и скоростного разрезания металла инж. Н. П. Чернов предложил конструкцию сборных дисковых фрез со ступенчатым расположением зубьев. На рис. 63 показана такая прорезная фреза, оснащенная пластинками из твердого сплава. Фреза имеет четыре торцовых зуба b , выступающих по сторонам корпуса. Все остальные зубья по ширине равны толщине корпуса фрезы; эти зубья разбиты на две группы: средние высокие a и средние низкие b .

Заточка зубьев выполнена так, что каждый из зубьев своей группы снимает часть параметра прорези. Средние высокие зубья a

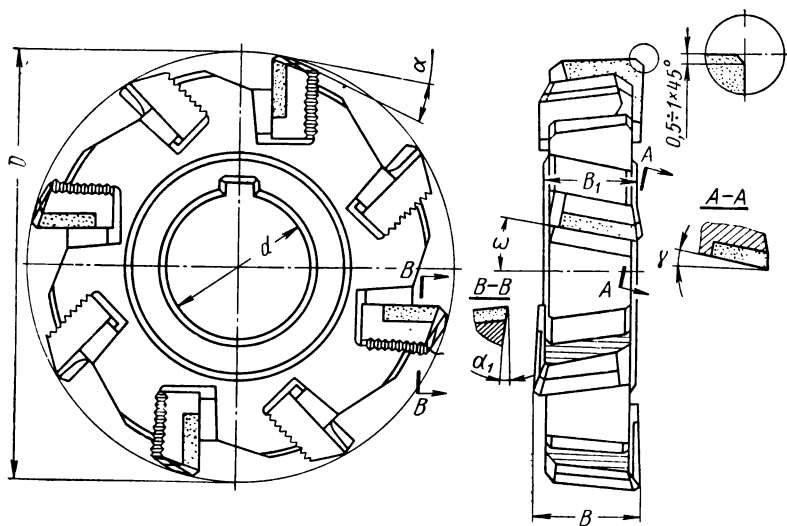


Рис. 61. Фреза дисковая трехсторонняя сборная со вставными ножами, оснащенными твердым сплавом (по ГОСТу 5348—60)

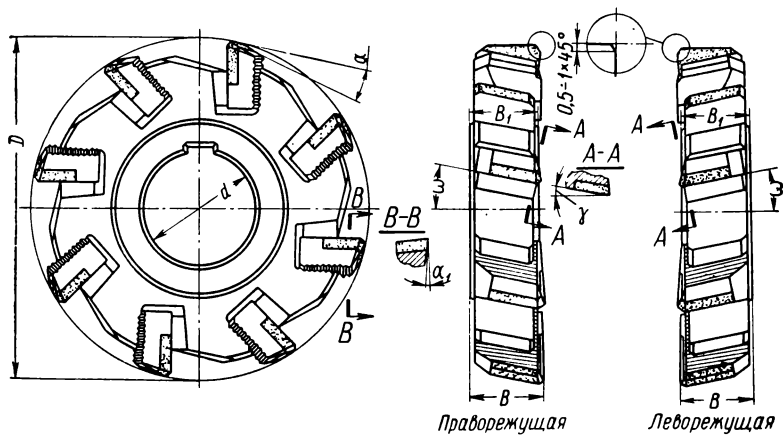


Рис. 62. Фреза дисковая двусторонняя сборная со вставными ножами, оснащенными твердым сплавом (по ГОСТу 6469—60)

работают только вершиной, так как фаски их занижены и не участвуют в резании, средние низкие зубья b работают только фасками, так как у них занижена вершина, у торцовых зубьев β

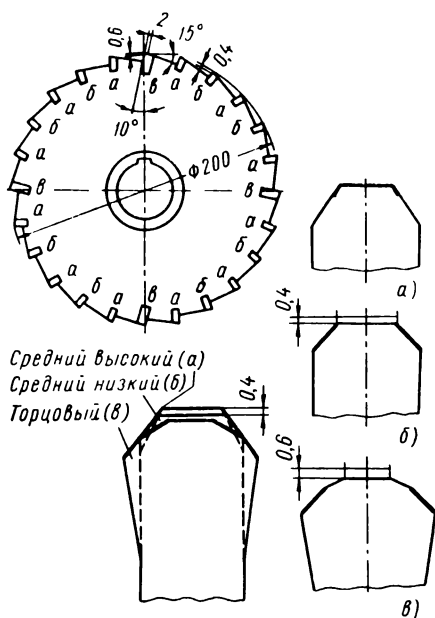


Рис. 63. Прорезная сборная фреза для скоростного резания конструкции инж. Н. П. Чернова

по МН 2107—61. Для снятия скосов применяют угловые дисковые фрезы односторонние: правые (по МН 403—65) и левые (по МН 404—65). Они имеют диаметр 80, 100 и 125 мм и угол $\theta=30, 40, 45, 50$ и 60°

Д в у х у г л о в о й называют фрезу, у которой вторая режущая кромка также наклонна. Различают фрезы двухугловые *симметричные* (рис. 64, б) и *несимметричные* (рис. 64, в). Угол наклона δ второй кромки несимметричной двухугловой фрезы обычно равен 15, 20 или 25°

Угол θ двухугловой несимметричной фрезы выполняют равным от 55 до 100° с интервалом через 5° ; угол θ двухугловой симметричной фрезы принимают от 30 до 100° с интервалом через 5° . Диаметры симметричной двухугловой фрезы 63, 80 и 100 мм; несимметричной 40, 50, 63 и 100 мм. Исполнительные размеры двухугловых симметричных фрез приведены в МН 405—65; несимметричных — в МН 2109—61.

Фрезы для фрезерования канавок между зубьями фасонных затылованных фрез (рис. 64, г) бывают одно- и двух-

занижены вершина и верх фасок. Каждый зуб фрезы имеет симметричные режущие кромки, поэтому никаких боковых нагрузок тонкий корпус прорезной фрезы не испытывает. Узкая расчлененная стружка легко выбрасывается из паза и не забивает впадины между зубьями фрезы. Дисковые ступенчатые фрезы могут работать на немодернизированных станках при скоростных режимах резания.

Угловые фрезы

Одноугловые фрезы (рис. 64, а) применяют для фрезерования прямых канавок на фрезах и других инструментах. Они изготавливаются диаметром 40, 50, 63 и 80 мм. Различают одноугловые фрезы, имеющие угол $\theta=45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 105$ и 120° ; их изготавливают

угловыми. Их изготавливают диаметром 63 и 80 мм с углами $\theta = 18, 22, 25, 30$ и 40° по МН 2108—61

Угловые фрезы изготавливают с остроконечными зубьями. Материалом для фрез служат легированная и быстрорежущая стали.

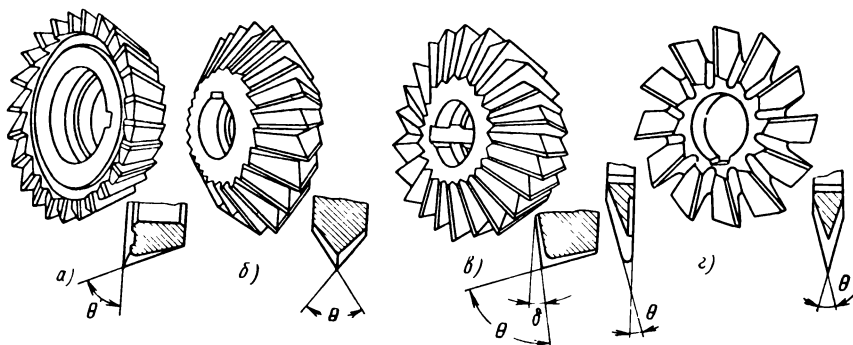


Рис. 64. Угловые пасадные фрезы

В литературе имеются сведения о применении угловых фрез большого диаметра с напаянными пластинками из твердого сплава¹,

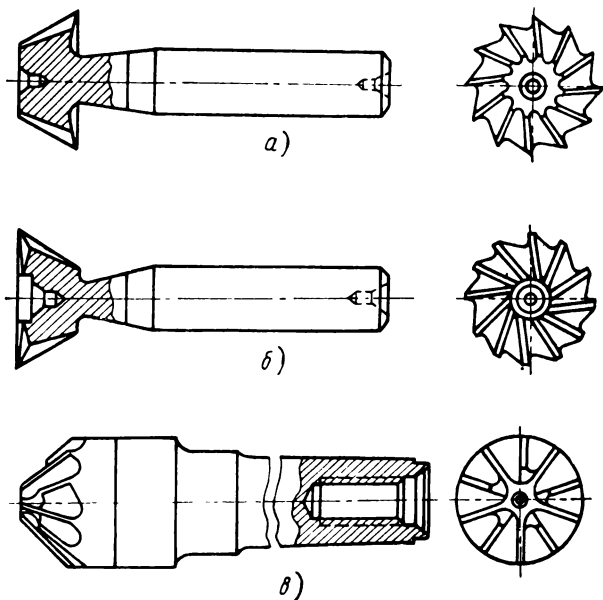


Рис. 65. Угловые концевые фрезы:

а — одноугловая; б — для пазов «Ласточкин хвост»; в — для снятия фасок

а угловые фрезы диаметром до 32 мм изготавливают цельными из твердого сплава по типу приведенных в табл. 34.

¹ Fr. D r a b e k. Frezy. SNTL, Praha, 1961.

Основные размеры цельных фрез из твердого сплава фрез

Параметры фрезы	Ковочные для сверл				Модульные для зубчатых колес			
	эскиз а				эскиз б			
Наружный диаметр D в мм	16	8	22	32	9	12	16	
Ширина H в мм	1,89	2,56	3,2	4,5	2	2	2	
Диаметр отверстия d в мм	6	6	8	12	3,5	5	5	
Число зубьев z	12	12	12	16	12	12	12	
Диаметр сверла в мм	1,5—2,25	2,25—3	3—4	4—6	—	—	—	
Модуль в мм	—	—	—	—	До 0,1	0,1—0,2	0,2—0,3	
Параметры фрезы	Дисковые							
	эскиз б							
Наружный диаметр D в мм	5	6	7	8	10	15	20	22
Ширина H в мм	0,3—1	0,3—1	0,5—1	0,5—1	0,5—2	0,5—2	0,5—2	0,5—3
Диаметр отверстия d в мм	1,5	2	2,5	2,5	2	5	7	8
Число зубьев z	4	4	4	4	3	6—10	6—10	8—10
Диаметр сверла в мм	—	—	—	—	—	—	—	—
Модуль в мм	—	—	—	—	—	—	—	—

Угловые концевые фрезы (рис. 65, а) изготовляют по МН 406—65 диаметром 10, 16 и 25 мм и углом $\theta = 55, 60, 65, 70, 75, 80$ и 85° ; угловые концевые фрезы для пазов «ласточкин хвост» (рис. 65, б) изготовляют по МН 407—65 диаметром 10, 16 и 25 мм и углом, соответствующим нормализованным размерам паза; угловые концевые фрезы для снятия фасок (рис. 65, в) изготовляют по МН 408—65 диаметром 20, 32 и 40 мм и углами, равными $60, 90$ и 120° .

Фасонные фрезы

Цельные фасонные фрезы изготовляют полукруглой выпуклой и полукруглой вогнутой формы по ГОСТу 9305—59 диаметром 50, 63, 80, 100 и 125 мм и шириной 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20 и 24 (выпуклые) и 7, 8, 10, 12, 14, 18, 22, 28, 35, 40 и 48 мм

(вогнутые) и радиусами $R = 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16$ мм. Исполнительные размеры приведены в МН 5909—64 и МН 5910—64.

Для облегчения условий резания режущий профиль фрез выполняется по окружности только на углах, равных 80° , в обе стороны от осевой линии. Другие фасонные фрезы не стандартизованы и изготавливаются по ведомственным нормальям. На рис. 66 приведены некоторые типы фасонных фрез.

Материалом для изготовления фасонных фрез служат углеродистые и легированные инструментальные и быстрорежущие стали.

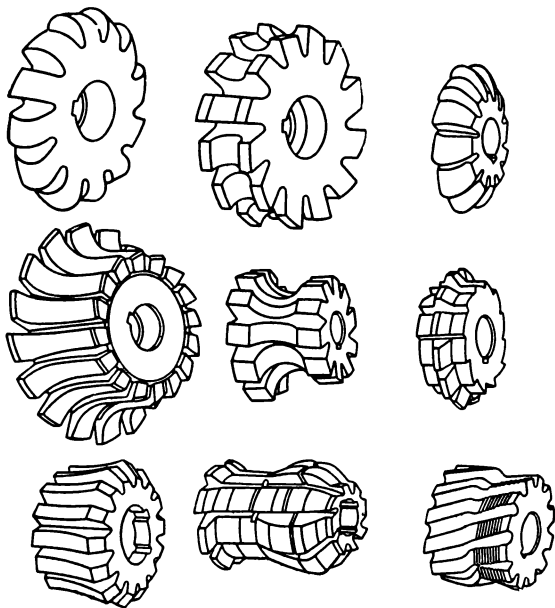


Рис. 66. Фасонные фрезы

Для сохранения профиля фрезеруемых поверхностей после многократных переточек фасонные фрезы имеют прямые затылованные зубья по архимедовой спирали или по прямой. Расчет величины затылования, корригирования профиля при изготовлении фрез с передним углом $\gamma > 0$ или в случае винтовых зубьев приводится в специальной литературе.

Сборные фасонные фрезы изготавливают со вставными ножами из быстрорежущей стали или пластинок из твердого сплава. Крепление ножей аналогично дисковым сборным фрезам. Геометрия режущей части за исключением того, что передняя поверхность выполняется радиальной, аналогична ножам соответствующих сборных фрез.

Твердосплавные сборные фасонные фрезы широко применяют в наборах фрез.

Цельнотвердосплавные малогабаритные фасонные фрезы

Отечественные заводы выпускают цельнотвердосплавные малогабаритные фасонные фрезы (табл. 34) типа А для фрезерования канавок спиральных сверл диаметром до 4,5 мм; типа В для фрезерования мелкозубчатых колес, применяемых в приборостроении; типа С для обработки коллекторов электродвигателей и фрезерования шлицев. Задние поверхности зубьев фрез типов А и В шлифуют по архимедовой спирали. Заточка и переточка фрез типа В производятся по передней поверхности для сохранения профиля фрезы до ее износа. Переточка фрез типа А осуществляется по задней поверхности с помощью специального копирующего приспособления.

Форма зубьев фрезы типа С соответствует форме прорезных фрез из быстрорежущей стали. Заточка и переточка фрез осуществляются общепринятыми способами.

Для сокращения времени, а также повышения качества затачиваемых поверхностей для заточки и переточки фрез рекомендуется применять алмазные круги.

Материал фрез: твердый сплав ВК6М для фрез типов А и В и твердый сплав ВК15 для фрез типа С.

Наборы фрез

Для повышения производительности труда при обработке на фрезерных станках поверхностей сложной формы применяют наборы и комплекты фрез.

Набором называется группа фрез, подобранных по форме и размерам и установленных на общей оправке для одновременной обработки ряда поверхностей одной или нескольких заготовок.

Комплектом называется группа самостоятельно действующих фрез, закрепляемых на разных шпинделях станка и одновременно обрабатывающих разные поверхности одной или многих заготовок, расположенных на столе станка.

На рис. 67, а показан набор из семи фрез для обработки каретки из серого чугуна на консольном горизонтально-фрезерном станке мод. 6Н82Г, а на рис. 67, б — два набора из трех фрез каждый для обработки направляющих станины токарного станка на двустороннем продольно-фрезерном станке (Дуплекс).

В состав набора фрез входят: 1) фрезы, комплектуемые в зависимости от формы, размеров и расположения обрабатываемых поверхностей; 2) кольца, устанавливающие размерную связь между фрезами набора и служащие для закрепления фрез на оправке; 3) оправка, служащая для закрепления набора фрез на станке.

Наборы фрез, представляя комбинированный инструмент, образуемый в результате соединения в единой конструкции нескольких нормальных инструментов, позволяют обрабатывать одновременно

несколько поверхностей и этим значительно увеличивать производительность труда по сравнению с нормальным инструментом.

Применение наборов фрез дает следующие преимущества.

1. Сокращается время обработки и повышается производительность труда в результате сокращения числа операций и переходов при одновременной обработке нескольких поверхностей.

2. В результате одновременной обработки ряда поверхностей детали с одной установки увеличивается точность взаимного расположения поверхностей и осевых размеров, обеспечивается стабильное качество деталей и их взаимозаменяемость, что особенно важно при серийном и массовом характере производства.

3. Создается возможность обработки деталей, состоящих из сложных и широких профилей.

4. Улучшается использование станка по мощности и сокращается количество необходимого оборудования на данную программу деталей.

Вследствие этих преимуществ наборы фрез применяют во всех отраслях машиностроения для обработки самых разнообразных деталей машин.

Недостатком применения наборов является трудность комплектования при поломке одной фрезы и сложность заточки наборов, включающих фасонные фрезы.

Наиболее эффективно применяют наборы фрез в среднем и точном машиностроении, а также в приборостроении, где характерно наличие большого числа мелких и точных деталей с большим количеством сопрягаемых поверхностей прямолинейного и фасонного профилей. В этих отраслях машиностроения объем фрезерных работ бывает весьма большим, достигая 20% от общего объема обработки резанием.

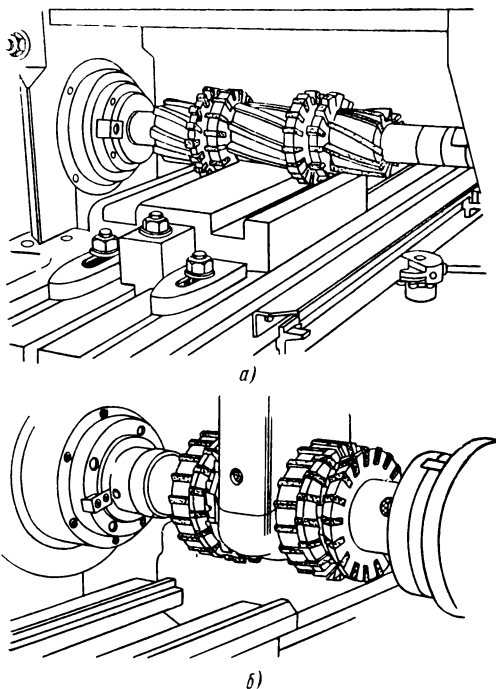


Рис. 67. Наборы фрез для обработки:
а — каретки; б — станины токарного станка

Выдающиеся достижения и почти все производственные рекорды лучших фрезеровщиков основаны на прогрессивном принципе одновременной обработки нескольких поверхностей у нескольких деталей. Это достигается совместным применением наборов фрез и многоместных приспособлений.

Выше было показано фрезерование набором из девяти фрез трех деталей в многоместном приспособлении (см. рис. 2).

Сочетание наборов твердосплавных фрез с применением многоместных приспособлений для закрепления деталей создает все предпосылки для построения рациональной технологии фрезерных операций.

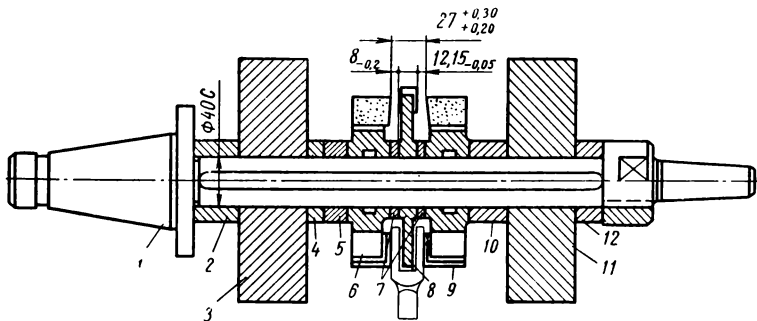


Рис. 68. Набор твердосплавных фрез для обработки щек и прорези вилки

На рис. 68 изображен набор твердосплавных фрез для обработки щек и прорези вилки. Набор состоит из двух дисковых двусторонних фрез 6 и 9 (правой и левой), обрабатывающих щеки, и одной дисковой трехсторонней фрезы 8 шириной 12, 15 мм для обработки паза. В набор входят оправка 1, промежуточные кольца 2, 4, 5, 7, 10 и 12 различной ширины и два массивных маховика 3 и 11. Наличие маховиков на оправке снижает неравномерность вращения шпинделя, смягчает удары в звеньях привода и тем самым предохраняет твердосплавные пластины от выкрашивания.

Использование рассмотренного набора для фрезерования вилки позволило сократить время на выполнение операции. В табл. 35 дано сопоставление режимов резания при работе обычным и твердосплавным набором фрез.

Значительная глубина резания $t = 33$ мм и большая ширина паза $B = 12$ мм не допускают работы с большими подачами. Однако даже при подаче на зуб, равной 0,03 мм, как видно из табл. 35, основное время сократилось в 4 раза, а полное время обработки — почти в 2 раза.

На рис. 69 показана схема обработки набором из четырех дисковых сборных твердосплавных фрез проушины в детали, изготовленной из конструкционной легированной стали с $\sigma_s = 120$ кг/мм².

Сравнительная характеристика режимов резания при фрезеровании вилок

Материал режущей части фрез	Диаметр фрезы		Число зубьев фрезы		Число оборотов в минуту	Скорость резания v в м/мин	Подача на зуб s_z в мм/зуб	Подача s_m в мм/мин	Глубина резания t в мм	Основное время T_0 в мин	Полное время операции $T_{ш}$ в мин
	двусторонней	трехсторонней	двусторонней	трехсторонней							
При работе быстрорежущими фрезами											
Сталь Р18	128	130	18	16	75	30,4	0,02	25	33	2,2	3,6
После перехода на скоростное фрезерование											
Твердый сплав Т15К6	136	140	8	8	425	186,8	0,03	100	33	0,55	1,97

Режим резания: $v = 130$ м/мин, $s_z = 0,07$ мм/зуб, $t = 90$ мм, припуск на обработку 4 мм на сторону. Время обработки составляет 45 сек. До внедрения твердосплавного набора фрез эта деталь обрабатывалась быстрорежущими фрезами с затратой времени 5,5 мин.

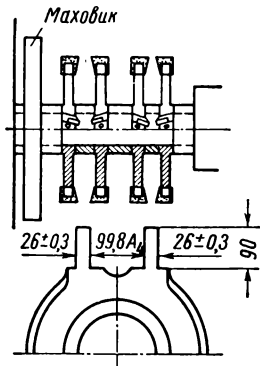


Рис. 69. Схема фрезерования двойной проушины набором из четырех твердосплавных дисковых фрез

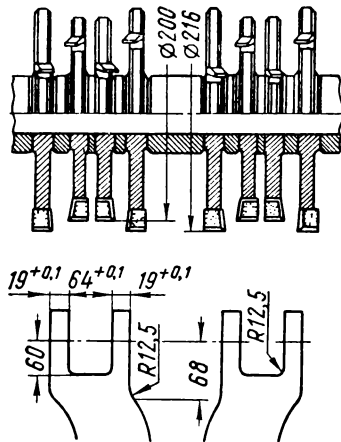


Рис. 70. Схема одновременного фрезерования двух деталей с двойной проушиной набором из восьми твердосплавных фрез

На рис. 70 показана схема одновременной обработки набором из восьми твердосплавных дисковых фрез двух проушин (состоящих каждая из паза шириной $64^{+0,1}$ мм и двух боковых стенок) в деталях, изготовленных из конструкционной легированной стали

с $\sigma_a = 130 \text{ кг/мм}^2$. Режим фрезерования: $v = 100 \text{ м/мин}$; $s_z = 0,04 \text{ мм/зуб}$; $t = 100 \text{ мм}$; припуск на обработку 5 мм на сторону. Время обработки 1 мин .

Для повышения жесткости оправок, применяемых при скоростном фрезеровании, их необходимо делать возможно короткими и наибольшего диаметра. На Кировском заводе для всех наборов твердосплавных фрез посадочный диаметр оправки принят равным 40 мм вместо диаметра 32 мм , нормализованного на заводе для наборов быстрорежущих фрез.

Успешная эксплуатация наборов твердосплавных дисковых фрез при скоростных режимах возможна лишь при своевременной смене набора при затуплении инструмента.

Особенно следует наблюдать за износом узких дисковых фрез, фрезерующих пазы или прорезы. Такие фрезы при затуплении быстро выходят из строя, а это приводит к значительным затратам времени на наладку набора.

При работе фрезами, затупленными сверх допустимых пределов, возможны также и неполадки, связанные с поломкой станка.

Е. Ф. Савич, широко внедривший наборы твердосплавных фрез на Кировском заводе, рекомендует для дисковых фрез величину допустимого износа по задней поверхности $h_z = 0,3 \div 0,5 \text{ мм}$.

Рациональная эксплуатация наборов фрез требует соблюдения определенных условий.

1. Вследствие объединения ряда поверхностей для одновременной обработки набором фрез повышается использование оборудования по мощности. При этом следует иметь в виду, что мощность и силы возрастают, однако они не должны превышать величин, допустимых для станка, во избежание аварий и поломок.

2. При назначении поверхностей для одновременной обработки, расположенных на одной или нескольких деталях, надо стремиться к возможно большей компактности в их расположении, чтобы не создавать наборов с большими габаритными размерами.

3. При одновременной обработке деталей с уступами необходимо избегать большой разницы в диаметрах фрез. Практически приемлемо отношение диаметра наибольшей фрезы к диаметру наименьшей, равное $1,5$.

4. При обработке с большими глубинами резания необходимо вводить раздельное фрезерование черновыми и чистовыми наборами, что одновременно увеличивает точность обработки.

5. При обработке нежестких и легко деформируемых деталей не следует назначать фрезы с широким режущим профилем, так как при этом легко могут быть искажены размеры детали, а иногда может произойти поломка тонких деталей.

6. При обработке деталей наборами фрез необходимо обеспечить более прочную конструкцию зажимных приспособлений и достаточную жесткость крепления.

7. При назначении скоростей резания следует исходить из наибольшего диаметра фрезы; таким образом, фрезы с меньшими диаметрами работают при несколько заниженных режимах резания.

8. При комплектовании набора в целях уменьшения его стоимости следует стремиться назначать стандартные и нормальные фрезы.

9. Для обеспечения точности набора и, следовательно, точности обработки следует набор фрез устанавливать по шаблонам, комплектование выполнять с применением установочных и компенсационных колец, заточку фрез производить на постоянной рабочей оправке.

10. В целях сокращения подготовительно-заключительного времени необходимо наборы фрез хранить в комплектном и исправном состоянии в инструментальных кладовых.

3. ЗАКРЕПЛЕНИЕ ФРЕЗ

Базирующие поверхности для крепления

Для правильного крепления фрезы независимо от того, является ли она насадкой или хвостовой, необходимо знать тип и номер конуса гнезда шпинделя своего станка и базирующие (крепительные) размеры переднего конца (носа) шпинделя.

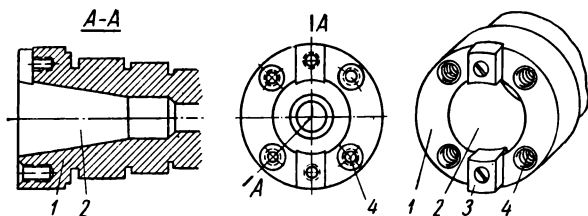


Рис. 71. Передний конец шпинделя отечественных фрезерных станков

Размеры конуса гнезда и носа шпинделя фрезерных станков стандартизованы ГОСТом 836—62 и поэтому концевые фрезы и фрезерные оправки, изготовленные со стандартным хвостовиком, а также сборные фрезы со стандартным посадочным отверстием обязательно подойдут к этим станкам.

Наиболее ходовые модели отечественных станков имеют конец шпинделя № 2 или № 3.

Передние концы шпинделей фрезерных станков, изготавливаемых в США, выполнены по американскому стандарту Конус № 40 этого стандарта соответствует конусу № 2 по ГОСТу 836—62 и соответственно конус № 50 — конусу № 3 по ГОСТу 836—62. Передние концы шпинделей фрезерных станков, выполненных в ГДР, имеют конусы Морзе или метрические по DIN № 2201.

Новые модели фрезерных станков ГДР, Чехословакии, Венгрии, Польши и капиталистических стран имеют конец шпинделя с конусом по Международному стандарту (ISA), аналогичному ГОСТу 836—62.

На рис. 71 изображен эскиз переднего конца шпинделя отечественных фрезерных станков. Внутренний конус 2, в который вставляют хвостовик инструмента, выполнен очень крутым (конусность 7/24) для лучшего центрирования. Вращение инструменту передается поводками (шипами) 3, вставленными в пазы в торце шпинделя и привернутыми винтами. Инструмент, который насаживают непосредственно на фланец 1 и центрируют (базируют) цилиндрической заточкой переднего конца (носки), крепят четырьмя винтами, ввертываемыми в отверстия 4.

Закрепление насадных фрез

Насадные фрезы устанавливают на оправки, закрепляемые в шпинделе станка.

На рис. 72 показаны оправки, имеющие конусный хвостовик 1, который соответствует коническому гнезду переднего конца шпинделя отечественных фрезерных станков и центрируется в нем. Выемки 2 во фланце оправки надевают на поводки (шпы) в торце шпинделя.



Рис. 72. Фрезерные оправки:

а — центровая длинная; б — центровая короткая;
в — концевая

Оправка, показанная на рис. 72, а, предназначена для закрепления фрез, работающих при больших силах резания. Она имеет большую длину, позволяющую устанавливать добавочную подвеску хобота в середине оправки. Оправка, показанная на рис. 72, б, предназначена для более легких работ.

Оправки, показанные на рис. 72, а и б, называют *центровыми*. Один конец центровых оправок устанавливают в коническом гнезде шпинделя, а другой поддерживают подшипником серьги.

Оправку, показанную на рис. 72, в, называют *концевой*, так как один ее конец устанавливают в коническом гнезде шпинделя, а на другой конец устанавливают насадную торцовую фрезу, которая работает вместе с оправкой, как концевая фреза.

Ц е н т р о в ы е о п р а в к и. Конец центровых оправок, поддерживаемый серьгой, выполняют с **цилиндрической цапфой**

(рис. 73, *а*) или с вращающейся поддерживающей втулкой (буксой) по рис. 73, *б*. Как видно из рис. 73, в комплект центровой оправки входят собственно оправка 1, набор колец 2, кольцо с накаткой 3, буква 4 и гайка 5. Промежуточные исполнительные размеры центровых оправок с конусом Морзе и конусностью 7 : 24 (по ГОСТу 836—62) с цилиндрической цапфой приведены в МН 30—64 и МН 28—64; с вращающейся втулкой (буксой) — в МН 31—64 и МН 29—64.

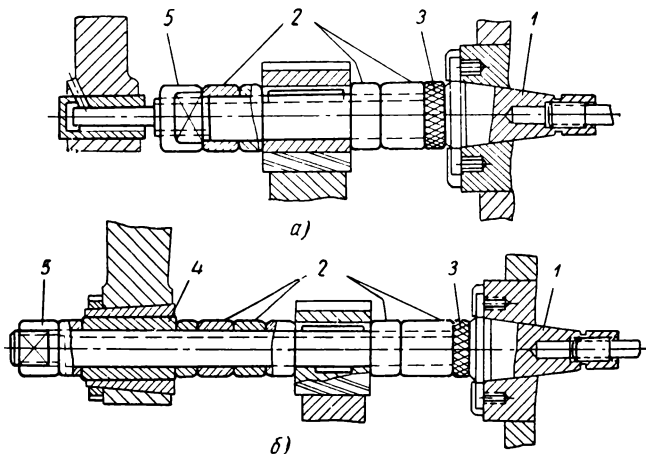


Рис. 73. Центровые оправки:

а — с цилиндрической цапфой; *б* — с вращающейся поддерживающей втулкой

Промежуточные кольца к оправкам изготовляют *точными* шириной от 1 до 10 мм по МН 34—64, а именно 1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2; 3; 5; 8; 10 мм и *нормальными* шириной 8, 10, 15, 20, 30, 40 и 50 мм по МН 33—64. Допуск на ширину *В* для точных колец по *С*, для нормальных по *Х₃*.

При помощи промежуточных колец фрезы могут быть расположены на оправке на заданном расстоянии друг от друга и от фланца оправки. Точные промежуточные кольца применяют для комплектования набора фрез.

На рис. 74 показано промежуточное распорное регулируемое кольцо конструкции ОРГСТАНКИНПРОМА, предназначенное для применения при фрезеровании наборами фрез. Оно позволяет без съема фрез с оправки обеспечить требуемое расстояние между ними с точностью 0,01 мм в диапазоне 5 мм, что заменяет необходимость применения точных установочных колец. Регулирование расстояния между фрезами 4 осуществляется поворотом с помощью ключа 5, регулируемого промежуточного кольца 6, имеющего лимб с ценой деления 0,01 мм. Предварительная (грубая) уста-

новка фрез производится с помощью промежуточных колец 3. Исполнительные размеры промежуточных распорных регулируемых колец приведены в МН 5551—64.

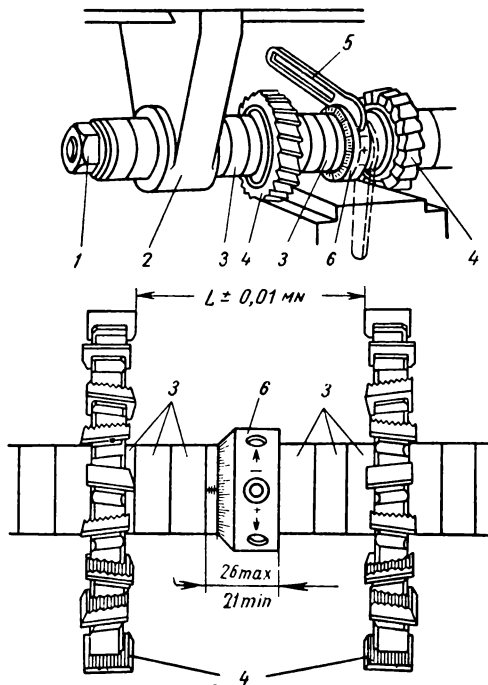


Рис. 74. Настройка набора фрез при помощи регулируемого распорного кольца:

1 — гайка; 2 — серьга; 3 — промежуточные кольца; 4 — фрезы; 5 — ключ; 6 — регулируемое распорное кольцо

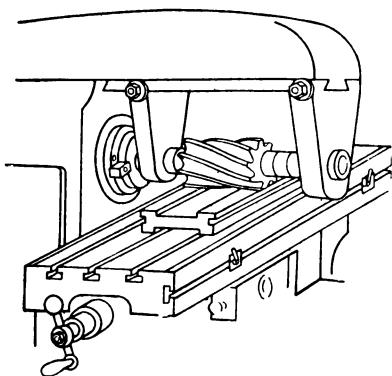


Рис. 75. Постановка добавочного подвешного подшипника хобота станка

Фрезы малых диаметров, работающие при небольших усилиях, удерживаются от провертывания на оправке силами трения, возникающими между торцами фрезы и торцами колец вследствие затяжки гайкой. При тяжелых работах этого трения недостаточно и приходится фрезу удерживать на оправке с помощью шпонки. По всей длине средней (рабочей) части оправки профрезерована шпоночная канавка, в которую закладывают шпонку для крепления фрезы.

Устанавливая фрезу, желательно ее располагать как можно ближе к переднему концу шпинделя станка, чтобы уменьшить изгиб оправки. Если по каким-либо причинам это не удастся, надо ставить до-

бавочный подвешной подшипник (серьгу) у хобота станка (рис. 75).

Концевые оправки. В зависимости от конструкции торцевой фрезы крепление ее может быть выполнено на продольной или на торцевой шпонке. На рис. 76 показана концевая оправка для крепления фрезы на продольной шпонке. Конический хвостовик 1 устанавливают в коническое гнездо шпинделя станка. Фрезу надевают на цилиндрическую часть оправки и затягивают винтом 3. Шпонка 2 предохраняет фрезу

от провертывания на оправке. При выборе оправки следует следить за тем, чтобы для праворежущих фрез винт 3 оправки имел правую резьбу, а для леворежущих — левую. Исполнительные размеры концевых оправок с конусом Морзе и продольной шпонкой приведены в МН 22—64, с торцевой шпонкой — в МН 23—64, с врезной шпонкой — в МН 5554—64 и для фрез с резьбовым хво-

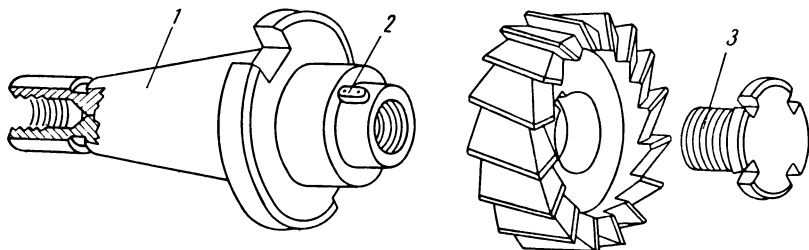


Рис. 76. Концевая оправка

стовиком — в МН 5555—64. Исполнительные размеры концевых оправок с конусом 7 24 (по ГОСТу 836—62) и продольной шпонкой МН 20—64 и торцевой шпонкой МН 21—64.

Конический хвостовик центровых и концевых оправок центрируется в гнезде шпинделя крутым конусом, который не дает надеж-

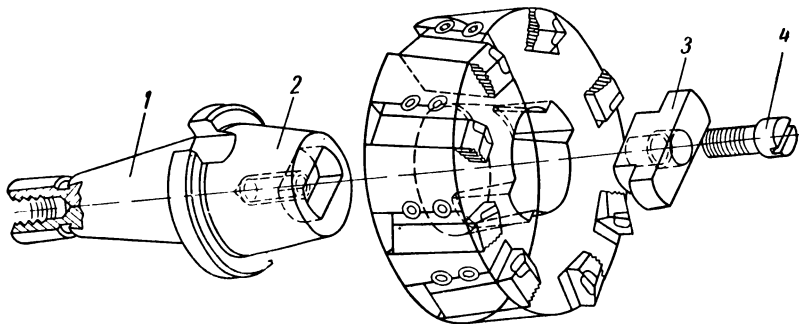


Рис. 77. Концевая оправка для фрез с конусным посадочным отверстием

ного крепления. Поэтому хвостовик оправки затягивают в гнезде шпинделя затяжным винтом - шомполом, для чего в торце хвостовика оправки имеется резьбовое отверстие.

Для крепления насадных сборных фрез, имеющих конусное посадочное отверстие, применяют концевые оправки по рис. 77. Конический хвостовик 1 устанавливают в коническое гнездо шпинделя. Фрезу надевают коническим посадочным отверстием на конус 2 оправки и скрепляют с оправкой плоской торцевой шпонкой (вкладышем) 3 при помощи винта 4. Вкла-

дыш 3 входит в соответствующие пазы в отверстиях фрезы и в торце оправки.

Для крепления насадных сборных фрез большого диаметра применяют концевые оправки по рис. 78. Такую оправку базируют на торец (носок) шпинделя посадочным отверстием 2 и скрепляют четырьмя винтами 1, входящими в соответствующие резьбовые отверстия в торце шпинделя (см. рис. 71). Для предохранения

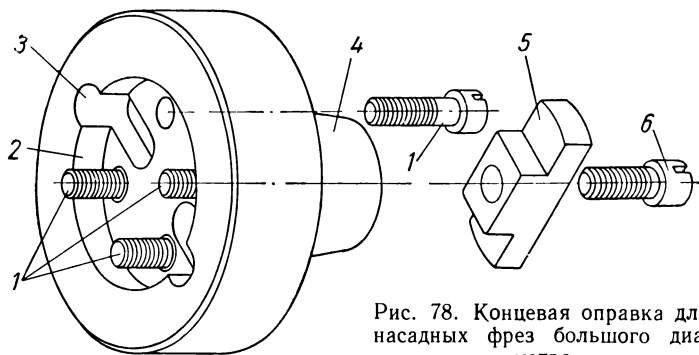


Рис. 78. Концевая оправка для насадных фрез большого диаметра

винтов от среза служат поводки (шпильки) в торце шпинделя, входящие во впадины 3 в оправке. На конус 4 оправки надевают фрезу конусным посадочным отверстием и скрепляют ее с оправкой вкладышем 5 при помощи винта 6.

Крепление насадных сборных фрез, имеющих цилиндрическое посадочное отверстие, производится базированием непосредственно на торец шпинделя и закреплением четырьмя винтами, входящими в соответствующие резьбовые отверстия в торце шпинделя (см. рис. 71).

Закрепление фрез с хвостовиком

Торцовые, концевые и шпоночные фрезы с коническим хвостовиком, размер конуса которого совпадает с размерами конуса гнезда шпинделя, базируют хвостовиком в гнезде шпинделя и скрепляют шомполом. Это самый простой способ закрепления фрезы с хвостовиком как на горизонтально, так и на вертикально-фрезерном станке. Если размер конуса хвостовика фрезы меньше размера конуса гнезда шпинделя,

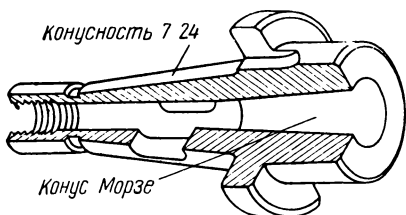


Рис. 79. Переходная втулка

прибегают к *переходным* втулкам (рис. 79); наружный конус такой втулки соответствует гнезду шпинделя станка, а внутренний конус — хвостовику фрезы. Переходную втулку с вставленной

фрезой устанавливают в шпиндель и затягивают при помощи шомпола.

Концевые, шпоночные и другие фрезы с цилиндрическим хвостовиком закрепляют при помощи цанговых патронов, нормализованных по МН 25—64 для гнезда шпинделя по ГОСТу 836—62 (конусность 7 24) и по МН 26—64 для гнезда шпинделя с конусом Морзе. Цанги нормализованы по МН 27—64.

Механизация закрепления фрез

Трудоемкое, особенно при работе на вертикальных консольных и бесконсольных фрезерных станках, ручное закрепление фрезы с помощью шомпола удается в некоторых случаях облегчить. Это имеет важное значение в серийном производстве, когда часто при одной установке детали приходится менять фрезы для разных переходов.

Существует два метода механизации крепления фрез: без шомпола и при помощи шомпола.

Среди ряда предложений по механизации крепления фрез без шомпола следует упомянуть конструкцию быстродействующего патрона новатора-фрезеровщика Ленинградского Кировского завода Е. Ф. Савича для фрез с коническим хвостовиком. В корпусе 3 этого патрона (рис. 80, а), установленного в шпинделе станка обычным способом, вставляют сменную переходную втулку 4 с закрепленной в ней посредством болта 5 фрезой 1. При установке втулки в корпус патрона (рис. 80, б) ее поводки П проходят через соответствующие отверстия, имеющиеся в гайке 2, повернутой на корпус 3, и входят в пазы, имеющиеся в торце корпуса патрона. Положение гайки 2 относительно корпуса 3 фиксируется винтом 6, рабочий конец которого в этот момент упирается в торцевую стенку канавки К.

Закрепление сменной конусной втулки в корпусе осуществляется вручную или накидным ключом, закладываемым в одно из отверстий. После закрепления гайки 2 она принимает положение, показанное на рис. 14, в. К патрону прилагаются сменные переходные втулки с гнездами, соответствующими конусам Морзе № 2, 3, 4 и 5.

На рис. 81, а показана конструкция быстросменного патрона, предложенного новатором Электростальского завода тяжелого машиностроения А. К. Сорокиным. Втулку-корпус 5 патрона вставляют в конусное отверстие шпинделя станка и закрепляют шомполом, где он находится постоянно. Фрезу крепят при помощи быстросменной шайбы 1 и гайки 2. На торце втулки 5 имеются два выступа, которые входят в пазы сменной втулки 3, удерживая ее от проворачивания в процессе работы. Фрезу затягивают в сменной втулке 3 винтом 4. При смене инструмента сменную втулку с фрезой вставляют в конусное отверстие втулки 5, шайбу 1 од-

ними выступами вводят в кольцевую канавку втулки 5, а другими — в кольцевую канавку гайки 2 до упора. Вращая гайку 2 накидным ключом, закрепляют фрезу.

Шайба 6 служит опорой для буртика болта 4 при вращении его влево с целью выжимания фрезы из втулки 3. Для этого шайбу вводят выступами в пазы втулки и поворачивают влево до упора.

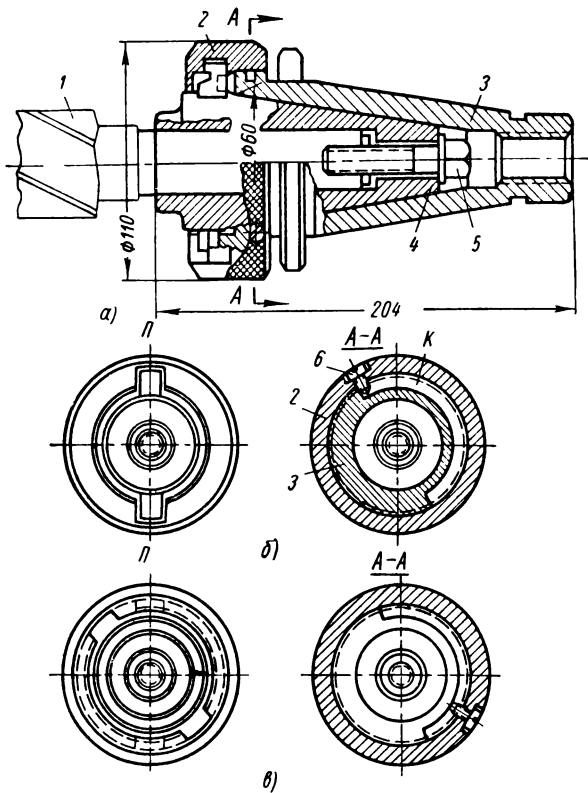


Рис. 80. Быстродействующий патрон для закрепления концевых фрез конструкции новаторов Ленинградского Кировского завода

Оргстанкинпром разработана конструкция патрона с бесшомпольным креплением фрез с конусами Морзе № 1, 2, 3 и 4. Исполнительные размеры приведены в МН 5553—64.

Представляет интерес конструкция патрона для бесшомпольного крепления фрез, предложенная народным предприятием Карл Цейс (ГДР) и народным предприятием Фриц Хеккерт (ГДР), так называемый пружинный замок. На рис. 81, б изображен пружинный замок.

жинный замок, который состоит из резьбового фланца 1, который закрепляется на переднем конце шпинделя при помощи четырех

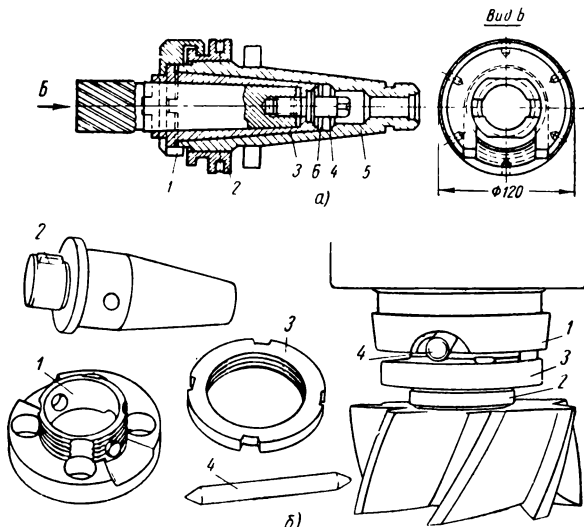


Рис. 81. Быстродействующие патроны для закрепления концевых фрез:

а — конструкции А. К. Сорокина; б — при помощи пружинящего замка

винтов подобно сборной фрезе с цилиндрическим посадочным отверстием. На фланце имеется резьба, на которую навертывается гайка 3. Перпендикулярно оси резьбовой части фланца просверлено отверстие. Конусный хвостовик 2 инструмента или оправки имеет цилиндрический участок с перпендикулярно просверленным отверстием. Отверстие имеет коническое уширение, равное примерно 2° от центра к выходу. Через совмещенное отверстие во фланце 1 и шейке хвостовика 2 вставляется пружинящий штифт 4, который затем затягивается гайкой 3 против наименьшего диаметра сквозного отверстия в хвостовике оправки.

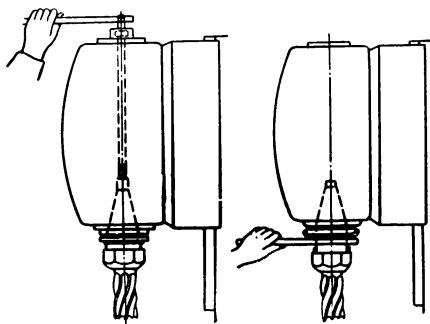


Рис. 82. Сопоставление крепления фрезы при помощи шомпола и при помощи быстродействующего патрона

Сила прижима гайки 3 на хвостовик 2 оправки, что плотно затягивает его в гнезде шпинделя без качки и биения подобно шомполу.

На рис. 82 показано сопоставление работы фрезеровщика при креплении фрезы шомполом (слева) и при применении быстросменных патронов. Затраты времени на смену инструмента при применении быстросменных патронов можно сократить до 20—25 сек.

На рис. 83 изображена конструкция для механизации крепления фрез на вертикально-фрезерном станке мод. 6Н12, позволяющая фрезеровщику поворотом рукоятки пневмокрana закреплять и освобождать фрезу. При этом закрепление фрезы производится пружиной с силой $P = 900 \text{ кг}$, а освобождение — сжатым воздухом.

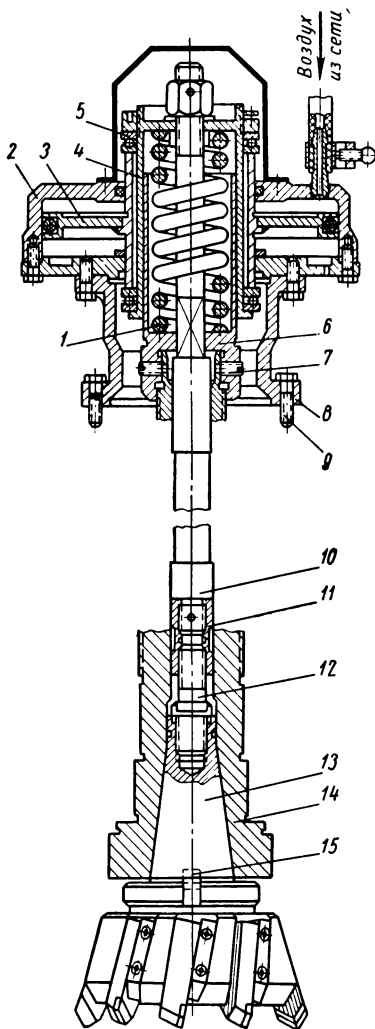


Рис. 83. Механизм для крепления фрез:

1 — пружина; 2 — цилиндр; 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 — шпindel станка; 15 — шип

Механизм работает следующим образом. В конусный хвостовик 13 фрезы ввернут вместо шомпола переходник 12, который, в свою очередь, ввернут во втулку 11 так, чтобы паз во фланце хвостовика фрезы расположился против шипа 15 на торце шпинделя. Поворотом рукоятки пневмокрana (на рис. 82 не показан) воздух выпускается из цилиндра 2 и освобожденная пружина 1 тягой 10 через втулку 11 затянёт хвостовик фрезы в гнездо шпинделя. Чтобы освободить фрезу, рукоятку пневмокрana переводят в положение пуска воздуха, при этом поршень 3 под давлением сжатого воздуха опустится вниз, что сожмет пружину, и движением тяги 10 вниз выведет хвостовик фрезы из гнезда шпинделя.

Механизм устанавливают на верхнем торце шпиндельной бабки станка и пневмоцилиндр 2 вместе с корпусом 8 крепят винтами 9. Стакан 6 наворачивают на верхний конец шпинделя станка и контят двумя винтами 7

В литературе описано устройство для автоматической смены

инструмента¹ на вертикально-фрезерном станке 6Н13 с программным управлением. Устройство состоит из механического шомпола с индивидуальным приводом и магазина, в гнезде которого вставляются оправки с инструментом. Шомпол смонтирован внутри шпинделя; магазин установлен на столе станка.

Вращаясь, шомпол затягивает инструмент или освобождает его в конусе шпинделя. Все остальные движения, необходимые для смены инструмента, осуществляются с помощью продольного и поперечного перемещений стола и вертикального перемещения пиноли.

Правила работы с правыми и левыми фрезами

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

Для работы на горизонтально-фрезерных станках следует применять цилиндрические фрезы с левым направлением винтовых канавок при правом вращении фрезы или с правым направлением винтовых канавок при левом вращении фрезы.

В табл. 36 даны четыре возможных случая при работе цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями. В тех случаях, когда направление вращения фрезы и направление винтовой линии одинаковы (случаи 2 и 4), возникает осевая сила, которая стремится вытолкнуть оправку из шпинделя. Осевая сила направлена, как показывает стрелка, слева направо на подвесной подшипник (серьгу) хобота, который не рассчитан на эту добавочную силу, что может вызвать вибрацию станка и, как следствие, — поломку фрезы.

Наоборот, в тех случаях, когда направление винтовой линии является обратным направлению вращения фрезы (случаи 1 и 3), возникающая осевая сила вталкивает оправку в шпиндель. Осевая сила (см. стрелку) направлена на передний подшипник шпинделя, который рассчитан на эту добавочную нагрузку.

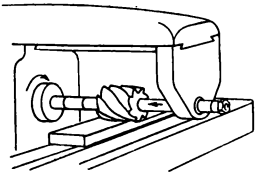
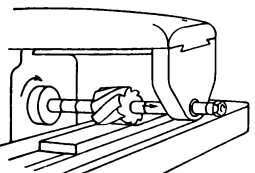
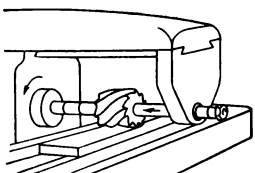
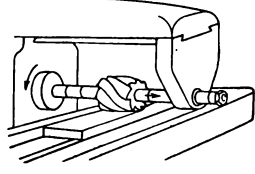
При работе спаренными фрезами их следует устанавливать на шпиндель, как было показано на рис. 47

При работе с торцовыми и концевыми фрезами, устанавливаемыми в гнезде шпинделя вертикально-фрезерного станка, необходимо также соблюдать правила соответствия направления вращения шпинделя направлению наклона зубьев.

При обработке плоскостей торцовыми и концевыми фрезами на вертикально-фрезерных станках стружку необходимо отводить вниз, для чего следует применять фрезы с левым направлением

¹ Сальников О. А., Габайдулин Б. Х. и Лихтенштейн И. А. Автоматическая смена инструмента на вертикально-фрезерном станке мод. СН13 с программным управлением. «Станки и инструмент», № 1 за 1966 г.

Правила выбора направления вращения шпинделя при работе
цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями

Случай	Эскизы	Направ- ление винтовой канавки фрезы	Направ- ление вращения шпинделя	Направление осевой силы при фрезе- ровании	Выбор сделан
1		Правое	Левое	В шпин- дель	Пра- вильно
2		Левое	Левое	Из шпин- деля	Непра- вильно
3		Левое	Правое	В шпин- дель	Пра- вильно
4		Правое	Правое	Из шпин- деля	Непра- вильно

винтовых канавок при правом вращении фрезы или с правым направлением винтовых канавок при левом вращении фрезы (рис. 84, *a* и *б*).

При фрезеровании пазов и уступов, когда необходимо транспортировать стружку вверх, следует применять фрезы с правым направлением винтовых канавок при правом вращении фрезы или

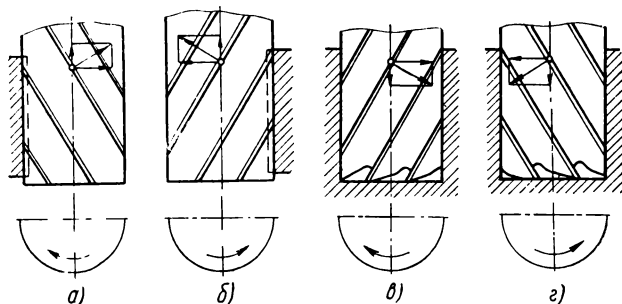


Рис. 84. Направление винтовых канавок при фрезеровании концевыми фрезами:

a — винтовые канавки левые, вращение правое; *б* — винтовые канавки правые, вращение левое; *в* — винтовые канавки правые, вращение правое; *г* — винтовые канавки левые, вращение левое

с левым направлением винтовых канавок при левом вращении фрезы (рис. 84, *в* и *г*). Так как в этом случае фрезерования осевая сила стремится вытолкнуть хвостовик фрезы из гнезда шпинделя, следует сильнее затягивать шомпол для закрепления фрезы.

4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФРЕЗ

Общие указания по эксплуатации фрез

Основным признаком правильной эксплуатации фрез при выбранных скорости, подаче и глубине резания при заданной точности и классе чистоты поверхности обрабатываемой детали является стойкость фрезы.

В табл. 23 приведены периоды стойкости фрез из быстрорежущей стали и твердых сплавов, обеспечивающие нормальное затупление режущей части фрез и соответствующий износ по задней поверхности зуба h_z , приведенной в табл. 22.

Заточка нормально затупившейся фрезы занимает сравнительно небольшое количество времени и немного уменьшает размеры зуба. Напротив, заточка очень тупой фрезы является продолжительной и трудоемкой операцией и при этом приходится снимать довольно большой слой металла. Поэтому фрезе не надо доводить до сильного затупления и следить за состоянием режущих кромок.

Заточка нормально затупленных фрез описана в учебниках «Фрезерное дело», и указания по заточке даны в справочниках фрезеровщика. Здесь же коснемся тех вопросов заточки, которые имеют значение для нормальной эксплуатации фрез.

Заточка чрезмерно затупленных фрез

Заточка чрезмерно затупленных фрез, у которых износ произошел и по передней поверхности, производится в следующем порядке: 1) шлифование по окружности (периферии) фрезы; 2) заточка передней поверхности; 3) заточка задней поверхности; 4) заточка дополнительного заднего угла α_2 в целях уменьшения ширины задней поверхности.

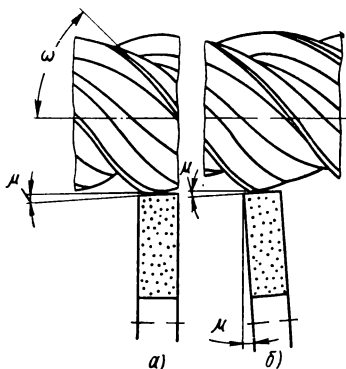


Рис. 85. Схема шлифования по окружности цилиндрических фрез с большим углом наклона винтовых канавок

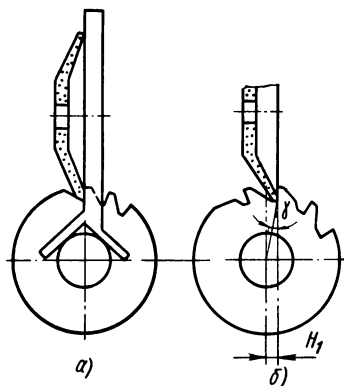


Рис. 86. Установка фрезы при заточке передней поверхности зуба тарельчатым кругом

Шлифование фрезы по окружности имеет целью снять поверхностный слой на режущей кромке, которая может иметь зазубрины, местный отпуск вследствие чрезмерного нагрева при резании и другие дефекты.

Шлифование по окружности цилиндрических и дисковых фрез с прямыми зубьями или небольшим углом наклона ω производится дисковым шлифовальным кругом, ось которого параллельна оси фрезы.

Шлифование по окружности фрез с большим углом наклона винтовых канавок ($\omega = 30 \div 75^\circ$) производится дисковым шлифовальным кругом, либо заточенным под углом μ (рис. 85, а), либо установленным под углом μ к оси фрезы (рис. 85, б).

Величину угла μ определяем по формуле

$$\operatorname{tg} \mu = \operatorname{tg} \alpha \sin \omega.$$

Заточка передней поверхности фрез с прямыми зубьями производится лобовой поверхностью тарельчатого

шлифовального круга формы 2Т или 3Т по ГОСТу 2424—60. Сначала фрезу устанавливают передней поверхностью в торцевой плоскости тарельчатого круга, как показано на рис. 86, а, а затем подают ось фрезы на величину H_1 (рис. 86, б), зависящую от переднего угла γ и диаметра фрезы D , определяемую по формуле

$$H_1 = \frac{D}{2} \sin \gamma.$$

Заточка передней поверхности фрез с винтовыми зубьями производится боковой поверхностью тарельчатого

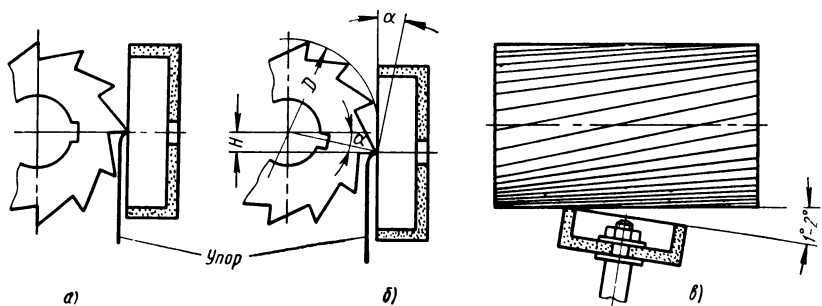


Рис. 87. Схема заточки задней поверхности цилиндрических фрез с остроконечными зубьями

шлифовального круга с поворотом шпинделя круга на угол η определяемый по формуле

$$\sin \eta = \sin \omega \cdot \cos (\gamma + \delta),$$

где ω — угол наклона винтовых канавок;

γ — передний угол;

δ — угол тарельчатого круга (15 или 25°).

После поворота шпинделя шлифовального круга на угол η стол заточного станка ставят так, чтобы боковая поверхность круга прилегала к передней поверхности зуба на полную глубину.

Заточка задней поверхности фрез производится, как это описывается в учебниках по фрезерному делу, с соблюдением заданной величины заднего угла α .

При заточке фрезу надевают на оправку, устанавливаемую в центрах заточного станка. Ось чашечного круга устанавливается под углом $1-2^\circ$ к оси фрезы с тем, чтобы круг касался затачиваемой фрезы только одной стороной (рис. 87, в).

Если оси чашечного круга и затачиваемой фрезы расположены в одной горизонтальной плоскости (рис. 87, а), то задний угол α не получится. Для образования заднего угла чашечный круг располагают ниже оси затачиваемой фрезы на величину H (рис. 87, б),

которая определяется из прямоугольного треугольника со стороной $\frac{D}{2}$ и углом α :

$$H = \frac{D}{2} \sin \alpha.$$

Величина угла α выбирается по табл. 5.

При заточке фрез по задней поверхности дисковыми (круглыми) кругами на зубе получается вогнутая поверхность, которая ослабляет режущую кромку зуба и приводит к быстрому его износу. Чашечные круги дают при заточке плоскую поверхность, чем обеспечивается большая стойкость фрез. Поэтому заточка фрез по задней поверхности дисковыми кругами не рекомендуется.

Положение зуба фрезы при заточке фиксируется специальным упором (рис. 87), представляющим обычную планку из пружинной стали. Упор, поддерживающий затачиваемый зуб, должен быть установлен очень близко от режущей кромки. Этот упор служит также направлением при заточке фрез с винтовыми зубьями.

Заточка дополнительного заднего угла α_2 в целях уменьшения ширины задней поверхности. После каждой переточки зуба увеличивается ширина задней поверхности, что может привести к ухудшению класса чистоты обработанной поверхности. Ширина задней поверхности не должна превышать величин, приведенных в табл. 37

Таблица 37

Максимальная допустимая ширина задней поверхности фрез с остроконечными зубьями

Диаметр D в мм	Задний угол α в град								
	10	11	12	13	14	15	16	18	20
	Максимальная ширина задней поверхности в мм								
10	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,4	2,6
12	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,2
14	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,6
16	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,2	3,4	3,8	4,2
18	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,6	3,8	4,2	4,6
20	2,6	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2	4,6	5,2
22	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,4	6,0
25	3,3	3,6	3,9	4,3	4,6	5,0	5,2	5,8	6,5
28	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,4	7,2
32	4,2	4,6	5,0	5,6	6,0	6,4	6,8	7,6	8,4
36	4,6	5,2	5,6	6,2	6,8	7,2	7,6	8,4	9,2
40	5,2	5,7	6,2	6,8	7,2	7,8	8,4	9,2	10,4
50	6,5	7,2	7,8	8,5	9,2	9,8	10,4	10,8	13,0
63	8,5	9,3	10,1	11,0	11,8	12,3	13,6	15,2	17,0
80	10,4	11,4	12,5	13,6	14,5	15,6	16,8	18,4	20,8
100	13,0	14,3	15,6	17,0	18,5	19,5	20,8	21,5	26,0

Уменьшение ширины задней поверхности сверх величины, указанной в табл. 37, достигается заточкой дополнительного заднего угла α_2 , как это изображено на рис. 88. Заточка осуществляется подобно заточке основного заднего угла с той разницей, что величина H_2 определяется по формуле

$$H_2 = \frac{D}{2} \sin(\alpha + \alpha_2).$$

Величина угла α_2 выбирается в пределах 3—5°

Доводка фрез, оснащенных пластинками из твердого сплава.

При заточке шлифовальным кругом пластинка из твердого сплава нагревается неравномерно, в результате чего в ней получают мельчайшие поверхностные трещины. Эти трещины в процессе резания развиваются, и пластинка может выйти из строя.

Одной из первых задач доводки является снятие дефектного слоя, второй — повышение класса чистоты поверхности режущей кромки, что необходимо для уменьшения трения и, следовательно, износа, третьей — устранение завалов поверхности зубьев фрезы и придание им более правильной геометрии.

Доводку режущих поверхностей производят на специальных доводочных станках с чугунными дисками либо вручную с весьма слабым нажимом чугунного оселка.

Наилучшие результаты доводки получают при скорости доводочного диска в пределах 1,0—1,5 м/сек. Для доводки применяют пасту из карбида бора, имеющего зернистость 170—230.

При ручной доводке необходимо соблюдать правильное положение оселка по отношению к режущей кромке и правильное движение оселка. Сначала доводят передние и задние поверхности, затем образуют доводочные фаски, для чего плоскость оселка ставится под углом 45° к передней поверхности, и оселком с весьма слабым нажимом делают несколько движений.

Карбид бора является весьма сильным абразивным средством. При помощи чугунного оселка с пастой карбида бора можно выводить лунки износа на зубьях, не снимая фрезу со станка, что очень важно при скоростном фрезеровании мелких деталей с короткими периодами резания, так как это позволяет повышать стойкость фрезы.

Контроль заточки фрез

Контроль заточки фрез заключается в проверке геометрии, определении величины биения фрезы и установления качества доводки режущих кромок.

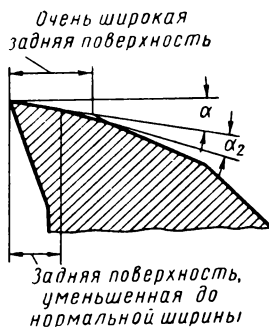


Рис. 88. Уменьшение чрезмерно широкой задней поверхности путем заточки дополнительного заднего угла

Для контроля геометрии режущих элементов фрез наиболее удобно применять угломер конструкции М. И. Бабчиничера, изготовляемый Московским инструментальным заводом.

На рис. 89 показан угломер конструкции Бабчиничера. Он состоит из дуги 1, на которой имеется шкала, разделенная на риски, соответствующие числу зубьев z измеряемой фрезы. В дуге 1 имеется паз, по которому перемещается опорная линейка 2. Сек-

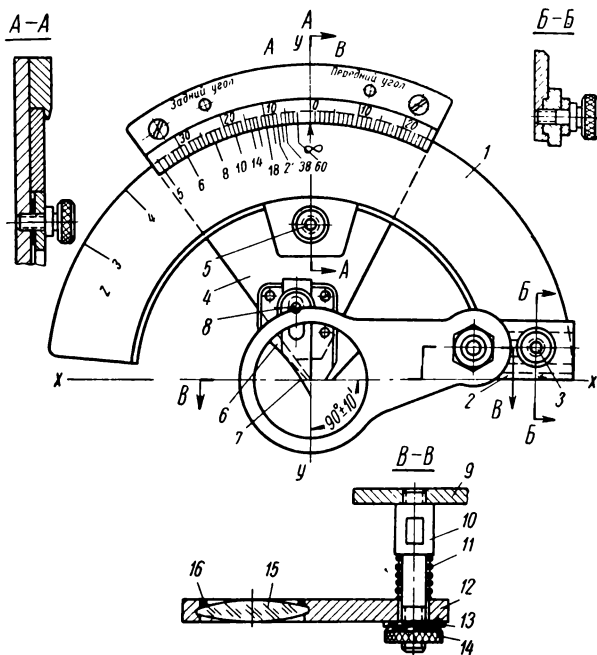


Рис. 89. Угломер конструкции М. И. Бабчиничера

тор 4 передвигается по дуге 1 и фиксируется в требуемом положении винтом 5. Сектор снабжен градусными шкалами, по которым производится отсчет величин углов: задних в пределах 0—35° по шкале А и передних в пределах 0—25° по шкале В. К сектору 4 прикреплена пластинка 6 с измерительной плоскостью, снабженная пазом для измерительной линейки 7. Линейка 7 перемещается в пазу и закрепляется винтом 8 в зависимости от высоты зубьев измеряемой фрезы.

При совпадении нулевой риски на шкале сектора 4 и стрелки ∞ на шкале 2 дуги 1 продолжение рабочей плоскости линейки 2 проходит через центр вращения сектора 4 и составляет с линейкой 7 прямой угол.

Для измерения переднего угла α опорную линейку 2 устанавливают в зависимости от шага зубьев измеряемой

фрезы и закрепляют винтом 3. Линейку 7 устанавливают в зависимости от высоты зубьев фрезы и фиксируют винтом 8. Угломер накладывают на вершины двух смежных зубьев (рис. 90, а), сектор 4 поворачивают до совмещения измерительной плоскости линейки 7 с передней поверхностью зуба фрезы и закрепляют винтом 5. Значение переднего угла γ отсчитывается на градусной шкале В против риски, соответствующей числу зубьев измеряемой фрезы.

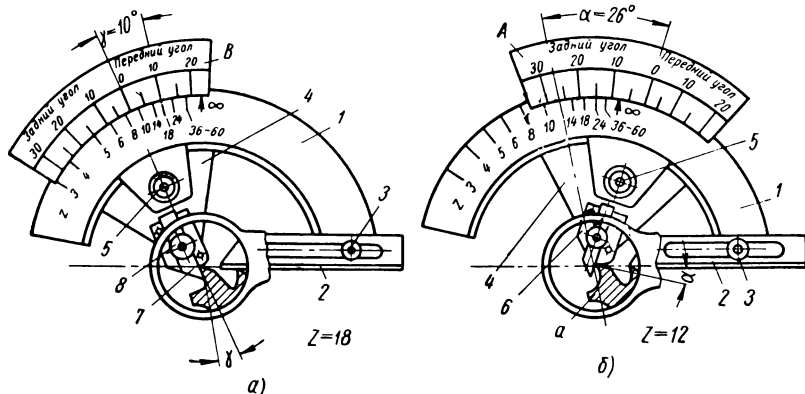


Рис. 90. Установка угломера М. И. Бабчиничера для измерения:
а — переднего угла; б — заднего угла (позиции те же, что и на рис. 89)

Для измерения заднего угла α угломер настраивают так же, как и при измерении переднего угла. Сектор 4 поворачивают до совмещения измерительной плоскости а пластинки б с задней поверхностью зуба и закрепляют винтом 5. Значение заднего угла α отсчитывается на градусной шкале А против риски, соответствующей числу зубьев измеряемой фрезы. На рис. 90, б показана проверка заднего угла.

Погрешность прибора равна ориентировочно $1^{\circ} 30''$. Для большей точности измерения угломер имеет простое съемное оптическое устройство, которое крепится к опорной линейке 2 гайкой 3 (см. рис. 89).

Оптическое устройство состоит из основания 9, наглухо прикрепленного к кронштейну 10, который несет пружину 11, шайбу 13 и оправку 12, закрепленную гайкой 14. В оправку 12 установлена линза 15 с пятикратным увеличением, удерживаемая пружинным кольцом 16.

Проверка фрезы на биение производится на приборе, показанном на рис. 91. Величина допускаемого биения дана в табл. 38. Обычно проверку фрез на биение производят дважды: после переточки и после установки на оправке в шпиндель фрезерного станка, т. е. в рабочем положении. В последнем случае для

Характер биения	Цельные насадные цилиндрические, торцовые и дисковые фрезы	Насадные цилиндрические фрезы со вставными ножами из быстрорежущей стали	Насадные цилиндрические фрезы, оснащенные пластинками из твердого сплава
Радиальное. между двумя смежными зубьями для двух противоположных зубьев Торцовое	0,03 0,06 0,03--0,04*	0,05 0,10 0,03—0,04	0,04 0,08 0,04

* Биение опорных торцов при проверке на оправке не должно превышать 0,02 мм.

измерения применяют обычный индикатор на штативе и проверку биения производят как между соседними зубьями, так и по всей фрезе.

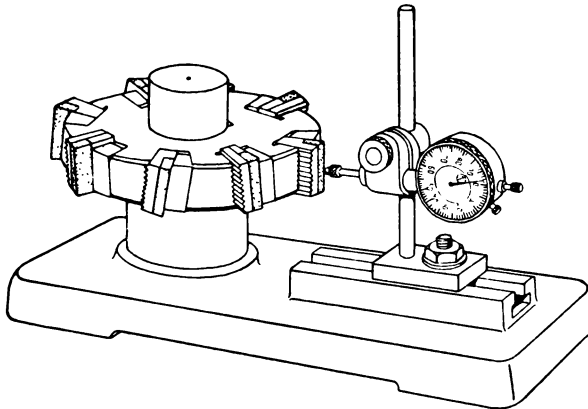


Рис. 91. Прибор для определения биения фрезы

Нередко главной причиной большого биения фрезы является неправильная заточка зубьев. Однако еще чаще биение вызывается неправильной установкой фрезы на оправке, неправильным закреплением оправки в шпинделе станка или дефектами самой оправки.

Проверяют качества доводки обычной лупой с пяти-, десятикратным увеличением. Режущие кромки должны быть острыми, не иметь зазубрин, трещин и выбоин. Фрезы с такими дефектами надо перетачивать.

Битение фрез в мм

Сборные насадные торцовые и дисковые фрезы	Цельные концевые фрезы из быстрорежущей стали и твердосплавные	Концевые шпоночные фрезы	Пазовые затылованные фрезы	Фасонные фрезы	Угловые фрезы	Отрезные и прорезные фрезы класса	
						А	АА
0,05	0,03	—	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05
0,10	0,06	0,02	0,04	0,06	0,07	0,08	0,08
0,05	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,06	0,04

ЛИТЕРАТУРА

1. Аврутин С. В. Фрезерное дело. М., Высшая школа, 1964.
2. Барсов А. И. Технология режущего инструмента. М. Машгиз, 1952.
3. Журавлев С. А. и Шифрин А. Ш. Фрезы. Библиотечка фрезеровщика, вып. 2, М., Машиностроение, 1964.
4. Карасев В. Я. и Шифрин А. Ш. Высокопроизводительные фрезы с неравномерным окружным шагом. Сборник «Новое в инструментальном производстве», Лениздат, 1960.
5. Карасев В. Я. и Шифрин Л. Ш. Высокопроизводительные цилиндрические фрезы с неравномерным окружным шагом. М., ГНТК СССР, Филнал ВИНТИИ, 1959.
6. Коротный Д. М. Фрезы, М., Машгиз, 1962.
7. Кувшинский В. В. Фрезерование. М., Машгиз, 1958.
8. Ларин М. Н. Высокопроизводительные конструкции фрез и их рациональная эксплуатация. М., Машгиз, 1957.
9. Надель А. Г. и Карпов С. Г. Опыт работы торцовыми фрезами, оснащенными неперетачиваемыми пластинками из твердого сплава. ЛДНТП, 1963.
10. Нормали машиностроения. Фрезы, оснащенные пластинками из твердого сплава, для обработки стали и чугуна. Стандартгиз, 1965.
11. Нормали машиностроения. Фрезы цельные и пилы сегментные. Стандартгиз, 1965.
12. Нормали машиностроения. Фрезы концевые с винтовыми пластинками и фрезы с коронками из твердого сплава. Стандартгиз, 1963.
13. Нормали машиностроения. Фрезы трехсторонние со вставными ножами из быстрорежущей стали. Стандартгиз, 1965.
14. Нормали машиностроения. Фрезы для обработки легких сплавов. Стандартгиз, 1961.
15. Нормали машиностроения. Вспомогательный инструмент к фрезерным станкам. Стандартгиз, 1965.
16. Оглоблин А. Н. Справочник фрезеровщика. М., Машгиз, 1962.
17. Савич Е. Ф. Новые фрезы и приспособления. Лениздат, 1963.
18. Справочник металлста, т. 3. Фрезерование, М., Машиностроение, 1966.
19. Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. 7, стр. 292, М. Н. Ларин. Фрезы. М., Машгиз, 1948.
20. G ó r s k i E. Poradnik frezera, PWT, Warszawa, 1960.

ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ДЕТАЛИ

Точность обработанной детали определяется как степень ее соответствия некоторой детали, заданной конструктором в чертеже. Соответствие обработанной и заданной деталей характеризуется:

1) точностью размеров, т. е. степенью соответствия размеров отдельных элементов детали тем размерам элементов детали, которые предусмотрены чертежом;

2) точностью геометрической формы, т. е. степенью соответствия отдельных участков (поверхностей) детали тем геометрическим формам, которые предусмотрены чертежом;

3) точностью взаимного расположения поверхностей детали (параллельность, перпендикулярность, заданное угловое сопряжение);

4) качеством обработанной поверхности.

Основным условием, определяющим заданную точность, является *порядок обработки*, т. е. последовательность операций. Операция, обеспечивающая заданную высокую точность какого-либо элемента детали или отдельного участка (поверхности) детали, должна осуществляться в конце всей обработки так, чтобы после нее уже не было какой-либо операции с большими усилиями обработки, способными деформировать деталь и тем самым нарушить достигнутую точность данного элемента. Установив порядок операций, следует в каждой из них обеспечивать необходимую точность размеров.

Для того чтобы фрезеровщик мог правильно построить технологический процесс обработки детали с заданной точностью, он должен иметь ясное представление об основных источниках возникновения погрешностей при обработке фрезерованием, а также и о способах уменьшения этих погрешностей до заданных пределов.

1. ТОЧНОСТЬ РАЗМЕРОВ

Причины, влияющие на погрешность фрезерной обработки

Размеры, получаемые в результате выполнения фрезерной операции, называют операционными размерами. Операционные размеры обычно даются на операционном эскизе в операционной

карте технологического процесса. Если операционные размеры относятся к окончательно обработанному в данной операции элементу поверхности, то точность операционных размеров должна соответствовать заданным чертежом размерам; если операционные размеры являются промежуточными и данная операция предшествует окончательной, то операционные размеры назначаются из условий обработки с тем, чтобы получить на последующей операции заданные размеры.

Как известно из опыта, при любой механической обработке, и в том числе фрезерной, получить абсолютно точные размеры невозможно, поэтому операционные размеры назначают с *допусками*, т. е. с некоторыми отклонениями от номинального размера. Величина этих отклонений должна находиться в пределах допусков на неточность изготовления. Допуски на неточность изготовления взаимно сопряженных деталей обеспечивают возможность взаимозаменяемости при сборке и ремонте.

Основными факторами, определяющими погрешности фрезерной обработки, являются: неточность фрезерного станка и его износ; неточность приспособления; неточность изготовления, установки и износ рабочего режущего инструмента (фрезы); жесткость станка, приспособлений, инструмента (фрезы с оправкой) и обрабатываемой детали, рассматриваемых как одна система; температурная деформация обрабатываемой детали; неточности измерения.

Неточность станка и его износ. Допустимые неточности новых станков регламентируются нормами точности, на основании которых производится их приемка. В настоящее время в СССР действуют нормы точности, установленные ГОСТом 13—54 для консольных горизонтально-универсально- и вертикально-фрезерных станков общего назначения, которые обеспечивают точность обработки по 2-му классу точности; нормы точности по ГОСТу 154—41 для консольных горизонтально- и универсально-фрезерных станков повышенной точности; нормы точности по ГОСТу 155—41 для консольных вертикально-фрезерных станков повышенной точности и нормы точности по ГОСТу 165—49 для продольно-фрезерных станков.

Износ деталей станка в процессе длительной работы понижает точность станка и влияет на точность обработки. Планово-предупредительный ремонт имеет целью поддержание регламентированной точности станка и обеспечение точности обработки. Станки, выходящие из капитального ремонта, должны соответствовать по точностям ГОСТам на новые станки.

Неточности приспособления. Погрешность обработки, вызываемая приспособлением, обуславливается неточностью изготовления установочных элементов и элементов, направляющих инструмент, а также их износом и неточностью установки самого приспособления на станок.

Детали приспособлений (зажимных, установочных, делительных) имеют даже при самом тщательном изготовлении неизбежные погрешности в пределах допусков на неточность изготовления. Вследствие этого в приспособлениях возникают неточности в движениях отдельных узлов (например, шпинделя делительного приспособления), в работе зажимных и установочных приспособлений и т. д. Упругие деформации, возникающие в отдельных узлах приспособлений под действием больших зажимных сил или под влиянием сил резания, также снижают точность обработки.

Фрезеровщик должен после установки приспособления на станок проверить его точность при помощи соответствующих измерительных инструментов (индикатора, рейсмаса, поверочной линейки, угольника и т. д.) и затем после обработки первой детали тщательно ее измерить, чтобы убедиться в соответствии полученных обработкой размеров заданным.

Неточности изготовления, установки и износ фрезы. К этим погрешностям относятся отклонения диаметра в пределах допусков на неточность изготовления цилиндрических, дисковых и концевых фрез; отклонение профиля фасонных фрез в пределах допусков на неточность изготовления; биение радиальное и осевое цилиндрических, дисковых, зуборезных, концевых и других фрез в пределах допускаемых отклонений.

Ниже приводим некоторые данные из технических условий по приемке цилиндрических, дисковых и торцовых насадных фрез по соответствующим ГОСТам.

Фрезы цельные цилиндрические
(по ГОСТу 3752—59)

Класс точности:	
посадочного отверстия	2-й (А)
наружного диаметра фрезы	8-й (В ₈)
Конусность по наружному диаметру для фрез в мм	
длиной:	
до 50 мм	0,02
более 50 мм	0,03
Биение опорных торцов в мм	0,02
Радиальное биение в мм режущих кромок относительно	
оси отверстия не должно превышать для двух зубьев:	
смежных	0,03
противоположных	0,06

Фрезы цельные торцовые, дисковые,
трехсторонние и пазовые (по ГОСТу 1695—48)

Класс точности:	
посадочного отверстия	2-й (А)
наружного диаметра фрезы	8-й (В ₈)
Общая длина торцовых насадных фрез	7-й (В ₇)
Разность наружных диаметров в мм в разных сечениях	
по всей длине фрезы не должна превышать для фрез	
длиной:	
до 32 мм	0,03
свыше 32 мм	0,05

Биение опорных торцов в мм	0,02
Торцовое биение в мм режущих кромок торцовых фрез не должно превышать для фрез диаметром:	
до 80 мм	0,03
свыше 80 мм	0,04
Радиальное биение в мм режущих кромок зубьев относительно оси отверстия не должно превышать для торцовых фрез диаметром до 80 мм для двух зубьев:	
смежных	0,03
противоположных	0,05
торцовых фрез диаметром свыше 80 мм для двух зубьев:	
смежных	0,035
противоположных	0,06
дисковых фрез диаметром до 63 мм для двух зубьев:	
смежных	0,025
противоположных	0,04
дисковых фрез диаметром свыше 63 мм для двух зубьев:	
смежных	0,03
противоположных	0,05

На точность обработки деталей влияют погрешности при установке фрез на оправках вследствие биения последних. При установке наборов фрез неточность получается от погрешностей, допускаемых на диаметр, ширину и взаимное расположение отдельных фрез.

Точность установки инструмента на размер зависит от квалификации фрезеровщика или наладчика. Кроме того, на точность фрезерования влияет износ фрез. Он выражается в износе режущей кромки в процессе резания, который непосредственно влияет на изменение размеров деталей во время их обработки.

На величину и скорость износа фрезы влияют следующие факторы: обрабатываемый материал, материал и термическая обработка фрезы; метод окончательной обработки (доводки) режущих кромок режимы резания; охлаждение и т. д.

Жесткость станка, приспособления, и инструмента и детали. Одним из решающих факторов в повышении точности обработки деталей и одновременно в повышении производительности труда является жесткость системы станок — приспособление — инструмент—деталь. Погрешности обработки, возникающие из-за недостаточной жесткости этой системы, составляют 80% от остальных погрешностей.

Жесткостью системы станок — приспособление — инструмент — деталь называют способность ее сопротивляться силам резания, возникающим при обработке и стремящимся деформировать эту систему в самом слабом ее звене. Поэтому следует всегда рассматривать жесткость каждого звена и особенно наиболее слабого. Деформации под влиянием нагрузки вызывают также вибрации, что дополнительно сказывается на точности, вызывая неровность (шероховатость) обработанной поверхности.

В процессе фрезерования в станке под действием сил резания возникают деформации в виде отжатия узлов фрезерного станка

в местах соединений и упругие деформации деталей фрезерного станка.

Лучшим мероприятием по повышению жесткости станка является затяжка клиньев всех направляющих, выборка люфтов и стопорение (закрепление) узлов стола, не участвующих в данной рабочей подаче, например, салазок и консоли при продольной подаче стола.

На рис. 92 показаны в искаженном (преувеличенном) виде деформации, происходящие в вертикально-фрезерном станке, вы-

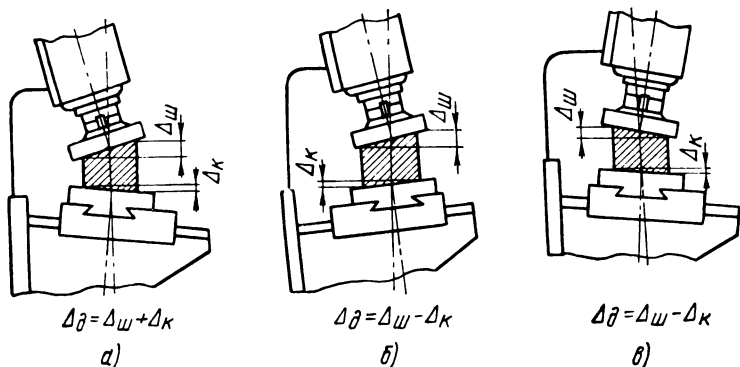


Рис. 92. Три случая неточности детали в поперечном направлении при обработке на консольном вертикально-фрезерном станке

званные перемещением (отжатием) шпиндельного узла ($\Delta_{ш}$) и консоли ($\Delta_{к}$). На неточность обработки сказывается общее воздействие этих деформаций. На рис. 92, а она равняется сумме, т. е. $\Delta_{\delta} = \Delta_{ш} + \Delta_{к}$; на рис. 92, б и в она равняется разности, т. е. $\Delta_{\delta} = \Delta_{ш} - \Delta_{к}$.

Исследованиями установлено, что из четырех возможных схем работы на вертикально-фрезерных станках: 1) вращение фрезы правое, подача слева—направо; 2) вращение фрезы правое, подача справа—налево; 3) вращение фрезы левое, подача слева—направо; 4) вращение фрезы левое, подача справа—налево; наибольшая жесткость получается по 4-й схеме, и станок становится менее склонным к вибрациям.

Хобот понижает жесткость консольных горизонтально-фрезерных станков, особенно при большом его вылете, вследствие недостаточной устойчивости на изгиб под действием сил резания.

Для увеличения жесткости горизонтально-фрезерного станка рекомендуется использовать поддержки (связь хобота, оправки и консоли), стопорить салазки и консоль при продольной обработке, выбирать оправки большего диаметра, ставить добавочную серьгу на оправку и т. п.

Экспериментальным научно-исследовательским институтом металлорежущих станков (ЭНИМСом) разработана методика¹ для проверки в цеховых условиях фрезерных станков на жесткость, т. е. на работу без вибраций или на *виброустойчивость*.

По этой методике, которую может выполнить квалифицированный фрезеровщик на своем станке, определяется сначала *предельная стружка*. Предельной стружкой называется максимальная стружка, снимаемая без вибраций при фрезеровании плоскости цилиндрической фрезой (на горизонтально-фрезерном станке) или торцевой фрезой (на вертикально-фрезерном станке). При определении предельной стружки для проверки станка на жесткость рекомендуется при данной ширине фрезерования, т. е. ширине фрезерования заготовки, на обработку которой настраивается станок, и принятой по нормативам подаче постепенно увеличивать глубину резания до появления вибраций.

Предельную стружку можно определить по следам на обработанной поверхности или поверхности резания, по звуку и по виду стружки. Наиболее простым и достаточно точным способом является определение предельной стружки по следам на поверхности резания.

Определив предельную стружку при заданной ширине фрезерования и выбранной подаче, следует найти границы устойчивого режима, т. е. границы виброустойчивой работы при обработке заготовки при разных скоростях резания. После нескольких пробных обработок на разных числах оборотов можно найти *границы устойчивости* обработки при *предельной стружке*.

При пониженной виброустойчивости станка следует выявить дефекты с целью их устранения. Такую проверку виброустойчивости станка рекомендуется проводить фрезеровщику при получении большой партии деталей на длительный срок загрузки станка с целью проведения обработки на наиболее прогрессивных режимах.

Недостаточная жесткость зажимного приспособления является результатом неправильного расчета при конструировании или плохого качества изготовления и сборки. Здесь так же, как и в станке, необходима плотность соединения всех деталей и узлов при сборке и достаточная прочность силовых элементов.

Можно с уверенностью утверждать, что величина погрешности обработки, вызываемой упругими деформациями, в значительной мере зависит от ухода за станком.

Недостаточная жесткость инструмента вызывает в некоторых случаях погрешность обработки. Длинные концевые фрезы (особенно шпоночные) вызывают искривление их оси (увод фрезы),

¹ Методика испытания фрезерных станков консольного типа средних размеров общего назначения на виброустойчивость при резании, ЭНИМС, ОНТИ, 1961.

что приводит к неточности канавки. Тонкие дисковые фрезы большого диаметра «разбивают» пазы и т. д.

Остаточные и упругие деформации, происходящие в деталях в процессе их обработки на фрезерном станке, искажают форму этих деталей и приводят к неточности в размерах. Например, при фрезеровании длинных валиков, если не применяют домкраты, происходит деформация (искривление оси).

Температурные деформации детали. В процессе фрезерования температура детали повышается. Это прежде всего отражается на точности размеров, но при неравномерном нагреве может исказиться также форма детали. Чтобы уменьшить нагрев обрабатываемой детали, прибегают к охлаждающим жидкостям.

Неточности измерения. Погрешности обработки зависят и от погрешностей измерения, т. е. от неточностей измерительных инструментов или приборов и неточностей, обычно сопутствующих самому процессу измерения (неправильный отсчет показаний прибора, отклонения от нормальной температуры измерения, ошибки в настройке прибора и т. д.)

Методы оценки неточности обработки

Факторы, вызывающие погрешности установки, могут по-разному влиять на величину выдерживаемого размера у последовательно обрабатываемых деталей. В связи с этим различают погрешности систематические и случайные.

Систематическая погрешность — это такая погрешность, которая остается постоянной (*постоянная погрешность*) или же закономерно изменяется при переходе от одной детали к следующей (*переменная погрешность*). Например, если ширина дисковой заточенной фрезы на 0,1 мм меньше ширины, равной $16_{-0,075}^{+0,038}$ мм, необходимой для получения заданного размера паза 16 ПШ, то фрезеруемые пазы будут на 0,1 мм меньше требуемого размера (если фреза не имеет торцового биения). В этом случае в размере $16_{-0,075}^{+0,038}$ мм возникнет *систематическая постоянная погрешность* для всей партии деталей, равная 0,1 мм.

Систематическая переменная погрешность вызывается фактором переменного характера. Например, при фрезеровании пазов направляющих станка ширина паза по мере износа фрезы будет уменьшаться. Изменение ширины паза подчиняется определенной закономерности, поэтому погрешность, вызываемая износом фрезы, является систематической погрешностью. Вместе с тем это переменная погрешность, так как величина ее для каждой детали различна.

Случайная погрешность — это такая погрешность, величину и направление (в плюс или в минус) которой заранее нельзя предвидеть, так как ее появление не подчиняется какой-либо видимой

закономерности. Погрешность случайного характера может вызываться действием случайных факторов, т. е. таких, которые сами появляются случайно, или же она может возникнуть под влиянием большего числа факторов, хотя и систематических, но действующих не закономерно, а случайно.

Суммарная погрешность какого-либо размера (будем называть ее *результатирующей погрешностью*) возникает в результате совместного действия систематических и случайных факторов. Так как при обработке каждой детали создается своя комбинация по-

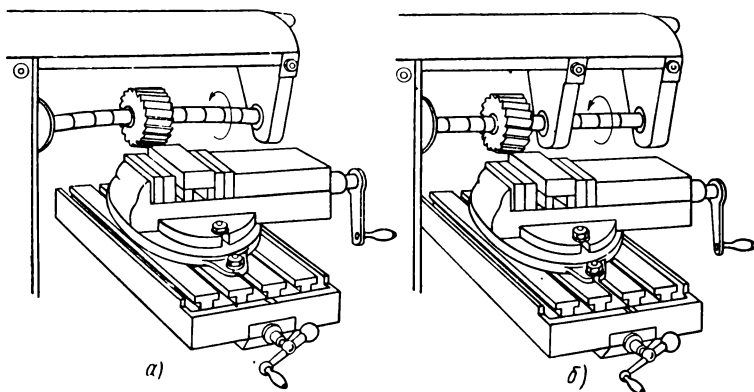


Рис. 93. Прогиб фрезерной оправки:

а — при работе с большим вылетом; *б* — при постановке второй серьги

грешностей, то две последовательно обработанные детали *не будут одинаковы* по размерам, *но будут годны*, если их отклонения от требуемого размера не будут выходить за пределы допуска.

Величину результирующей погрешности определяют обычно по частям (по составляющим). Для оценки влияния той или иной производственной погрешности (или группы производственных погрешностей) на величину выдерживаемого размера пользуются двумя методами: расчетным и статистическим.

Р а с ч е т н ы й м е т о д основан на установлении математической зависимости между величиной погрешности и фактором, ее вызывающим. Например, фрезерная оправка прогибается под действием силы и деталь получает искаженную форму и неточные размеры (рис. 93, *а*). Наибольшая величина отклонения действительного размера (толщина планки) от заданного будет равна удвоенному значению стрелы прогиба оправки. Величину стрелы прогиба можно рассчитать по формуле, приведенной в «Справочнике машиностроителя», рассматривая фрезерную оправку как балку, оба конца которой защемлены, в случае горизонтально-фрезерного станка, или как балку, защемленную одним концом, в случае вертикально-фрезерного станка.

Расчетный метод позволяет не только определить величину погрешности, но и видеть пути ее снижения. Например, в случае, показанном на рис. 93, а, можно значительно уменьшить прогиб оправки, если уменьшить вылет фрезы l (путем постановки второй серьги, как показано на рис. 93, б) или если уменьшить силу резания P (дать меньшую глубину фрезерования или меньшую подачу).

Расчетный метод определения результирующей погрешности особенно следует применять в тех случаях, когда по условиям

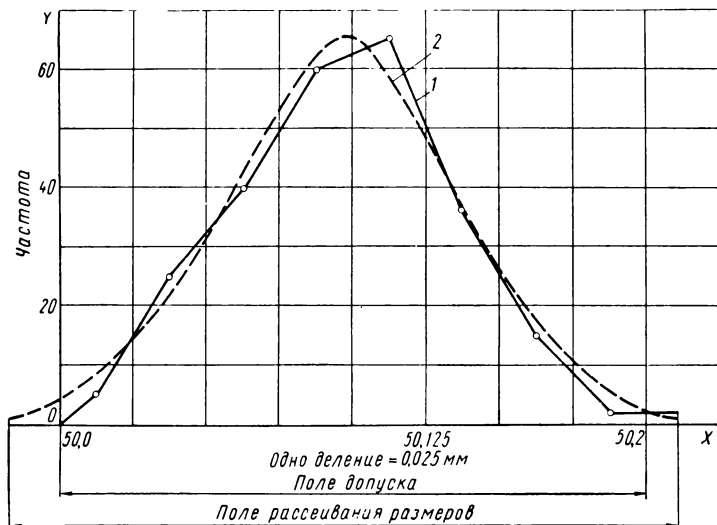


Рис. 94. Кривая рассеивания фактических размеров при обработке на станке

операции можно ожидать, что погрешность будет вызываться, в основном, одним каким-либо фактором и что все другие факторы не влияют существенно на величину погрешности.

Статистический метод основан на наблюдениях, проводимых в цехах. В результате действия случайных погрешностей при механической обработке (в том числе и фрезеровании) деталей их действительные размеры носят переменный характер, т. е. получается *рассеивание размеров*. При статическом методе измеряют действительные размеры деталей, получающиеся после обработки, и строят *кривые распределения*, по которым и судят о погрешности размера, возникающей в данных условиях.

Принцип и приемы построения кривой распределения поясним следующим примером. Предположим, что мы измерили ширину прямоугольного паза у 250 деталей, прошедших фрезерную обработку. На рис. 94 приведен график рассеивания фактических размеров, построенный по данным табл. 39. Табл. 39 составлена на

основании наблюдений за рассеиванием размеров по ширине паза после фрезерования. Ширина паза должна быть $50,2_{-0,2}$ мм. В первую графу табл. 39 внесены интервалы размеров, во вторую графу записывается частота повторяющихся размеров m и в третью — относительная частота размеров, определяемая как отношение частоты размеров по каждому интервалу к сумме всех произведенных измерений. На основе данных табл. 39 строят график, по оси абсцисс откладывают интервалы размеров, а по оси ординат — относительную частоту. Пользуясь данными измерения партии в 50 или более деталей, строят на основе законов теории вероятностей кривые нормального распределения¹, которые отражают влияние случайных погрешностей. На рис. 94 штриховой линией нанесена кривая нормального распределения, построенная по данным измерения партии в 250 деталей, согласно табл. 39.

Таблица 39

Запись фактических размеров ширины паза, проведенная на одной партии (250 деталей)

Размеры в мм (интервалы)	Абсолютная частота m	Относительная частота $\frac{m}{250}$	Размеры в мм (интервалы)	Абсолютная частота m	Относительная частота $\frac{m}{250}$
50,000—50,025	5	0,020	50,126—50,150	37	0,145
50,026—00,050	26	0,104	50,151—50,175	15	0,060
50,051—50,075	40	0,160	50,176—50,200	2	0,008
50,076—50,100	60	0,240	50,201—50,225	2	0,008
50,101—50,125	65	0,260			

Составление кривых распределения и их критический разбор помогают технологам решать следующие производственные задачи: а) возможно ли достижение заданных технологическим процессом операционных допусков; б) какие меры следует принять для обеспечения выполнения межоперационных допусков или допусков на окончательные размеры (подналадка станка, изменение допуска на размер фрезы, увеличение жесткости оправки установкой добавочной серги, введение предварительной обдирочной операции и т. д.); в) устранение систематических нарушений, возникающих в процессе выполнения операции, если известна кривая, полученная при нормальном ходе операции.

На основании данных наблюдения за обработкой и выборочных измерений деталей по методике, изложенной выше, строят точеч-

¹ Подробнее см. М. Е. Егоров, В. И. Дементьев и др. Технология машиностроения. М. изд-во «Высшая школа», 1965, стр. 70—82.

ные диаграммы, которые позволяют своевременно производить подналадку станка во избежание брака. Способ построения точечных диаграмм см. в указанной выше книге «Технология машиностроения».

Экономическая точность обработки

Экономической точностью обработки называется точность, получаемая в обычных производственных условиях, при использовании исправного оборудования, стандартного инструмента, квалифицированного рабочего и при затратах времени и средств, не превышающих затрат при других, сопоставимых методах обработки.

При составлении технологического процесса фрезерной операции надо руководствоваться, если нет других соображений, экономической точностью при различных видах фрезерования и назначать соответствующие отклонения размеров. Экономическая точность обработки при фрезеровании характеризуется средними отклонениями размеров фрезеруемых поверхностей от номинальных размеров.

В табл. 40—43 приведены средние экономические точности обработки при фрезеровании¹. Приведенные в табл. 40—43 отклонения следует принимать как средние значения, которые достигнуты на практике при работе на фрезерных станках общего назначения. На станках повышенной точности, а также на станках общего назначения при соответствующей квалификации рабочего

Таблица 40

Средняя экономическая точность обработки при фрезеровании плоскостей (отклонения в мм)

Фрезерование	Длина фрезеруемой плоскости в мм						
	До 120		121—360		361—500		501—1000
	Ширина плоскости в мм						
	До 120	До 120	Св. 120 до 360	До 120	Св. 120 до 360	До 120	Св. 120 до 360
Торцевой фрезой:							
черновое	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
получистовое	0,08	0,12	0,15	0,15	0,18	0,18	0,25
тонкое	0,04	0,06	0,08	0,08	0,09	0,09	0,12
Цилиндрической фрезой:							
черновое	0,20	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,50
получистовое	0,10	0,15	0,18	0,18	0,20	0,20	0,25

¹ Справочник металлиста, т. 3. М., Машиностроение, 1966.

Таблица 41

**Средняя экономическая точность обработки при одновременном
фрезеровании параллельных плоскостей дисковыми фрезами**
(отклонения в мм)

Фрезерование	Длина плоскости в мм					
	До 100			Св. 100		
	Высота плоскости в мм					
	До 50	50—80	80—120	До 50	50—80	80—120
Одновременное двумя дисковыми фрезами	0,05	0,06	0,08	0,06	0,08	0,10

Таблица 42

**Средняя экономическая точность обработки поверхностей
фасонной фрезой**
(отклонения в мм)

Длина фрезеруемой поверхности в мм	Черновая обработка		Чистовая обработка	
	Ширина фрезы в мм			
	До 120	120—180	До 120	120—180
До 100	0,25	—	0,10	—
Св. 100 до 300	0,35	0,45	0,15	0,20
» 300 » 600	0,45	0,5	0,20	0,25

Таблица 43

**Средняя экономическая точность обработки пазов
и шпоночных канавок шпоночной фрезой**
(отклонения в мм)

Длина паза и шпоночной канавки в мм	Черновой проход	Чистовой проход
От 6 до 10	0,10	0,03
Св. 10 » 18	0,15	0,04
» 18 » 30	0,20	0,05

или специальных приспособлениях может быть достигнута большая точность обработки. Так, например для получения точного шпоночного паза с отклонением по A_3 или ПШ рекомендуется шпоночную фрезу закреплять в специальном планерном патроне с регулируемым (от 0 до 1 мм) эксцентрицитетом. В СССР выпускаются в настоящее время шпоночно-фрезерные станки мод. ГФ718 и ГФ719, имеющие планетарное вращение шпинделя с регулированием эксцентрицитета.

2. ТОЧНОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ И ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Общие определения

Отклонения от заданной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей обработанной детали возникают в процессе обработки резанием как следствие неточностей и деформаций станка и приспособления, износа режущей кромки инструмента, деформаций обрабатываемой детали, а также неравномерности припуска на обработку.

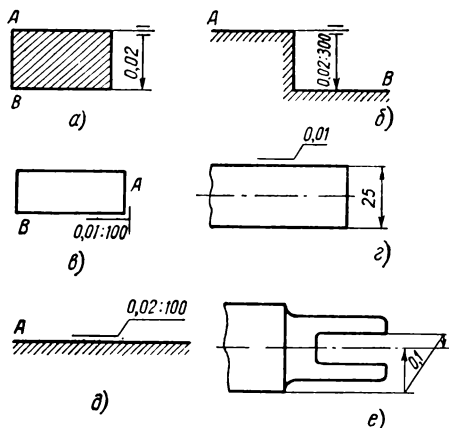


Рис. 95. Отклонения от заданной геометрической формы и расположения поверхностей фрезерованной детали:

a — непараллельность плоского бруска; *б* — непараллельность плоскостей уступа; *в* — неперпендикулярность; *г* — неплоскость; *д* — волнистость; *е* — несимметричность

от заданной формы и расположения поверхностей при фрезерной обработке и обозначения, принятые для предельных отклонений.

На рис. 95, *a* дан пример обозначения допустимого отклонения контура сечения призматического бруска, например, шпонки; здесь показано, что отклонение от параллельности плоскости *A* относительно плоскости *B* не должно превышать 0,02 мм по всей длине. На рис. 95, *б* показано, что допустимое отклонение от параллельности плоскости *A* относительно уступа *B* не должно превышать 0,02 мм на длине 300 мм. На рис. 95, *в* показан пример обозначения допустимого отклонения от перпендикулярности поверхности *B* относительно поверхности *A*; это отклонение по угольнику не должно превышать 0,01 мм на 100 мм длины. На рис. 95, *г* показано, что отклонение от прямолинейности поверхности *A* бруска толщиной 25 мм не должно превышать 0,01 мм на всей длине. Допустимое отклонение от плоскостности (вогнутости и

соответственно выпуклости) поверхности *A* показано на рис. 95, *д*. Пример обозначения отклонения расположения обработанной поверхности приведен на рис. 95, *е*; здесь показано, что отклонение от симметричного расположения паза вилки относительно цилиндра не должно превышать 0,1 мм.

Допускаемые отклонения

ГОСТом 10356—63 регламентированы предельные отклонения формы и расположения поверхностей.

Предельные отклонения от плоскостности и прямолинейности указанным ГОСТом предусмотрены для 10 степеней точности, ис-

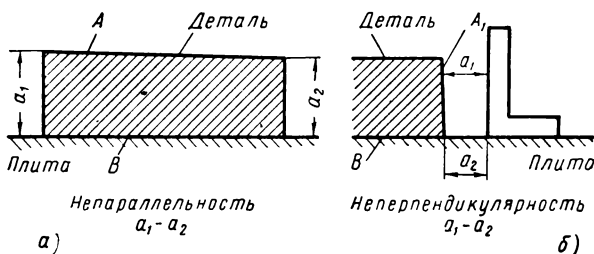


Рис. 96. Допуски на отклонения плоскостей:

a—на непараллельность плоскости *A* относительно плоскости *B*;
б—на неперпендикулярность плоскости *A* относительно плоскости *B*

ходя из всех видов обработки, в том числе чистовых и отделочных операций. В табл. 44 приводятся отклонения для VII, VIII, IX и X степеней точности, характерных для фрезерной обработки; VII и VIII степени точности требуют специальных средств обработки; IX и X степени точности могут быть получены при чистовом фрезеровании цилиндрической и торцовой фрезями.

Таблица 44

Предельные отклонения от плоскостности и прямолинейности

Длина проверяемой плоскости в мм	Степени точности			
	VII	VIII	IX	X
	Предельные отклонения в мк			
До 10	4	6	10	16
Св. 10 до 25	6	10	16	25
» 25 » 60	10	16	25	40
» 60 » 160	16	25	40	60
» 160 » 400	25	40	60	100
» 400 » 1000	40	60	100	160

Примечание. В том случае, если плоскостность проверяется контрольной плитой на краску, то допустимое отклонение от плоскостности определяется количеством пятен в квадрате со сторонами 25 мм: для VII степени точности не менее 40, для VIII — не менее 25, для IX — не менее 16 и для X — не менее 10.

На рис. 96 показано, как определяют допуски на отклонения от параллельности и перпендикулярности плоскости *A* относительно плоскости *B*, что соответствует схемам *a*, *b* и *в* на рис. 95. В табл. 45 приведены значения предельных отклонений для IX, X, XI и XII степеней точности из двенадцати, предусмотренных ГОСТом 10356—63.

Таблица 45

Предельные отклонения от параллельности и перпендикулярности

Длина проверяемой плоскости в мм	Степени точности			
	IX	X	XI	XII
	Предельные отклонения в мк			
До 10	16	25	40	60
Св. 10 до 25	25	40	60	100
» 25 » 60	40	60	100	160
» 60 » 160	60	100	150	250
» 160 » 400	100	160	250	400
» 400 » 1000	160	250	400	600

Степень точности указывается конструктором в чертеже в зависимости от характера и условий работы сочленяемых соединений пары.

3. КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ

Общие понятия

На поверхности детали после фрезерования образуются неровности в виде чередующихся выступов и впадин (волнистость), следы зубьев фрезы в виде гребешков (шероховатость), возникают остаточные напряжения в верхнем слое металла, меняется твердость на разной глубине от поверхности (упрочнение и наклеп) и происходят другие явления, влияющие на эксплуатационные свойства поверхностного слоя деталей машин. Все перечисленные характеристики определяют качество поверхностного слоя или, сокращенно, качество поверхности деталей машин.

В технике принято качество обработанной поверхности рассматривать с физико-механической и геометрической сторон.

Физико-механические свойства обработанной поверхности

Физико-механические свойства обработанной поверхности характеризуются отклонениями физических и механических свойств верхнего слоя металла от свойств в сердцевине детали.

В процессе резания поверхностный слой детали претерпевает значительные пластические деформации и поэтому его свойства существенно отличаются от свойств исходного металла (заготовки).

Металл в этом слое оказывается упрочненным, его твердость повышается, в нем возникают внутренние напряжения.

Степень и глубина *упрочнения* при фрезеровании зависят от режима резания, геометрии фрезы и свойств обрабатываемого металла.

При чистовом фрезеровании толщина упрочненного слоя не превышает нескольких сотых миллиметра, при черновом фрезеровании цилиндрической фрезой она достигает 0,12 мм (средние значения 0,04—0,08 мм) и при черновом фрезеровании торцевой фрезой — 0,2 мм (средние значения 0,06—0,10 мм).

Отношение твердости поверхностного слоя к твердости сердцевины при фрезеровании цилиндрическими и торцевыми фрезами составляет обычно в среднем 1,2—1,6 и достигает наибольшего значения 2,0.

Возникающие при фрезеровании остаточные *внутренние напряжения* достигают 20—80 кг/мм² на глубине от поверхности 0,05—0,10 и иногда 0,3 мм.

Наличие упрочнения и внутренних напряжений в поверхностном слое, как правило, понижает усталостную прочность детали и вызывает ускоренное разрушение ее в работе. Поэтому фрезеровщик должен стремиться при обработке не применять затупленного инструмента, уменьшать при помощи интенсивного охлаждения температуру в зоне резания, по возможности разделять съём припуска на черновой и чистовой переходы, не увеличивать без необходимости подачу на зуб фрезы.

Микрогеометрия поверхности

Неровности на поверхности детали, получающиеся после грубой обработки при большой подаче на зуб и глубине резания, видны и легко ощутимы пальцем. Неровности после полустивовой и чистовой обработки при малой подаче на зуб и небольшой глубине резания незаметны невооруженным глазом и почти не ощутимы на ощупь.

Шероховатость (чистота) поверхности представляет собой совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующих рельеф поверхности и условно рассматриваемых в пределах участка, длина которого выбирается в зависимости от характера поверхности и равна базовой длине l .

Современное машиностроение с его большими скоростями предъявляет весьма высокие требования к шероховатости (чистоте) поверхностей деталей машины.

Волнистость поверхности характеризуется неровностями, имеющими значительно больший шаг, чем неровности, образующие шероховатость.

Геометрическое представление о качестве поверхности в смысле наличия на ней гребешков, впадин, штрихов и других неровностей на малых участках ее называется *микрогеометрией поверхности*.

На микрогеометрию поверхности при фрезеровании в основном влияют следующие факторы:

- 1) режим фрезерования (скорость резания, подача на зуб, глубина резания и род охлаждаемой жидкости);
- 2) вибрации вследствие недостаточной жесткости станка, приспособления, инструмента и детали;
- 3) геометрия, качество и состояние заточки и износ зуба фрезы (трение задней поверхности зуба об обработанную поверхность);
- 4) механические свойства обрабатываемого материала и материала инструмента.

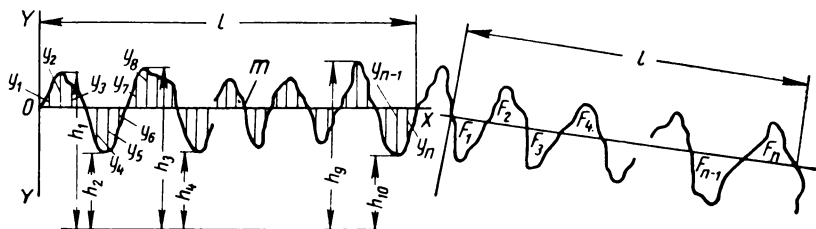


Рис. 97 Профиль обработанной поверхности

Для объективного суждения о шероховатости (классе чистоты) поверхности после механической обработки служит Государственный общесоюзный стандарт «Шероховатость поверхности» (ГОСТ 2789—59). В этом стандарте для оценки шероховатости приняты два критерия: R_a — среднее арифметическое отклонение профиля и R_z — высота неровностей.

На рис. 97 показан условно профиль обработанной поверхности для определения величин R_a и R_z . Чтобы исключить влияние волнистости и отклонения формы и измерять только шероховатость, предусмотрено определение шероховатости на базовой длине l . Поэтому в ГОСТе 2789—59 величина шероховатости, отвечающая определенному классу, связана с величиной базовой длины: 0,08; 0,25; 0,8; 2,5 и 8 мм.

Высота неровностей R_z — среднее расстояние между находящимися в пределах базовой длины пятью высшими точками выступов и пятью низшими точками впадин, измеренное от линии, параллельной средней линии (см. рис. 97):

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + \dots + h_9) - (h_2 + h_4 + \dots + h_{10})}{5}.$$

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a — среднее значение расстояний (y_1, y_2, \dots, y_n) точек измеренного профиля до его средней линии. Приближенно

$$R_a = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n}.$$

Расстояния y от средней линии профиля суммируются по абсолютной величине. Обработанную фрезой поверхность оценивают по поперечной шероховатости, т. е. перпендикулярно в направлении подачи стола.

ГОСТ 2789—59 предусматривает 14 классов чистоты поверхности, для которых максимальные числовые значения шероховатости R_a или R_z при базовых длинах l должны соответствовать указанным в табл. 46.

Таблица 46

Классы чистоты поверхности
(по ГОСТу 2789 59)

Класс чистоты поверхности	Обозначение	Среднее арифметическое отклонение профиля R_a в мк	Высота неровностей R_z в мк	Базовая длина l в мм
		не более		
1	$\nabla 1$	80	320	8
2	$\nabla 2$	40	160	
3	$\nabla 3$	20	80	
4	$\nabla 4$	10	40	
5	$\nabla 5$	5	20	2,5
6	$\nabla 6$	2,5	10	0,8
7	$\nabla 7$	1,25	6,3	
8	$\nabla 8$	0,63	3,2	
9	$\nabla 9$	0,32	1,6	0,25
10	$\nabla 10$	0,16	0,8	
11	$\nabla 11$	0,08	0,4	0,08
12	$\nabla 12$	0,04	0,2	
13	$\nabla 13$	0,02	0,1	
14	$\nabla 14$	0,01	0,05	

Примечание. Для классов чистоты 6—12 основной является шкала R_a , для классов 1—5, 13—14 — шкала R_z .

Для обозначения всех классов чистоты предусматривается один знак — равносторонний треугольник ∇ . Рядом с треугольником указывается номер класса, например $\nabla 7$, $\nabla 8$, $\nabla 14$.

Числовое значение шероховатости (класса чистоты) поверхности ограничивает только максимальную величину шероховатости по параметру R_a или R_z . Так, например, $\nabla 9$ включает поверхность с R_a не более 0,32 мк. В тех случаях, когда необходимо ограничить максимальную и минимальную величины шероховатости, в обозначении должны указываться два номера классов: например, $\nabla 9-10$ указывает, что шероховатость должна быть по R_a не менее 0,16 и не более 0,32 мк.

Шероховатость (класс чистоты) поверхностей грубее 1-го класса обозначается знаком ∇ , над которым указывается высота неровностей R_a в микронах.

Рассмотрим шероховатости (классы чистоты) поверхности, которые могут быть получены фрезерованием.

1-й, 2-й и 3-й классы ($\nabla 1$, $\nabla 2$, $\nabla 3$) включают грубые поверхности, полученные в результате предварительного фрезерования.

4-й, 5-й и 6-й классы ($\nabla 4$, $\nabla 5$, $\nabla 6$) включают поверхности, полученные чистовым фрезерованием.

7-й, 8-й и 9-й классы ($\nabla 7$, $\nabla 8$ и $\nabla 9$) включают поверхности, полученные скоростным фрезерованием.

Поверхности с шероховатостью (классом чистоты) $\nabla 10$ — $\nabla 14$ фрезерованием получить нельзя. Они получают при таких методах чистовой и отделочной обработки, как тонкое и скоростное шлифование, хонингование, суперфиниш, притирка, обработка алмазными инструментами, полирование¹.

Обеспечение заданной чистоты поверхности и контроль

Фрезерование с заданной чистотой (шероховатостью) поверхности по 2 и 3-му классам ($\nabla 2$ и $\nabla 3$) не представляет никаких затруднений и легко осуществляется при черновой обработке.

Чистоту поверхности по 4, 5 и 6-му классам ($\nabla 4$, $\nabla 5$ и $\nabla 6$) сравнительно легко можно получить при цилиндрическом и торцовом фрезеровании при работе на исправном оборудовании, при жестком закреплении деталей и незатупленной фрезе. Необходимый класс чистоты поверхности достигается соответствующим уменьшением подачи либо увеличением скорости резания.

Для получения шероховатости поверхности по 7, 8 и 9-му классам чистоты ($\nabla 7$, $\nabla 8$ и $\nabla 9$) приходится выбирать геометрию фрезы (число зубьев для цилиндрической фрезы; φ и φ_1 для торцовой фрезы) и назначать соответствующие режимы фрезерования. Особо важное значение при этом имеет достаточная жесткость системы станок — приспособление — инструмент — деталь и отсутствие биения фрезы.

Для получения более чистой поверхности при обработке плоскостей торцовыми фрезами большого диаметра можно устанавливать шпиндель станка с небольшим отклонением от вертикали. При этом наряду с улучшением качества поверхности уменьшается дуга контакта фрезы с заготовкой, улучшаются условия резания и охлаждения, уменьшается потребляемая мощность на фрезерование. Недостатком этого метода является небольшая неплоскостность (вогнутость) обработанной поверхности. Данные для определения угла отклонения шпинделя от вертикали в зависимости от условий фрезерования и получающуюся при этом вогнутость см. в журнале «Станки и инструмент»².

¹ Шероховатость 10-го класса чистоты, рекомендуемая чертежом на режущих кромках некоторых фрез, достигается после абразивной заточки доводкой пастой.

² Ф р и д м а н Ю. А. Расчет величины угла наклона шпинделя фрезерного станка при обработке плоскостей. 1963, № 4.

Контроль класса чистоты (шероховатости) полученной поверхности обеспечивается непосредственным измерением неровностей или сравнением с образцами.

Средствами для определения шероховатости поверхности являются образцы (эталон и образцовые детали) и специальные приборы.

В цеховых условиях применяют *эталон*, выпускаемые отечественными заводами для 4, 5, 6 и 7-го классов чистоты (рис. 98). При проверке эталон прикладывают к обработанной поверхности и сравнивают, что дает возможность определить шероховатость поверхности до 7-го класса в пределах ошибки на один класс.

Применение лупы с пятидесятикратным увеличением дает возможность сравнения шероховатости поверхностей примерно до 8—9-го классов чистоты с той же погрешностью в пределах одного класса. Полные наборы этих эталонов должны быть в центральной измерительной лаборатории завода, технологическом и конструкторском отделах завода. В бюро цехового контроля должны быть только эталоны, характерные для поверхностей деталей, обрабатываемых в цехе; эти эталоны необязательно хранить на рабочем месте. Рекомендуется при обработке партии деталей с заданной шероховатостью поверхности изготовить первую пробную деталь с поверхностью заданного класса и затем изготавливать остальные детали по этому образцу.

Образцовые детали целесообразно применять в тех случаях, когда проверяемые детали имеют сложную форму, которую трудно воспроизвести на эталонах (криволинейные очертания, переходные кривые и т. д.), или когда цех (производственный участок) имеет узкую номенклатуру выпускаемых деталей отечественного назначения.

Для получения надежных данных при контроле методом сравнения с деталями-образцами необходимо по возможности выполнение следующих условий: 1) образцовая деталь должна быть изготовлена из того же материала, что и проверяемая; 2) способы обработки поверхностей образца и детали должны быть одинаковыми, так как поверхности одного и того же класса чистоты, но полученные при различных методах обработки (например, фрезерование и строгание), имеют различный внешний вид.

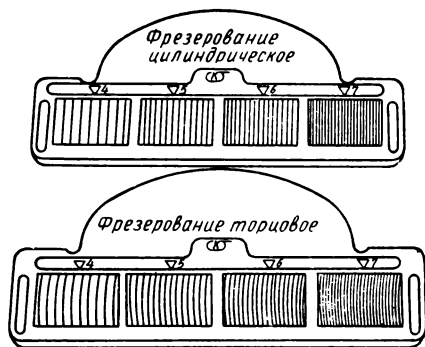


Рис. 98. Эталон класса чистоты поверхности при фрезеровании

Контроль методом сравнения с образцами — надежный производственный метод. Ошибки определения этим методом шероховатости для 2—9-го классов чистоты не превышают одного класса.

Для определения численной величины шероховатости поверхности существуют приборы, основанные на методе ощупывания проверяемой поверхности, и оптические приборы.

Приборы, показывающие непосредственно шероховатость поверхности, называют *профилометрами*. Приборы, записывающие шероховатость в виде увеличенного в пределах от 500 до 5000 раз профиля проверяемой поверхности (профилограммы), называют *профилографами*. Профилометры и профилографы применяют для выборочного контроля деталей и лабораторного исследования шероховатости обработанной поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долматовский Г. А. Справочник технолога. М., Машгиз, 1962.
 2. Егоров М. Е., Деметьев В. И. и др. Технология машиностроения. Изд-во «Высшая школа», 1965.
 3. Справочник технолога-машиностроителя, т. I, стр. 9—64. В. М. Кован, А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. Точность механической обработки. Расчет точности обработки. М., Машгиз, 1963.
 4. ГОСТы 13—54; 154—41; 155—41; 165—65; 3457—46; 2789—59; 10356—63.
-

ГЛАВА V

ОСНОВЫ ВЫБОРА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ФРЕЗЕРНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

Определения, терминология и классификация

Приспособлением для фрезерной обработки называется дополнительное оборудование к фрезерному станку, позволяющее устанавливать, ориентировать и зажимать заготовку соответственно требованиям технологического процесса.

По степени специализации фрезерные приспособления делятся на следующие виды.

1. **С п е ц и а л ь н ы е**, предназначенные для выполнения одной операции при обработке определенной детали (или группы однотипных деталей). Применяются преимущественно в массовом и крупносерийном производствах, отчасти и в серийном.

2. **У н и в е р с а л ь н ы е**, предназначенные для обработки ряда деталей и обычно прикладываемые к фрезерному станку (зажимные тиски, самоцентрирующие патроны, делительные головки, поворотные столы, круглые столы и другие нормальные принадлежности и приспособления), которые могут быть налажены для установки, фиксации и закрепления данной заготовки. Универсальные приспособления и принадлежности к фрезерным станкам значительно расширяют область выполняемых фрезерным станком работ, упрощают работу на станке, сокращают вспомогательное время и увеличивают производительность. Универсальные приспособления и принадлежности иногда называют *нормальными*. Их широко применяют в единичном и мелкосерийном производствах, а также в ремонтных, инструментальных и экспериментальных цехах.

3. **У н и в е р с а л ь н о - н а л а д о ч н ы е**, предназначенные для обработки деталей, близких по конструктивно-технологическим параметрам, но требующих переналадки на каждый типоразмер детали (тиски со сменными губками, круглые и поворотные столы, делительные устройства и т. д.); переналадка при-

способления осуществляется путем установки сменных элементов (наладок) или регулировки их положения.

4. У н и в е р с а л ь н о - с б о р н ы е (УСП), собираемые из нормализованных деталей и узлов, находящихся в комплекте на складе. После использования УСП разбирают на составные элементы, из которых затем можно собрать новое приспособление.

По степени механизации и автоматизации различают следующие группы приспособлений: 1) *ручного действия*, в которых загрузка и выгрузка, зажим и раскрепление обрабатываемых деталей производятся вручную; 2) *полуавтоматические*, в которых зажим и раскрепление обрабатываемых деталей производятся автоматически, а установка и съем — вручную; 3) *автоматические*, в которых все движения, связанные с установкой, зажимом, раскреплением и снятием деталей, производятся автоматически, т. е. без вмешательства рабочего.

Приводы станочных приспособлений классифицируются по источнику энергии и методам компоновки с приспособлениями.

По источнику энергии приводы делятся на пневматические, пневмогидравлические, гидравлические, пружинно-пневматические (рабочий ход и зажим под действием пружины), электромеханические, магнитные, вакуумные, центробежно-инерционные.

По методам компоновки различают приводы: *встроенные*, когда отверстия под поршни или полости под диафрагмы силового привода расточены непосредственно в корпусе приспособления, и *отделенные*, когда привод полностью отделен от приспособления и представляет собой самостоятельный силовой агрегат, используемый в компоновках с различными приспособлениями.

Отделенный привод является наиболее прогрессивным в области проектирования и эксплуатации станочных приспособлений.

Основные направления в проектировании приспособлений

В условиях массового, серийного и единичного производств к конструкциям приспособлений и их приводов предъявляются различные требования, в зависимости от которых определяются степень специализации приспособлений, уровень их механизации и автоматизации и основные направления дальнейшего развития.

В крупносерийном и массовом производствах экономически оправдывается применение специальных приспособлений с встроенным и отделенным пневматическим, пневмогидравлическим или гидравлическим приводом. Помимо общих требований — точность, жесткость, компактность — главная задача сводится к максимальной механизации и автоматизации приспособлений с целью повышения производительности и облегчения труда рабочих. Широко внедряются многоместные, полуавтоматические и автоматические приспособления, столы для непрерыв-

ной обработки, автоматические поворотные и делительные столы для позиционной обработки, многошпиндельные приставные и агрегатные головки, загрузочные устройства и т. п.

В серийном производстве, как и в массовом, задача повышения производительности и облегчения труда рабочих является главной, поэтому и здесь приспособления должны быть быстродействующими, т. е. максимально оснащенными механизированными силовыми приводами, а в ряде случаев полуавтоматическими.

Наряду с этим в мелкосерийном и единичном производствах к конструкциям приспособлений предъявляется ряд дополнительных требований, вытекающих из специфики этих производств.

1. Сокращение сроков и стоимости подготовки производства, что в условиях большой номенклатуры и частой смены объектов производства имеет решающее значение.

2. Сокращение времени на переналадку оборудования, что очень важно при внедрении групповых технологических процессов и организации групповых потоков в серийном машиностроении.

3. Экономичность приспособлений.

В наибольшей степени указанным требованиям отвечают переналаживаемые (групповые и универсальные) и универсально-сборные (система УСП) приспособления.

Что должен знать фрезеровщик для выбора рационального станочного приспособления?

Фрезеровщику редко приходится самому конструировать станочное приспособление, также вряд ли ему приходится производить расчет его на жесткость, точность закрепления и базирования. Однако квалифицированный фрезеровщик должен знать правила базирования заготовок, чтобы сознательно подойти к установке ее при выполнении операции; он должен знать основные типы, назначение и область применения установочных, зажимных и направляющих элементов станочного приспособления, чтобы дать технологу и конструктору свои предложения по улучшению, модернизации и даже новой конструкции примененного для данной операции приспособления; он должен быть в курсе современных конструкций универсальных (нормальных и переналаживаемых) приспособлений, позволяющих механизировать и автоматизировать фрезерную операцию.

Если во гл. II—IV книги приведены рекомендации по сокращению основного (технологического) времени вследствие выбора рационального режима фрезерования, высокопроизводительного инструмента при заданной точности и частоте обработанной поверхности, то в данной главе даются рекомендации по сокращению вспомогательного времени за счет выбора более жесткого и

эффективного способа установки, зажима и разжима заготовки и, в случае необходимости, механизации и автоматизации этих приемов.

2. УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Поверхности заготовки (детали), на которые производится ее установка, называется *установочными базовыми поверхностями* или сокращенно *установочными базами*.

Фиксация положения заготовки относительно фрезы достигается соприкосновением установочной базы с соответствующими поверхностями приспособления или стола станка или же путем выверки положения установочной базы. Фиксация положения заготовки по установочным базам называется *базированием заготовки*. Таким образом, базирование заготовки должно предшествовать ее закреплению для обработки. От точности базирования зависит успех обработки.

Установочные базы

Установочной базой могут быть разные поверхности детали: плоскость, наружные, внутренние и торцовые поверхности цилиндрических тел, поверхности центровых гнезд, конические и криволинейные поверхности.

Установочными базами могут быть необработанные поверхности или *черновые базы* — при первоначальной обработке на станке. Точная повторная установка заготовки на необработанную поверхность невозможна, поэтому для второй и последующих операций черновая база заменяется поверхностью, прошедшей механическую обработку, или *чистой базой*.

Различают основные и вспомогательные установочные базы. *Основной базой* называют такие поверхности, которые необходимы для работы детали в собранном узле и изделии. Например, отверстие во втулке зубчатого колеса, служащее для его базирования во время нарезания зубьев, является основной базой, так как этим отверстием зубчатое колесо надевается на вал при сборке. Цилиндрическая поверхность вала, служащая установочной базой во время фрезерования в нем шпоночной канавки, является основной базой, так как на эту поверхность надеваются зубчатые колеса, шкивы, муфты и т. п. *Вспомогательная база* обычно создается искусственно для облегчения базирования заготовки: она не имеет никакого значения в детали, собранной в узел. Например, центровые гнезда вала — вспомогательная база для установки в центрах делительной головки на фрезерных, резьбофрезерных или зубофрезерных станках — и не требуется для работы вала в собранной машине.

Поверхности, линии и точки, от которых производят измерения обрабатываемых поверхностей, называют *измерительными базами*.

Измерительная база может совпасть с установочной, что, как увидим дальше, весьма желательно.

На рис. 99, а установочная база 1 служит одновременно измерительной, так как на рабочем чертеже она непосредственно связана размером $30 \pm 0,15$ мм с фрезеруемой плоскостью 2. На рис. 99, б измерительной базой является поверхность 3, а установочной базой остается поверхность 1. Для того чтобы установить фрезу на требуемый размер $20 \pm 0,15$ мм (расстояние фрезеруемой плоскости 2 от измерительной базы 3), надо определить размер x — величину расстояния от установочной базы 1, что требует дополнительных расчетов.

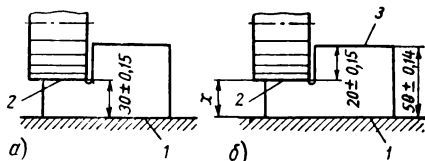


Рис. 99. Две схемы установок, когда а — измерительная база совпадает с установочной; б — измерительная база не совпадает с установочной

Выбор установочных баз

В ы б о р ч е р н о в о й б а з ы. При обработке отливок, поковок или проката приходится для первой операции пользоваться черновой базой. Приводим некоторые правила, которыми следует руководствоваться при назначении черновых баз.

1. Если у детали некоторые поверхности не требуют механической обработки, то их обычно принимают за черновую базу при первой операции. В этом случае эти поверхности будут иметь наименьшие смещения относительно обработанных.

2. Если деталь обрабатывают полностью, за черновую базу следует принимать поверхность с наименьшим припуском.

3. Черновые базы должны быть по возможности ровными и чистыми. Нельзя принимать за черновую базу места, где в заготовках расположены прибыли, литники, разъемы опок или штампов.

4. Черновая база должна обладать достаточными размерами и в самой заготовке должна занимать наиболее определенное место относительно других поверхностей. С этой точки зрения поверхности литых отверстий менее надежны, так как при заливке металла формовочные стержни могут сдвинуться относительно самой модели.

5. Черновая база должна обеспечивать наиболее удобную обработку поверхности, принимаемой далее за чистовую установочную базу.

В ы б о р ч и с т о в о й б а з ы. Для выбора чистовой базы также установлены некоторые правила.

1. Чистовая установочная база должна по возможности совпадать с измерительной, т. е. быть непосредственно связанной размерами с обрабатываемой поверхностью (см. рис. 99, а).

2. При выборе чистой базы надо стремиться, чтобы ее сохранить как установочную для обработки поверхностей во всех дальнейших операциях, т. е. стремиться обеспечить *принцип постоянства баз*.

3. Чистовая база должна обеспечить наибольшую устойчивость и наибольшую жесткость заготовки (т. е. наименьшие деформации) от зажима и сил резания.

4. Чистовая база должна обеспечить наибольшую простоту и дешевизну приспособления, удобство установки и надежность зажима заготовки.

Погрешности базирования

Погрешность базирования есть неточность размера детали при несовпадении установочной и измерительной баз. Если детали данной партии устанавливаются по установочной базе так, что она совпадает с измерительной (см. рис. 99, а), то погрешность базирования равна нулю. Однако приспособление, рассчитанное на установку, в случае когда обе эти базы совпадают, неудобно в эксплуатации и тогда целесообразно использовать базирование по рис. 99, б (когда установочная и измерительная базы не совпадают, но с обязательным условием, чтобы получающаяся при этом погрешность базирования была меньше допуска на размер, связывающий измерительную базу с обрабатываемой поверхностью).

На рис. 99, б рассмотрен случай, когда деталь обрабатывается на настроенном станке, т. е. с зафиксированным положением фрезы относительно установочной базы 1 на расстоянии x . Установочная база 1 не связана размером с обрабатываемой поверхностью 2. В предыдущей операции, когда обрабатывалась измерительная база 3, размер от нее до установочной базы 1 выдерживался, как видно из рис. 99, б, в пределах $50 \pm 0,14$ мм. Это значит, что у некоторых деталей в партии этот размер был предельным и равнялся 50,14 мм, а у других равнялся 49,86 мм. Так как установочная поверхность 1 приспособления и фреза занимают постоянное положение относительно друг друга, то при базировании деталей положение их измерительной базы относительно фрезы будет колебаться в пределах того же допуска 0,28 мм, который в данном случае является величиной погрешности базирования.

Если предположить, что никаких других погрешностей не будет, то на размер x , равный 30 мм, можно было бы дать допуск $\delta_{30} = 0,28$ мм*. Однако мы знаем, что всегда имеются погрешности обработки (т. е. рассеивание размеров при обработках, подобных изображенным на рис. 94).

На размер $20 \pm 0,15$ мм дан допуск 0,3 мм; следовательно, сумма погрешностей обработки не должна превышать $0,3 - 0,28 =$

* В технической литературе принято обозначать допуск греческой буквой δ . В данном случае δ_{30} обозначает допуск на размер 30 мм.

= 0,02 мм, а это равносильно тому, что размер 30 мм (50—20) надо выдержать с допуском 0,02 мм. Очевидно, что такой допуск выдержать невозможно.

Для выхода из создавшегося положения имеются два пути: а) отказаться от установки по установочной базе 1 и проектировать приспособление, приняв измерительную базу 3 за установочную; б) оставить, если это выгодно и неизбежно, схему установки по установочной базе 1, но одновременно *перераспределить допуски* на размеры с таким расчетом, чтобы увеличить допуск на размер 30 мм (δ_{30}) и тем самым учесть реальные погрешности обработки.

Для увеличения допуска δ_{30} нужно или увеличить допуск δ_{20} или уменьшить допуск δ_{50} . Однако увеличивать чертежный размер без согласования с конструктором нельзя, следовательно, остается одна возможность — уменьшить допуск на размер 50 (δ_{50}), т. е. *конструкторский* допуск заменить более узким — *производственным* или *технологическим*. Если, например, $\delta_{50} = 0,28$ заменить допуском $\delta_{50} = 0,2$, то при этом получим $\delta_{30} = 0,1$ мм, т. е. $\delta_{20} = \delta_{50} + \delta_{30} = 0,2 + 0,1 = 0,3$ мм, как задано чертежом. При этом размер x будет равен $30 \pm 0,05$ мм.

Таким образом, при несовпадении установочной базы с измерительной неизбежно перераспределение допусков. Вот почему мы должны всегда стремиться по возможности к совмещению установочной и измерительной баз.

Рассмотрим основные способы установки заготовки в приспособлениях.

Установка призматической заготовки по плоскостям

На рис. 100, а дана схема установки призматической заготовки, обеспечивающая определенное положение ее в пространстве, а следовательно, и по отношению к фрезе. Нижней базовой поверхностью, *опорной* заготовка установлена на штифты 1, 2 и 3, размещенные в виде треугольника. Как известно из практики, три опорные точки необходимы и достаточны, чтобы установить любую деталь по плоскости. Двух опорных точек мало, так как деталь сможет поворачиваться вокруг оси, проходящей через эти точки, а четвертая точка будет лишней.

Прижимая заготовку силой P_1 в направлении опорной поверхности, мы лишаем ее возможности перемещаться в вертикальном направлении (по оси Z) и поворачиваться вокруг горизонтальных осей (X и Y). Говоря математическим языком, мы лишили заготовку трех степеней свободы. Для того чтобы воспрепятствовать смещению заготовки в горизонтальном направлении (по оси X) и повороту около вертикальной оси (Z), вертикальная базовая поверхность заготовки — назовем ее *направляющей* — опирается на два штифта 4 и 5 и прижимается к ним силой P_2 . Мы лишили заготовку еще двух степеней свободы. Остается только возможность

смещения заготовки вдоль горизонтальной оси Y . Но этому смещению заготовки препятствует штифт $б$, к которому заготовка прижимается второй вертикальной базовой, *упорной*¹ поверхностью с силой P_3 . Лишив заготовку еще одной степени свободы, мы получаем вполне определенное положение заготовки в пространстве.

Разберем, почему направляющая поверхность должна опираться на два, а упорная — на один штифт. Если бы направляющая поверхность опиралась на один штифт, заготовка могла бы поворачиваться вокруг вертикальной оси Z , следовательно, одного штифта недостаточно. Третий штифт — лишний, так как он уве-

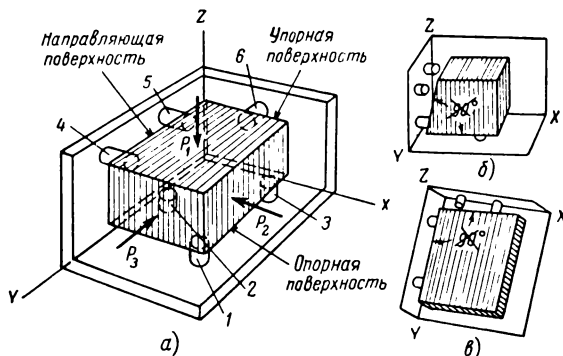


Рис. 100. Схема установки призматической заготовки

личивает определенность установки; наоборот, если направляющая поверхность неперпендикулярна опорной (а при черновой заготовке так и бывает), может оказаться, что направляющая поверхность упрется в один из трех штифтов, что недопустимо, так как заготовка сможет поворачиваться вокруг этого штифта (рис. 100, б). В упорной поверхности (рис. 100, в) нужен только один штифт, так как вследствие неперпендикулярности направляющей и упорной поверхностей второго штифта заготовка касаться не будет. Понятно, что если заготовка устанавливается в приспособлении обработанными поверхностями, опорные точки можно заменить опорными плоскостями. В соответствии с этим правилом базируют в приспособлениях не только заготовки типа призм, но и плиты, планки, стойки, кронштейны и многие корпусные детали.

Не всегда, однако, требуется при фрезеровании вполне определенное положение заготовок в пространстве. Например, при

¹ Обычно в качестве направляющей поверхности стремятся использовать более длинную вертикальную поверхность, так как надежность установки увеличивается. Упорная поверхность может быть очень узкой.

фрезеровании паза в бруске по рис. 101 с закреплением в тисках его обычно устанавливают на две подкладки, заменяющие три точки в опорной поверхности, и прижимают в неподвижной губке, заменяющей две точки в направляющей поверхности. Шестая точка в упорной поверхности отсутствует, так как для точности обработки положение бруска в продольном направлении роли не играет (размеры паза даны на чертеже от опорной и направляющей поверхностей).

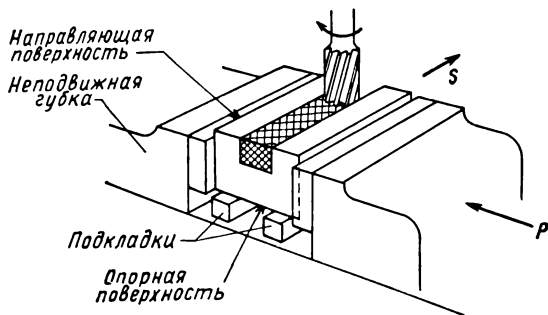


Рис. 101. Базирование бруска в тисках

При фрезеровании больших плоских заготовок с вакуумным прижимом заготовку устанавливают на столе, поверхность которого заменяют три опорные точки (см. рис. 5), остальные три опорные точки не нужны, так как для точности обработки положение заготовки в продольном и поперечном направлениях роли не играет.

Однако при фрезеровании плоскостей брусков, планок, мелких корпусов на магнитной плите (см. рис. 4), поверхность которой заменяет три точки, достаточные для базирования, для ограничения смещения заготовок под действием силы резания приходится применять боковые упоры в виде накладок.

Установочные элементы приспособлений

Для установки заготовок в приспособлениях используют установочные детали.

Установочные детали делятся на *основные* и *вспомогательные*. Основные установочные детали определяют положение заготовки в приспособлении относительно фрезы, а вспомогательные служат для придания заготовке во время ее обработки дополнительной жесткости в целях уменьшения прогиба и предупреждения вибраций.

Опорными точками в приспособлениях служат *опорные штыри* (рис. 102) с плоской (тип I), рифленой (тип II) и сферической (тип III) поверхностями. Штыри типов II и III применяют преимущественно для базирования заготовок по необработанным

поверхностям, причем насечки на штырях типа II препятствуют смещению заготовки по опоре, а штыри типа I — по обработанным.

Пластины опорные по ГОСТу 4743—57 (рис. 103) применяют при базировании по обработанным поверхностям.

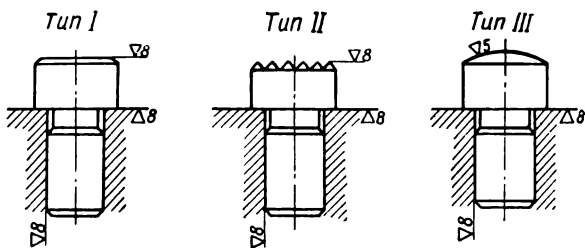


Рис. 102. Штыри опорные по ГОСТу 4083—57

Пластины типа I следует применять для боковых опор; пластины типа II применяют для нижних боковых и верхних опор. Косые пазы в пластинах типа II облегчают чистку опорных поверхностей приспособления от стружки.

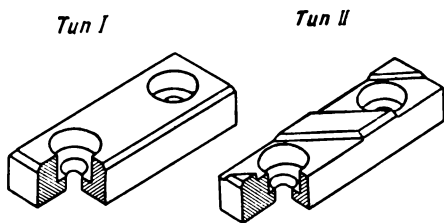


Рис. 103. Пластины опорные по ГОСТу 4743—57

Поверхности корпуса приспособления, на которые устанавливают опорные штыри и пластины, нужно выполнять так, чтобы их можно было легко и достаточно точно обработать на одном уровне.

Регулируемые опоры (рис. 104) применяют для базирования заготовки необработанной поверхностью в тех случаях, когда припуск у различных партий заготовок различен. Регулируемая опора представляет собой винт, имеющий сферическую опору (типы I и III) или конусообразную (тип II). Винт ввертывается в основание приспособления или специальную накладку.

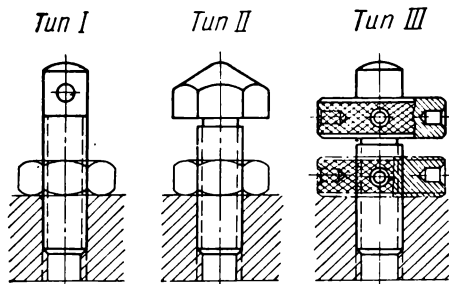


Рис. 104. Опоры регулируемые по ГОСТу 4084—57 ÷ 4086—57

Регулирование высоты выдвижения опоры производится поворотом винта за круглое отверстие (тип I), за шестигранную головку (тип II) или за кольцевую шайбу, выточенную заодно с винтом (тип III). В первых двух случаях гайка служит для закрепления установленной высоты опоры.

При базировании заготовок на необработанные или грубо обработанные поверхности, а также при обработке недостаточно жестких заготовок установка на плоскость по трем точкам оказывается недостаточной. Кроме того, иногда опорные штифты сильно вдавливаются в заготовку вследствие большого удельного давления от ее веса.

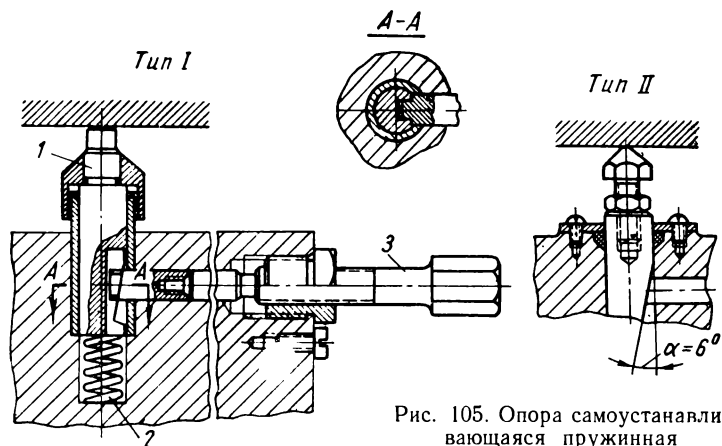


Рис. 105. Опора самоустанавливающаяся пружинная

Для уменьшения деформации нежестких заготовок от сил резания, а в ряде случаев для увеличения площади контакта и снижения удельного давления в точках опоры применяют *вспомогательные опоры* (подпоры).

Вспомогательные опоры бывают *самоустанавливающимися* и *подводимыми*.

На рис. 105 показана пружинная самоустанавливающаяся опора, в которой плунжер с опорной пяткой 1 доводится до контакта с поверхностью заготовки пружиной 2 и стопорится в этом положении винтом 3. Плунжер может быть цельным (тип I) и регулируемым (тип II).

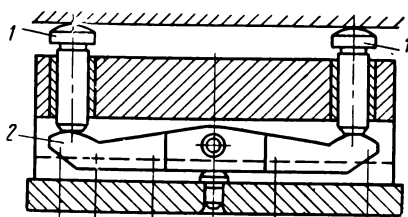


Рис. 106. Плавающая самоустанавливающаяся опора с двумя точками контакта

На рис. 106 изображена плавающая самоустанавливающаяся опора, в которой плунжеры 1, опираясь одним концом на балансир 2, другим концом входят в контакт с поверхностью заготовки и устанавливаются в зависимости от ее неровностей. Посадка плунжеров по X_3 .

На рис. 107 показана подводимая опора, в которой плунжер с опорной пяткой 1 доводится до контакта с поверхностью заготовки движением скалки 2, которая в подведенном состоянии

стопорится сухарями 3. Сухари для обычных работ расклиниваются конусом (тип I), а для тяжелых работ — шариками (тип II).

Подводимые опоры используются также и в тех случаях, когда заготовка устанавливается в приспособлении на обработанную

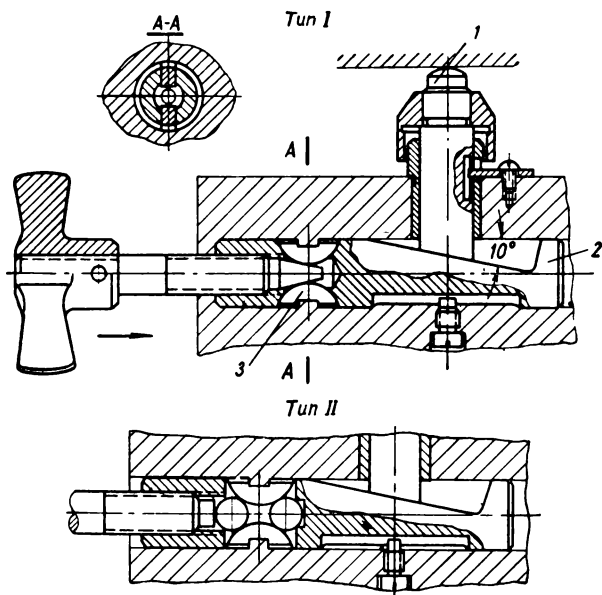


Рис. 107. Опоры подводимые

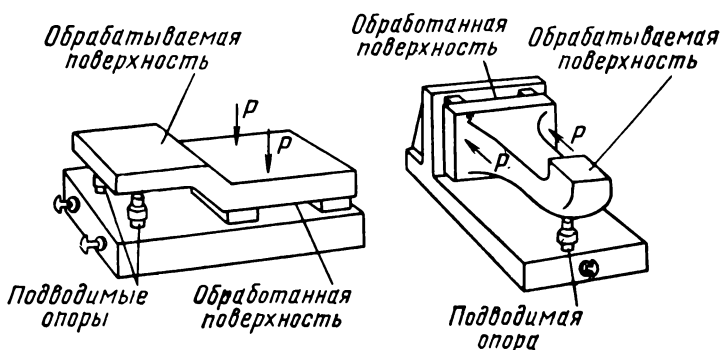


Рис. 108. Применение подводимых опор

поверхность, а обрабатываемая поверхность располагается в стороне или под углом в ней (рис. 108).

О п о р ы (штыри по рис. 102, опорные пластины по рис. 103, регулируемые опоры по рис. 104) определяют положение заготовки;

количество их — не более шести; при данной наладке приспособлений положение их постоянно (регулировка их, если они регулируются по рис. 104, производится на партию заготовок).

Вспомогательные опоры (подпоры) по рис. 105—107 ставят в зависимости от характера заготовки. Количество их бывает различным; регулирование производится при установке каждой заготовки.

Установка заготовок по обработанной плоскости и отверстиям

При установке некоторых заготовок вместо установки по направляющей, упорной и опорной поверхностям (см. рис. 100) применяют базирование по плоскости и двум отверстиям, к ней перпендикулярным (рис. 109, а), или по плоскости и параллель-

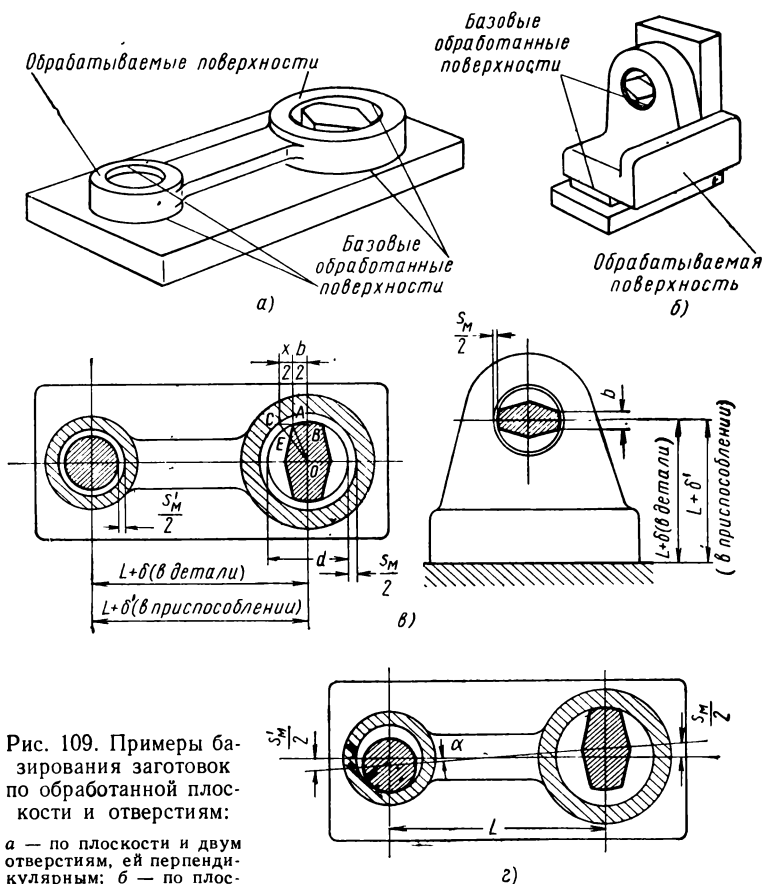


Рис. 109. Примеры базирования заготовок по обработанной плоскости и отверстиям:

а — по плоскости и двум отверстиям, ей перпендикулярным; б — по плоскости и параллельному ей отверстию; в — схема определения зазоров при базировании по срезанному пальцу; г — схема определения погрешности при установке на два пальца

ному ей отверстию (рис. 109, б). Эти базы являются чистовыми, подготовленными на предыдущих операциях.

Для базирования заготовок по обработанной плоскости и отверстиям применяют установочные пальцы. В случае применения двух установочных пальцев при базировании по плоскости и двум перпендикулярным к ней отверстиям один из установочных пальцев выбирают цилиндрическим, а второй — *срезанным* в направлении, перпендикулярном к линии центров посадочных отверстий. При базировании заготовки по плоскости и параллельному ей отверстию (рис. 109, б) установочный палец также выполняется срезанным.

Применение среза на одном из установочных пальцев дает дополнительный зазор в посадочном отверстии детали в направлении линии центров, обычно необходимый для того, чтобы компенсировать допустимые отклонения в размере расстояния между центрами обеих отверстий в обрабатываемой детали. Размер увеличенного зазора в направлении линии центров вследствие среза пальца может быть определен по рис. 109, в.

Треугольники OAB и ACE можно рассматривать с некоторым приближением как подобные прямоугольные треугольники вследствие того, что они имеют по одному равному острому углу ($\angle AOB = \angle CAE$).

Из подобия указанных треугольников можно написать следующее равенство:

$$\frac{CE}{AB} = \frac{AC}{AO} \quad \text{или} \quad \frac{s_m}{2} \frac{b}{2} = \frac{x}{2} \frac{d}{2},$$

откуда

$$x = s_m \frac{d}{b},$$

где s_m — минимальный радиальный зазор между отверстием детали и установочным пальцем в несрезанной части его в мм;

x — увеличенный зазор за счет среза пальца в направлении линии центров в мм;

b — оставшаяся ширина срезанного пальца в направлении центров пальцев в мм;

d — номинальный диаметр пальца в мм.

Следовательно, чем уже цилиндрический участок пальца, оставшийся после среза, тем большим получается зазор x в направлении размера L . Однако чрезмерное уменьшение цилиндрического участка приводит к быстрому износу пальца; поэтому ширина b нормализована в МН 377—60 и МН 379—60.

Окончательные расчетные уравнения, используемые для расчета установки на пальцы, следующие:

для случая установки плоскостью и двумя отверстиями (рис. 109, а)

$$\delta + \delta' \leq x + s_m = s_m \frac{d}{b} + s_m,$$

для случая установки плоскостью и одним отверстием (рис. 109, б)

$$\delta + \delta' \leq x = s_m \frac{d}{b},$$

где δ — допуск на расстояние L между осями отверстий или между плоскостью и отверстием детали;

δ' — допуск на расстояние между осями пальцев или между плоскостью и пальцем в приспособлении (обычно $\delta' = 0,01 \text{ } 0,02 \text{ мм}$);

s'_m — минимальный радиальный зазор в сопровождении несрезанного пальца.

При установке на плоскость и два пальца отверстия детали заменяют собой направляющую и упорную базы по схеме рис. 100. Установочная плоскость детали является опорной базой (три точки); одно из двух отверстий детали опирается на цилиндрический палец и несет две опорные точки, являясь направляющей базой; второе отверстие детали лишает ее последней степени свободы, опираясь на срезанный палец (одна опорная точка), и является упорной базой. При этом из-за наличия зазоров в сопряжении пальцев возможен перекосяк детали относительно линии, соединяющей центры пальцев, а следовательно, неизбежна погрешность базирования.

Наибольший возможный угол перекосяка α заготовки от ее среднего положения из-за наличия зазоров при посадке на пальцы (рис. 109, з) может быть определен по формуле

$$\sin \alpha \approx \frac{\left(\frac{s'_m}{2} + \frac{\delta_1}{2} - \frac{\delta'_1}{2}\right) + \left(\frac{s_m}{2} + \frac{\delta_2}{2} + \frac{\delta'_2}{2}\right)}{L},$$

где L — номинальное расстояние между осями базовых отверстий в мм;

δ_1 — допуск на диаметр базового отверстия под несрезанный палец в мм;

δ'_1 — допуск на диаметр несрезанного пальца в мм;

δ_2 — допуск на диаметр базового отверстия под срезанный палец в мм;

δ'_2 — допуск на диаметр (по ленточке) срезанного пальца в мм.

При установке на один палец сопряжение рассчитывают по ходовой посадке или посадке движения того же класса, что и посадочное отверстие, а при установке на два пальца — по ходовой или широкоходовой посадкам.

Формы установочных пальцев цилиндрических и срезанных приведены на рис. 110.

При обработке корпусных деталей (рис. 111) два отверстия из числа просверленных для монтажных целей развертывают по допуску отверстия 2-го или 3-го классов точности в качестве установочных баз.

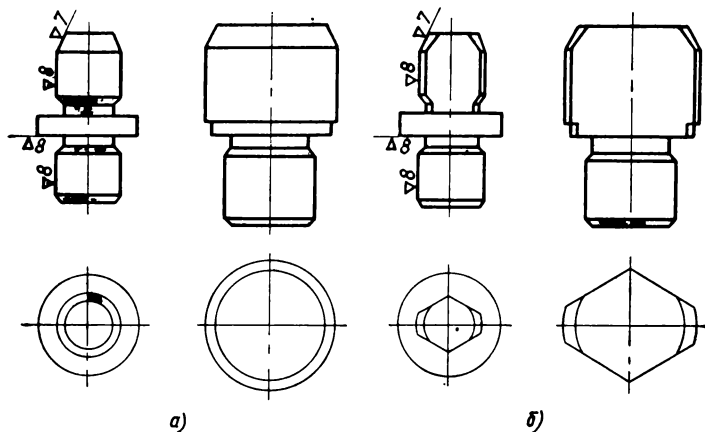
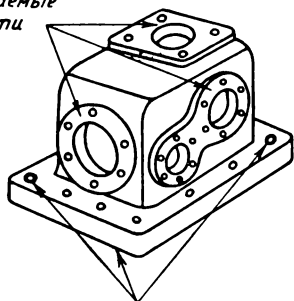


Рис. 110. Пальцы установочные цилиндрические по МН 376—60 (а) и срезанные по МН 377—60 (б)

Обрабатываемые поверхности



Базовые обработанные поверхности

Рис. 111. Подготовка баз для установки корпусной детали

Базирование заготовок по цилиндрическим поверхностям

Для базирования заготовок по цилиндрическим поверхностям применяют призмы. Призмы изготовляют главным образом с углом 90° , хотя в отдельных случаях встречаются призмы с углами 60 и 120° . При базировании в призмах ось цилиндрической поверхности детали независимо от отклонения в размерах ее диаметра устанавливается в плоскости симметрии призмы.

На рис. 112, *а* дана типовая схема базирования детали цилиндрической формы. Деталь устанавливают наружной поверхностью в две призмы *А* и *Б*, служащие опорной и направляющей базовыми поверхностями, и прижимают к упору *В*, являющемуся упорной базовой поверхностью. В отличие от базирования призматических деталей приведенная на рис. 112 схема не исключает возможности

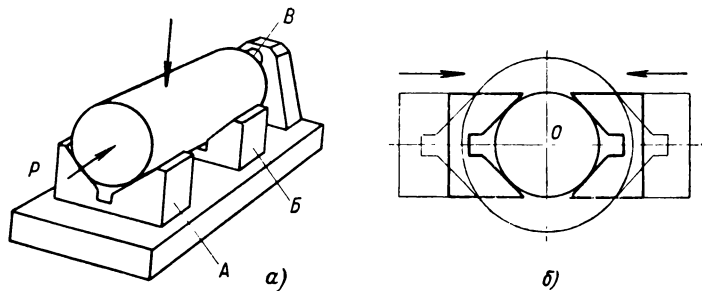


Рис. 112. Схемы базирования заготовки по цилиндрической поверхности:

а — на двух призмах; *б* — в самоцентрирующем приспособлении

поворота детали вокруг своей продольной оси. При необходимости поворот может быть исключен постановкой упора в отверстие или канавку, специально изготовленные в детали.

Применение призм в самоцентрирующих приспособлениях обеспечивает базирование заготовок независимо от колебаний раз-

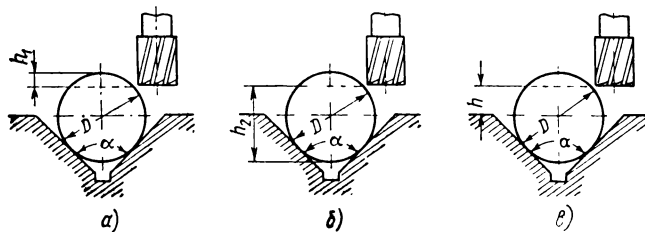


Рис. 113. Схемы установки вала на призму для фрезерования площадки, когда за измерительную базу принята:

а — верхняя образующая вала; *б* — нижняя образующая; *в* — ось вала

мера диаметра в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 112, *б*). Призмы сдвигаются одновременно к центру *О*.

На рис. 113 показаны схемы установки вала на призму для фрезерования площадки, причем на рис. 113, *а* измерительной базой является верхняя образующая вала, связанная размером h_1 с обрабатываемой поверхностью; на рис. 113, *б* — нижняя образующая (размер h_2) и на рис. 113, *в* — ось вала (размер h). Погреш-

ности базирования, т. е. колебания размеров h_1 , h_2 и h , зависят от допуска на диаметр вала δ_D и от угла призмы α .

Для выяснения погрешностей базирования допустим, что на призму поочередно установлены два вала, причем один с наибольшим предельным диаметром D_1 , а другой — с наименьшим D_2 (рис. 114), и последовательно определим расстояние Δh_1 между верхними образующими валов; расстояние Δh_2 между нижними образующими; расстояние Δh между осями валов.

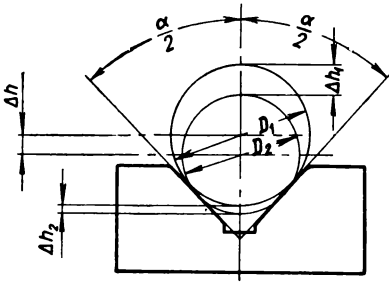


Рис. 114. Схема для расчета погрешности базирования при установке вала на призму

Эти расстояния и будут погрешностями базирования при установке по схемам, приведенным на рис. 113:

$$\Delta h_1 = \frac{(D_1 - D_2) \left(1 + \sin \frac{\alpha}{2}\right)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{\delta_D \left(1 + \sin \frac{\alpha}{2}\right)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = K_1 \delta_D;$$

$$\Delta h_2 = \frac{\delta_D \left(1 - \sin \frac{\alpha}{2}\right)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = K_2 \delta_D; \quad \Delta h = \frac{\delta_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = K \delta_D.$$

В табл. 47 даны значения коэффициентов K , K_1 и K_2 для различных углов α призмы.

Таблица 47

Значения коэффициентов K , K_1 и K_2 при различных углах α призмы

Коэффициенты	Углы призмы			
	60°	90°	120°	180°
K	1,0	0,7	0,58	0,5
K_1	1,5	1,21	1,07	1,0
K_2	0,5	0,2	0,08	0,0

Если угол призмы, как это часто бывает, принять равным 90°, то погрешности базирования по рис. 113 составят $\Delta h_1 = 1,21 \delta_D$; $\Delta h_2 = 0,2 \delta$ и $\Delta h = 0,7 \delta_D$.

Если вал устанавливать по плоскости ($\alpha = 180^\circ$), то возможны те же три схемы, что и на рис. 113. Эти схемы приведены на рис. 115. Погрешности базирования по рис. 115 составят: $\Delta h_1 = \delta_D$; $\Delta h_2 = 0$ (здесь измерительная и установочная базы совпали) и $\Delta h = -0,5 \delta_D$.

На рис. 115, *г* показана установка, при которой обеспечивается получение размера h_2 и симметричное расположение паза относительно оси вала, последнее зависит от колебаний размера h . По аналогии со схемами рис. 115, *б* и *в* погрешности базирования будут: $\Delta h_2 = 0$ и $\Delta h = 0,5_{\delta D}$.

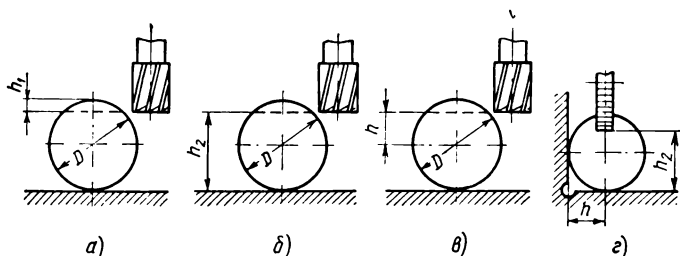


Рис. 115. Схемы установки вала на плоскость, когда за измерительную базу принята

а — верхняя образующая вала; *б* — нижняя образующая; *в* — ось вала; *г* — нижняя и боковая образующие вала

3. ЗАЖИМНЫЕ ДЕТАЛИ И МЕХАНИЗМЫ

Общие понятия и классификация

Зажимные детали и механизмы закрепляют установленную и ориентированную нужным образом заготовку в приспособлении. Сила зажима, которую должны создать зажимные механизмы, обычно превышает в 1,5—2 раза силу резания, чтобы заготовку не вырвало из зажимного приспособления во время работы.

Таким образом,

$$Q = (1,5 - 2,0) P \text{ кг},$$

где P — сила резания (окружная сила).

Зажимные механизмы разделяются в зависимости от источника энергии на ручные и механизированные.

Ручные зажимы

Простейшим ручным зажимом является винтовой зажим (рис. 116, *а*), который состоит из винта 1 со штурвальной рукояткой, гайки 2, укрепленной в чугунном корпусе приспособления, и наконечника 3, зажимающего заготовку.

Винтовой зажим обеспечивает надежное закрепление заготовки, но требует сравнительно много времени и большого усилия рабочего. Кроме того, не всегда удобно применять винтовой зажим при фрезеровании, так как расположение винтов и головок над заготовкой затрудняет доступ к ней фрезы.

Сочетание винтового зажима с прихватом, представляющим собой рычаг, более рационально. На рис. 116, *б* показан в и н т о -

в о й п р и х в а т. Располагаясь сбоку заготовки, прихват облегчает ее установку, закрепление и обработку. Отверстие в прихвате 4 делают продолговатым для возможности установки винта 1 ближе к заготовке. Пружина 5 служит для поддержки прихвата при установке.

Прихваты бывают различной формы и конструкции. На рис. 116, в показан переставной по высоте дугообразный при-

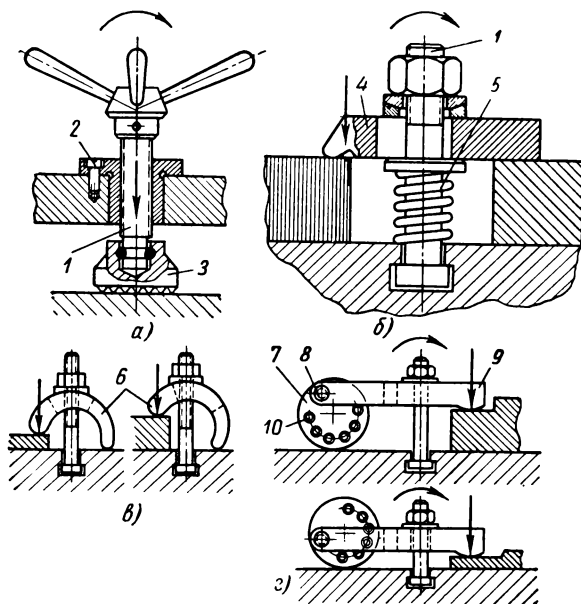


Рис. 116. Ручные зажимы:

а — винтовой; *б* — простой винтовой прихват; *в* — переставной дугообразный винтовой прихват; *г* — переставной винтовой прихват с эксцентриком

хват *б*; переставляя винт по продолговатой прорези в прихвате *б*, можно прижимать разные по высоте заготовки. Такой же переставной по высоте прихват показан на рис. 116, *г*. Подкладка прихвата выполнена в виде круглого диска 7, вращающегося на эксцентрично расположенной оси 8, проходящей через прорези прихвата 9. В диске 7 просверлено шесть отверстий 10. В зависимости от требуемой высоты установки ставят штифт в то или иное отверстие диска 7

Усилие, создаваемое винтовым зажимом,

$$Q = \frac{M_k}{0,075d + 0,2K} \text{ кг},$$

где M_k — крутящий момент, приложенный к рукоятке, гайке или головке болта, в $\text{кг} \cdot \text{мм}$;
 d — наружный диаметр резьбы, в мм ;
 K — коэффициент, зависящий от формы торца, трущегося при зажиме (табл. 48).

Значение коэффициента K в мм

Таблица 48

Коэффициент	Форма трущегося торца		
	Кольцевой торец	Сплошной плоский торец	Сферический торец с точечным контактом
$K = 0,33 \times \left(D_1 + \frac{D_2^2}{D_1 + D_2} \right)$	0,33D	0	0

Применение эксцентрикового зажима с прихватом (рис. 117, а) сокращает время зажима и освобождения заготовки. Поворачивая рукоятку 3 по стрелке на часть оборота,

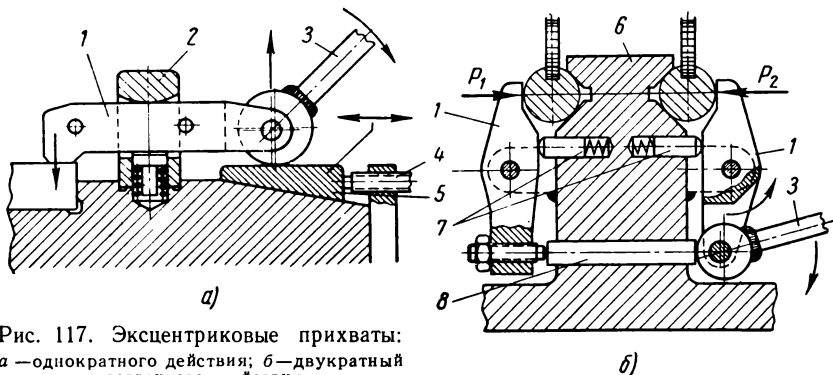


Рис. 117. Эксцентриковые прихваты:
 а — однократного действия; б — двукратный встречного действия

зажимают заготовку, причем прихват 1 служит двуплечим рычагом, имеющим подпружиненную опору 2. Эксцентриковый зажим обеспечивает силу зажима в 3—4 раза меньшую, чем винтовой, при одинаковой длине рукоятки и приложенном к ней усилии, вследствие чего его применяют при обработке небольших деталей с малым съемом стружки. Недостатком эксцентриковых зажимов

является небольшой ход эксцентрика, вследствие чего при переходе на обработку новой партии деталей надо прихват настроить на зажимаемый размер. В приспособлении, изображенном на рис. 117, а, это осуществляется с помощью винта 4, который перемещает клин 5. Другим недостатком эксцентриковых зажимов является самопроизвольный отжим при работе с сильными ударами (черновая обработка).

Эффективное средство увеличения скорости зажима — применение двух- и многократных зажимов. Такие зажимы позволяют при помощи одной рукоятки или от одного механизированного

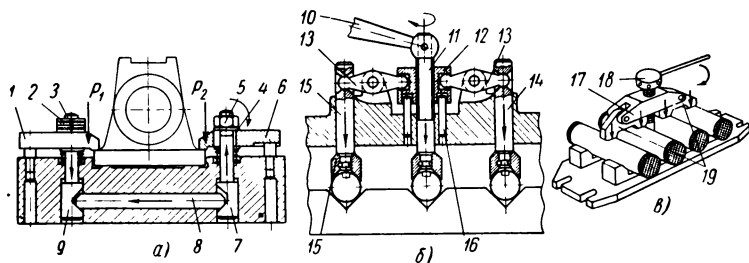


Рис. 118. Многократные параллельные винтовые прижимы:
а — двукратный; б — трехкратный; в — четырехкратный

силового привода зажать одну заготовку сразу в нескольких местах или одновременно закрепить несколько заготовок. На рис. 117, б показан двукратный встречный эксцентриковый зажим для одновременного закрепления двух валиков силами, действующими навстречу друг другу (P_1 и P_2). Зажим производится рукояткой 3 с эксцентриком, который осуществляет одновременно нажим на правый прихват 1 и через тягу 8 на левый прихват 1, прижимая тем самым оба валика к призмам в корпусе 6 приспособления. Освобождение валиков производится поворотом рукоятки 3 в обратную сторону; при этом пружины 7 оттягивают правый и левый прихваты.

На рис. 118, а показан двукратный параллельный винтовой зажим, позволяющий зажимать заготовку в двух местах параллельными силами P_1 и P_2 . Зажим заготовки производится одновременно двумя прихватами 1 и 6 с двух сторон корпусной детали при помощи закручивания одной гайки 5. При закручивании гайки 5 по стрелке штырь 4, имеющий двойной скос в плашке 7, через тягу 8 воздействует на скос плашки 9 и прижимает гайкой 2 прихват 1, сидящий на штыре 3. При отвертывании гайки 5 пружины, положенные на прихваты 1 и 6, поднимают их, освобождая заготовку.

На рис. 118, б показан трехкратный параллельный винтовой зажим для закрепления трех валиков

параллельными силами. При вращении рукоятки 10 винт 11, ввинчиваясь в гайку 12, отжимает ее кверху и при помощи двух коромысел 13 прижимает штифтами 14 с плашками 15 три заготовки к призмам основания приспособления. Для предотвращения гайки 12 от проворачивания служат шпильки 16.

На рис. 118, в показан многократный параллельный винтовой зажим для закрепления четырех валиков параллельными силами. При вращении винта 18 коромысло 17 и связанные с ним прихваты 19 опускаются вниз, прижимая валики к призмам основания приспособления.

В многократных зажимах весьма целесообразно применять гидропласты. Гидропласт представляет массу следующего состава %:

Полихлорвиниловая смола ПБ (эмульсионная)	20
Дибутилфталат (ГОСТ 2102—51)	59,2
Вакуумное масло марки ВМ-4	20
Стеарат кальция	0,8

Массу заливают в зажимное приспособление в жидком состоянии, для чего ее расплавляют в глицериновой ванне и нагревают до 130—160° С. Приспособление, в которое заливают гидропласт, предварительно нагревают до 150—160° С. Выплавку гидропласта производят нагревом приспособления до 150—160° С.

Гидропласт практически несжимаем и равномерно передает давление на детали зажимного устройства. Он достаточно текуч и под действием небольших усилий легко перемещается в полостях и каналах приспособления; в то же время он достаточно вязок и не вытекает в местах соединений приспособления, сопряжения которых выполняются по 2-му классу точности.

На рис. 119, а изображено многоместное приспособление с гидропластом для установки и зажима валиков при фрезеровании торцов на горизонтально-фрезерном станке. Деталь базируется по наружной поверхности в призме 1, а торцом опирается на планки 2, скрепленные с корпусом 3. Зажимается деталь плунжерами 4, вмонтированными в откидные планки 5, стягиваемые шарнирным болтом 6.

Приспособления подобного типа дают возможность одновременно зажимать детали с одинаковой силой вследствие выравнивания плунжеров гидропластом 7

На рис. 119, б показано многоместное приспособление с гидропластом для установки и зажима пальцев при фрезеровании лысок на горизонтально-фрезерном станке. Деталь базируется по хвостовику в центрирующей зажимной втулке 1, запрессованной в корпусе 2. Зажимается деталь центрирующей втулкой под действием гидропласта 3, передающего усилие от нажимного винта 4.

Данное приспособление обеспечивает точное центрирование и быстрое надежное одновременное крепление деталей.

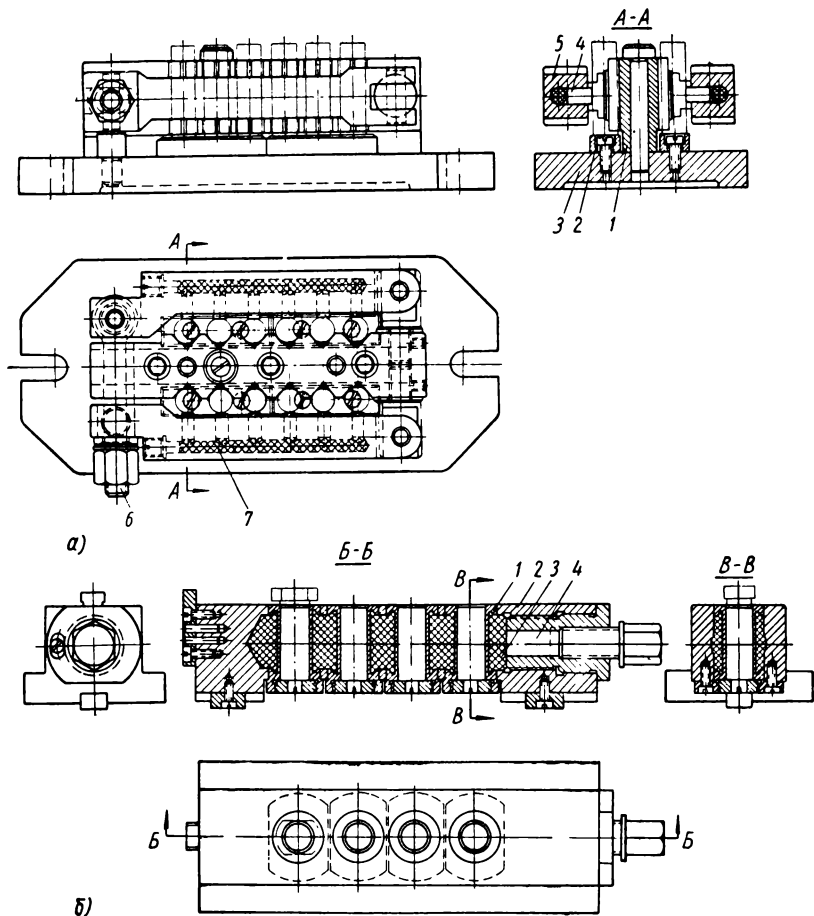


Рис. 119. Многоместные приспособления с гидропластмассой:
 а — для зажима валиков; б — для зажима пальцев

Механизированные приводы зажимных устройств

Из всех существующих типов механизированных приводов наибольшее применение при фрезеровании получили пневматические, гидравлические и пневмогидравлические приводы. Применяются также пружинно-пневматические и пружинно-гидравлические, электромагнитные, вакуумные и электромеханические приводы.

Пневматический привод состоит из силового узла, пневмоаппаратуры и трубопроводов. По конструкции силового узла приводы делятся на *поршневые* и *диафрагменные*. По использованию сжатого воздуха приводы могут быть *двустороннего* действия, когда рабочий и холостой ход осуществляется сжатым воздухом, и *одностороннего*, когда рабочий ход производится сжатым воздухом, а холостой — усилием пружины.

Приводы двустороннего действия (рис. 120, а) применяются в случаях, когда необходим значительный ход поршня; в них обязательно двустороннее уплотнение 1 поршня и уплотнение 2 штока.

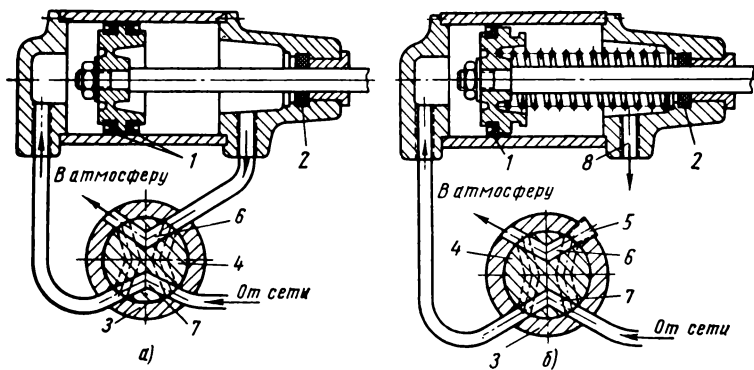


Рис. 120. Схемы пневматических приводов:
а — двустороннего действия; б — одностороннего действия

Приводы одностороннего действия (рис. 120, б) рекомендуется применять в случаях, когда ход поршня и требуемые усилия при холостом ходе невелики; в них применяется одностороннее уплотнение 1 поршня и не требуется уплотнение штока; вдвое уменьшается расход воздуха на цикл зажима. Недостатком привода является то, что при рабочем ходе часть усилия затрачивается на сжатие пружины.

На рис. 120 показаны схемы подвода сжатого воздуха к цилиндрам. Воздух из сети поступает в трехходовой распределительный кран 3 с золотником 4, поворачиваемым рукояткой. При одном крайнем положении золотника его канал 7 соединяет сеть сжатого воздуха с левой полостью цилиндра; в то же время правая полость через канал 6 соединяется с атмосферой (рис. 120, а). При повороте золотника против часовой стрелки канал 7 занимает положение, показанное штриховыми линиями справа, и соответственно канал 6 — положение слева. Сжатый воздух при этом поступает в правую полость цилиндра, а из левой уходит в атмосферу.

В приводе одностороннего действия (рис. 120, б) обычно используется тот же распределительный кран, но одно из его от-

верстий за ненадобностью перекрывается резьбовой пробкой 5. Канал 8 служит для выпуска из цилиндра воздуха при рабочем ходе поршня.

Пневматические приводы применяются для стационарных приспособлений, закрепляемых на столах фрезерных станков, и для приспособлений, устанавливаемых на вращающихся и делительных столах при непрерывном фрезеровании и позиционной обработке. Во всех этих случаях монтажные схемы приводов имеют свои особенности.

В серийном производстве для закрепления заготовок на столе фрезерного станка находят широкое применение пневматические приводы, отделенные от самого зажимного приспособления. Они устанавливаются на столе станка рядом с приспособлением и соединяются тягой. Такой привод является универсальным. Одним и тем же приводом, установленным на станке, можно последовательно обслуживать различные приспособления.

На рис. 121 показан нормализованный отделенный поршневой привод двустороннего действия с вертикальным толкающим штоком и рычагом-усилителем. Сжатый воздух через штуцер 1 поступает в верхнюю полость цилиндра и перемещает поршень 2. Поршень через вилку 3 и рычаг 4 передает движение штоку 5; последний через звено связи (на чертеже не показано) приводит в действие силовой механизм приспособления. При обратном ходе поршня все детали возвращаются в исходное положение.

В нижнем торце штока 5 предусмотрено резьбовое отверстие А, в которое при необходимости можно вернуть промежуточную деталь и создать не толкающую, а тянущую силу на штоке.

Усилie на штоке может быть определено по формуле

$$Q = pF \frac{m}{n} \kappa \Gamma,$$

где p — давление воздуха в заводской сети в $\kappa\Gamma/\text{см}^2$;

F — площадь поршня в см^2 ;

m и n — плечи рычага.

В последнее время вместо поршневого пневматического привода широко применяют *диафрагменный* привод, который также может быть встроенным и отделенным.

Диафрагменный пневматический привод (рис. 122) не имеет поршня. В корпусе 1 пневмокамеры вмонтированы две резиновые диафрагмы 3, между которыми установлен шток 4. В сквозном окне штока размещен конец рычага 2, качающегося на оси 5. Распределительный кран 6 смонтирован непосредственно на корпусе привода и управляется рукояткой 7.

На остrotки рычага 2 для уменьшения трения установлены роликовые шарниры, связанные с приспособлением.

В рассмотренной конструкции пневмокамеры почти нет трущихся частей (кроме шарниров); не нужны уплотнения; исклю-

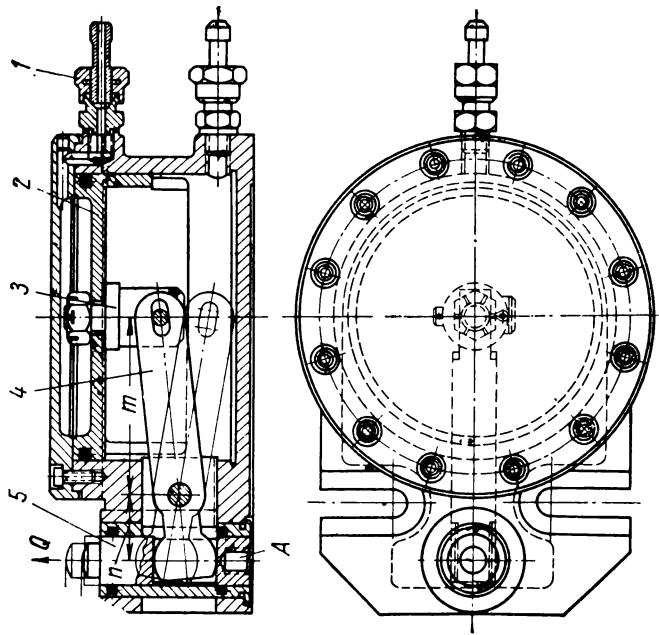


Рис. 121. Отделенный поршневой пневматический привод с рычагом

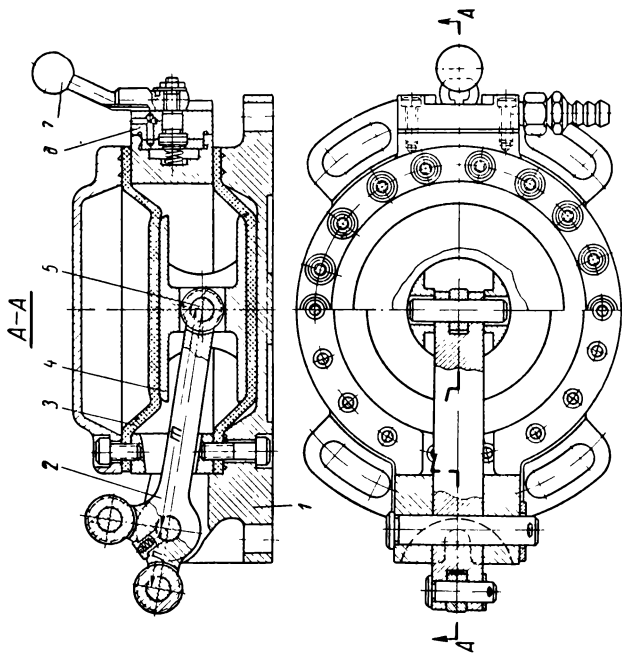


Рис. 122. Отделенный диафрагменный пневматический привод с рычагом-усилителем

чается утечка воздуха. Поэтому, если не требуется большой ход штока, универсальные пневмокамеры следует предпочитать пневматическим цилиндрам.

Усилие на штоке может быть определено по той же формуле, что и для поршневого привода, но за площадь поршня следует принять площадь диска штока 4 и активной части кольцевой поверхности диафрагмы 3.

На рис. 123 приведены схемы компоновок отделенных приводов с приспособлением.

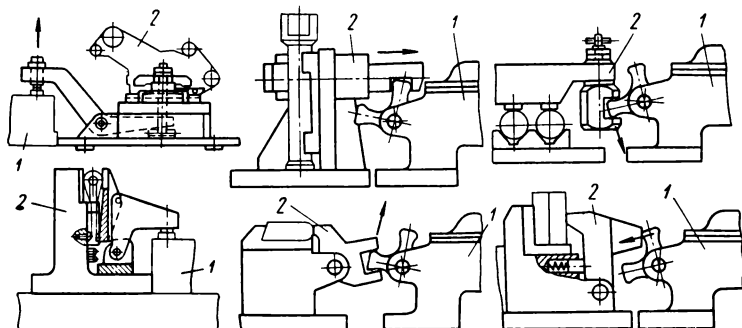


Рис. 123. Схемы компоновок отделенного поршневого (а) и диафрагменного (б) привода и приспособления:

1 — привод; 2 — приспособление

Пневмогидравлический силовой привод. Пневматические приводы работают при небольших давлениях воздуха ($4\text{--}5 \text{ кг/см}^2$) и когда на штоке требуются значительные усилия приходится применять цилиндры больших диаметров ($200\text{--}300 \text{ мм}$) или цилиндры с двумя, тремя поршнями на общем штоке.

В пневмогидравлических приводах низкое давление сжатого воздуха заводской сети ($4\text{--}5 \text{ кг/см}^2$) преобразуется в $15\text{--}25$ раз более высокое давление масла, заполняющего рабочие гидроцилиндры. При таких давлениях цилиндры, монтируемые на корпусе приспособления, имеют небольшие диаметры ($20\text{--}60 \text{ мм}$) и конструкция получается более компактной.

Пневмогидравлические приводы состоят из преобразователя (повысителя) давления с необходимой аппаратурой и подключаемых к нему одного или нескольких рабочих гидроцилиндров, осуществляющих зажим заготовок. На рис. 124, а показана схема преобразователя давления с одним подключенным к нему рабочим гидроцилиндром. На схеме показаны поршень 1 пневмоцилиндра, плунжер 2 гидроцилиндра (он же шток поршня пневмоцилиндра), поршень 3 рабочего гидроцилиндра и трехходовой кран 4. Под действием сжатого воздуха преобразователь срабатывает и си-

стема приходит в равновесие. Из условия равновесия системы находим

$$\rho_{ж} \frac{\pi d^2}{4} = \rho_{в} \frac{\pi D_1^2}{4}.$$

Отсюда

$$\rho_{ж} = \rho_{в} \left(\frac{D_1}{d} \right)^2$$

где $\rho_{ж}$ — давление жидкости в $\kappa\Gamma/\text{см}^2$;

$\rho_{в}$ — давление воздуха в $\kappa\Gamma/\text{см}^2$.

Из уравнения видно, что давление в гидросистеме повышается пропорционально квадрату отношения диаметров. Так, например, при $D_1 = 20 \text{ см}$, $d = 4 \text{ см}$, $\rho_{в} = 4 \kappa\Gamma/\text{см}^2$

$$\rho_{ж} = 4 \left(\frac{20}{4} \right)^2 = 100 \kappa\Gamma/\text{см}^2,$$

т. е. давление увеличивается в 25 раз.

На рис. 124, б представлена схема пневмогидравлического привода, в котором обратный ход поршней 1 и 4 осуществляется при помощи сжатого воздуха. При этом уменьшается длина цилиндров, так как нет надобности размещать пружины, как в схеме рис. 124, а. Управление приводом осуществляется четырехходовым краном 1. Восполнение утечек масла происходит из резервуара 2 через обратный клапан 3.

Если сила обратного хода по условиям работы привода сопоставима с силой прямого хода, то может быть применена схема по рис. 124, в с двумя пневмогидравлическими усилителями 1 и 2. Масло под высоким давлением попеременно подается в левую и правую полости цилиндра 3.

На рис. 124, г представлена схема пневмогидравлического привода, выполненного в одном общем блоке. Принцип работы ясен из чертежа. На рис. 124, д показано применение отдельного гидроцилиндра, соединенного гибким бронированным шлангом и телескопическим соединением с приводом. На столе 1 фрезерного станка установлено приспособление 2 с гидроцилиндром 3. Подвижная труба 4 связана со столом, а неподвижная труба телескопического соединения 5 и пневмогидравлического привода 6 — со станиной.

По принципу работы преобразователи давления делятся на две группы: преобразователи *прямого действия*, представляющие собой блок из пневматического и гидравлического цилиндров (рис. 124), и преобразователи *последовательного действия*, представляющие собой систему двух блоков из пневматического и гидравлического цилиндров. Вначале срабатывает блок низкого давления, обеспечивающий предварительный зажим заготовки, а затем срабатывает блок высокого давления, осуществляющий окончательный зажим.

На рис. 125 показан преобразователь последовательного действия конструкции московского завода «Красный пролетарий», а на рис. 126 даны схемы подключения к нему приспособлений с рабочими гидроцилиндрами двустороннего (рис. 126, а) или од-

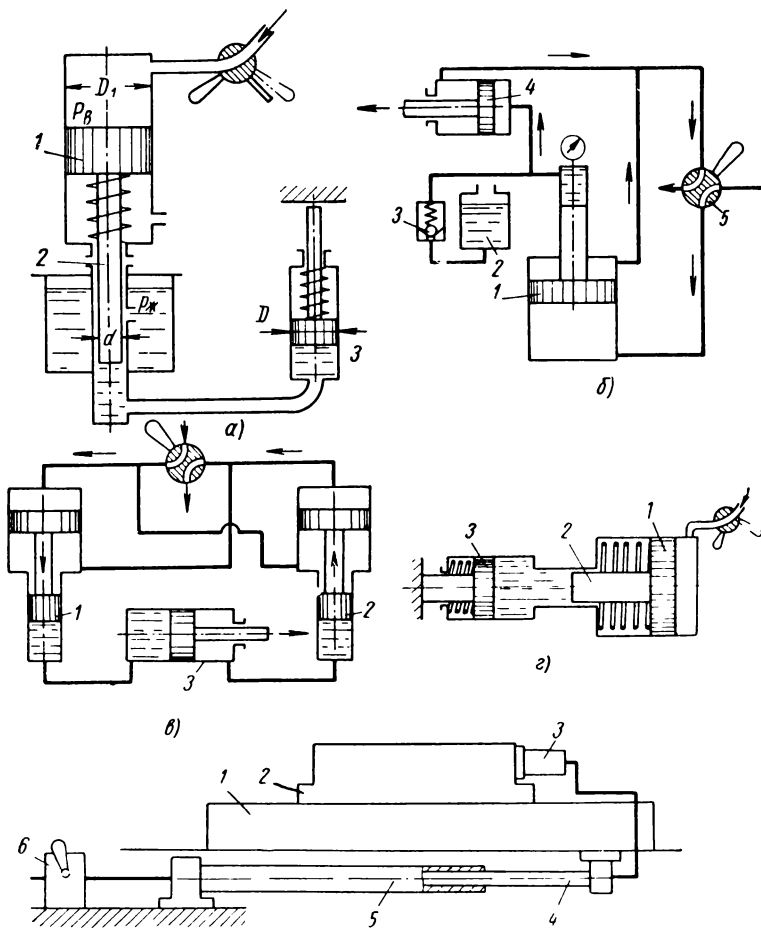


Рис. 124. Схемы пневмогидравлических силовых приводов:

а — с одним рабочим гидроцилиндром; б — с двусторонним действием; в — с двумя рабочими гидроцилиндрами; г — в общем блоке; д — с телескопическим соединением привода с гидроцилиндром

ностороннего (рис. 126, б) действия. Корпус преобразователя (см. рис. 125) состоит из цилиндра 2 и стакана 5 с зажатой между ними перегородкой 15; основанием корпуса служит крышка 1 цилиндра. В перегородку и стакан установлен цилиндр 4 высокого давления, в верхний торец которого ввинчен корпус 12 раздели-

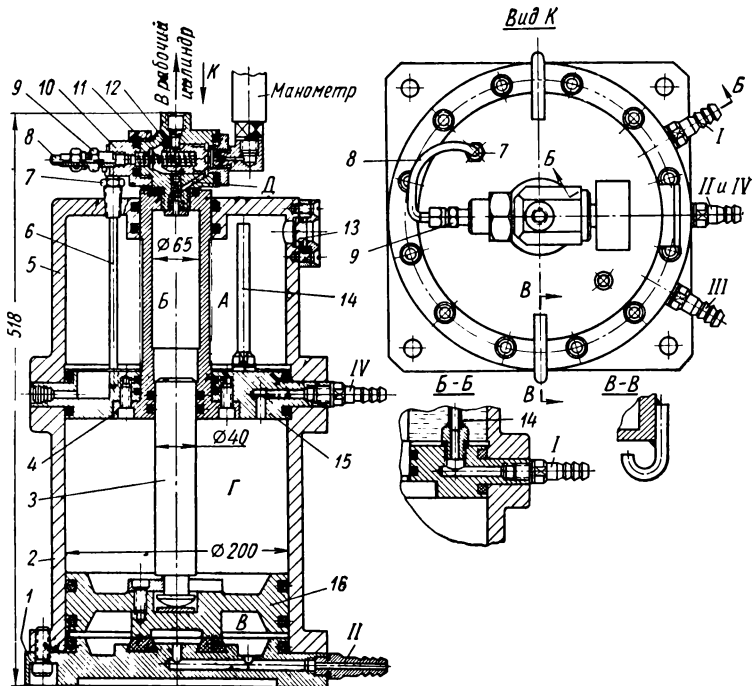


Рис. 125. Преобразователь давления последовательного действия завода «Красный пролетарий»

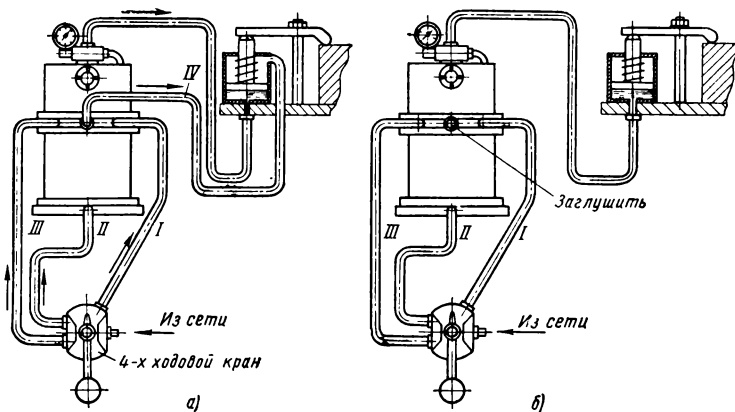


Рис. 126. Схема подключений приспособлений с рабочими цилиндрами:
а — двустороннего действия; б — одностороннего действия

тельного клапана с поршеньком 11 диаметром 25 мм и манометром.

Управление преобразователем производится с помощью четырехходового распределительного крана. Рассмотрим последовательно все ступени цикла работы преобразователя.

1. С т у п е н ь « п р е д в а р и т е л ь н ы й з а ж и м ». Воздух под давлением 3—4 кг/см² поступает по трубопроводу (штуцеру) 1 и трубке 14 в верхнюю часть полости А стакана 5 и, оказывая давление на поверхность масла, залитого в стакан, перемещает его по трубке 6, штуцеру 7, изогнутой трубке 8, штуцеру 9, ввинченному в крышку 10 клапана, и штуцерное отверстие в корпусе 12 клапана в рабочий гидроцилиндр. Под действием поступающего масла поршень гидроцилиндра подводит прихват к заготовке и предварительно зажимает ее.

2. С т у п е н ь « о к о н ч а т е л ь н ы й з а ж и м ». Переключением крана воздух по трубопроводу 11 подводится в нижнюю полость В пневматического цилиндра 2 и перемещает вверх поршень 16 с плунжером 3. Под давлением плунжера масло через наклонный канал Д поступает в полость разделительного клапана, отодвигает влево поршень 11 и по штуцерному отверстию в корпусе клапана нагнетает в рабочий гидроцилиндр. В момент, когда поршень 11 перекрывает отверстие, сообщающее штуцер 9 с полостью А низкого давления, образуется замкнутая гидравлическая система, давление в которой мгновенно повышается в 25 раз, и осуществляется окончательный зажим по формуле

$$p_{жс} = p_в \left(\frac{D_1}{d} \right)^2 = p_в \left(\frac{200}{40} \right)^2 = 25p_в.$$

3. С т у п е н ь « р а з ж и м ». Очередным переключением крана воздух по трубопроводу 111 подводится в верхнюю полость Г цилиндра 2 и перемещает поршень 10 с плунжером 3 вниз, в исходное положение. Одновременно по каналам, штуцеру 1V и трубопроводу воздух поступает в верхнюю полость рабочего цилиндра и возвращает его поршень в исходное положение (рис. 126). Так как в это же время поршень 11 клапана под действием пружины также возвращается в исходное положение и открывает сообщение с полостью А, то масло из рабочего цилиндра беспрепятственно сливается в эту полость и система оказывается подготовленной для повторения цикла.

Если обратный ход поршня рабочего цилиндра производится пружиной (рис. 126, б), то отверстие под трубопровод 1V заглушается.

Вес преобразователя 65 кг. При давлении воздуха в сети 2; 3; 4 кг/см² он соответственно развивает давление в гидросистеме 50; 75; 100 кг/см². Для наблюдения за уровнем масла предусмотрен глазок 13 (см. рис. 125) из органического стекла.

Автоматизация зажима

Дальнейшим мероприятием по механизации зажима является автоматизация зажима заготовки. В гл. VI, посвященной автоматизации обработки на фрезерных станках, приведены примеры автоматизации зажима при применении пневматических и гидравлических приводов, здесь же даны элементы автоматизации зажима при использовании пружинных зажимов.

П р у ж и н н о - г и д р а в л и ч е с к и й п р и в о д п р е д с т а в л я е т с о ч е т а н и е м е х а н и ч е с к о г о з а ж и м а с г и д р а в л и ч е с к и м,

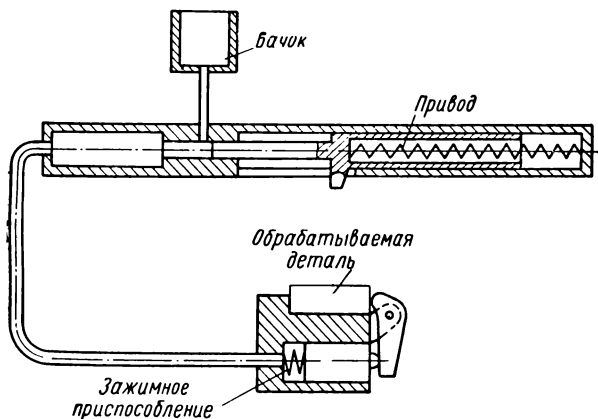


Рис. 127. Схема пружинно-гидравлического привода

причем его легко автоматизировать. На рис. 127 приведена схема пружинно-гидравлического привода, а на рис. 128 и 129 показана его конструкция.

Привод 1 (рис. 128) с бачком 2 крепится к столу с задней стороны фрезерного станка, рамка 3 с кулачком 4 взвода привертывается к консоли. Для приведения приспособления в рабочее состояние необходимо стол фрезерного станка установить в крайнее правое положение. При включении продольного хода стола кулачок 4 взвода, действуя на пружину 5 привода через палец 6, сжимает ее и запирает в сжатом состоянии, заводя палец 6 в радиальный вырез в корпусе привода. В это время поршни 10 гидравлических цилиндров зажимного приспособления (рис. 129) находятся под действием пружин в крайних положениях; при этом в цилиндрах создается наибольший объем для жидкости. Остановив стол в исходном положении, необходимо для начала работы, заливают всю систему маслом через бачок. В начале заливки необходимо отвернуть пробки 11 в зажимном приспособлении и выпустить из системы воздух. При появлении масла в от-

верстиях необходимо пробки крепко завернуть и продолжать за-
 полнение, пока жидкость в бачке не дойдет до уровня на 10—20 мм
 ниже верха. После заливки система готова к работе.

Установив обрабатываемую деталь в зажимное приспособле-
 ние, рукояткой 7 (см. рис. 128) освобождают пружину 5, которая
 через гильзу 8 воздействует на поршень 9 привода. При этом пор-
 шень перемещается и в системе создается рабочее давление жид-
 кости 30 кг/см^2 , достаточное для работы.

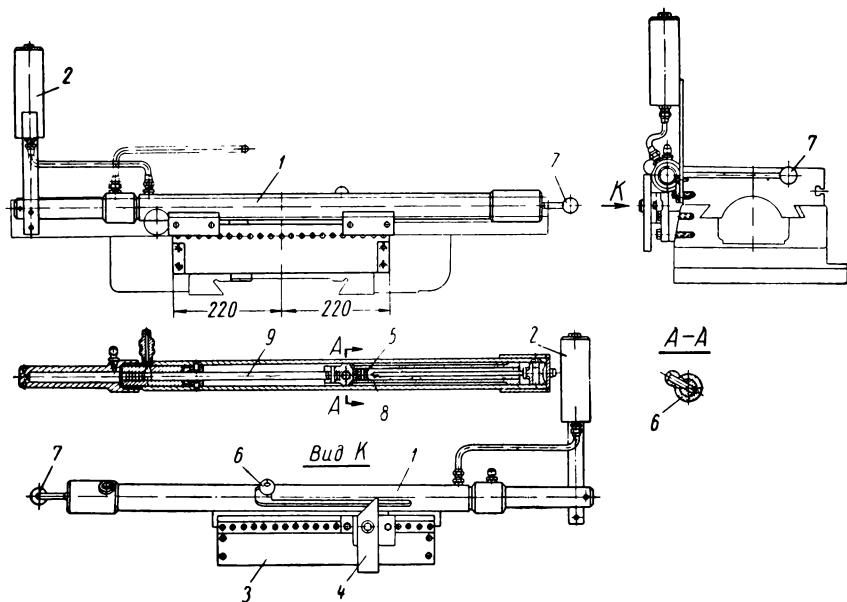


Рис. 128. Конструкция пружинно-гидравлического привода

Требуемая сила зажима обрабатываемой детали создается бла-
 годаря разнице в площадях цилиндров привода и зажимного при-
 приспособления, а также соотношению плеч зажимных рычагов 12
 (рис. 129). При возвращении стола в исходное положение автома-
 тически взводится пружина и система опять готова к работе.

Конструкция пружинно-гидравлического зажима может быть
 применена на различных операциях. В зависимости от назначе-
 ния приспособления сила зажима может быть различной. Изме-
 нение силы достигается изменением диаметра поршня зажимного
 приспособления и соотношения плеч зажимных рычагов.

Автоматизированные тиски. На рис. 130
 и 131 показаны два варианта автоматизированных тисков конструк-
 ции А. Н. Лебедева. Основными частями в обоих случаях являются
 обычные машинные тиски, устанавливаемые на столе фрезерного

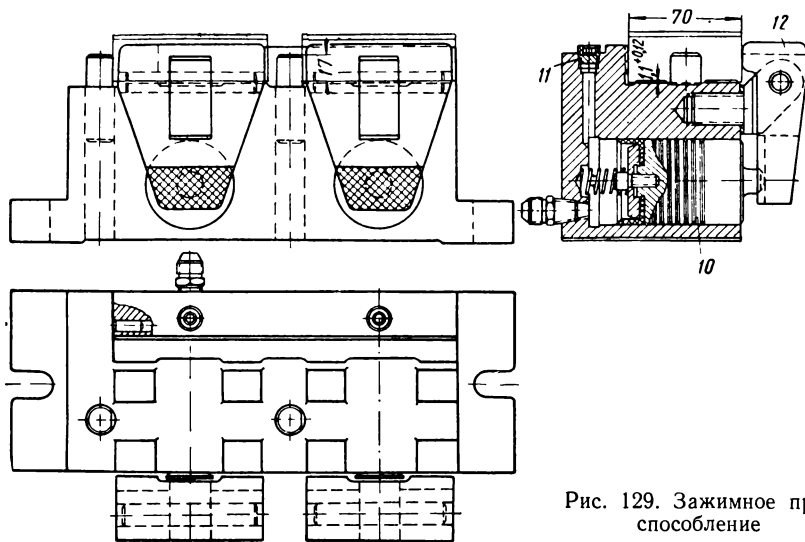


Рис. 129. Зажимное приспособление

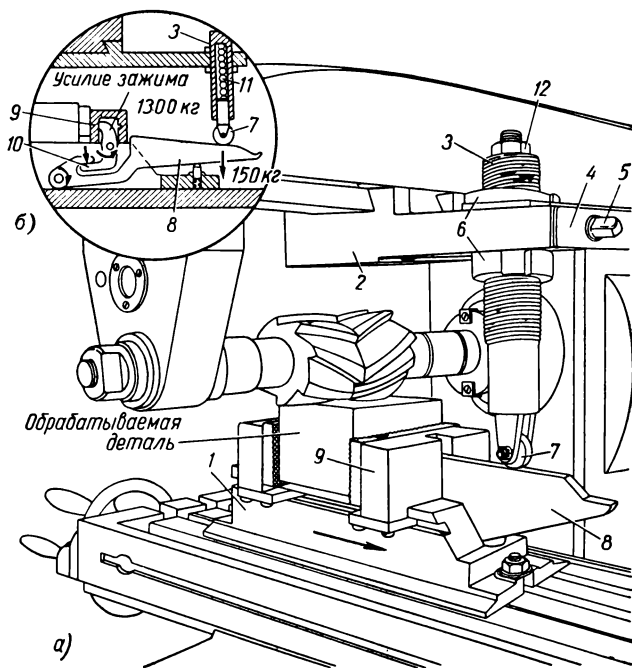


Рис. 130. Автоматизированные тиски с головкой, смонтированной на хоботе станка (конструкции А. Н. Лебедева):

а — общий вид; б — схема

станка, и пружинная головка, закрепляемая либо на хоботе станка (рис. 130), либо на приливе тисков (рис. 131). Наличие сменных губок на тисках создает возможность использовать их для закрепления заготовок различных размеров и конфигурации. Зажим заготовки осуществляется автоматически в начале рабочего хода стола благодаря пружинной головке.

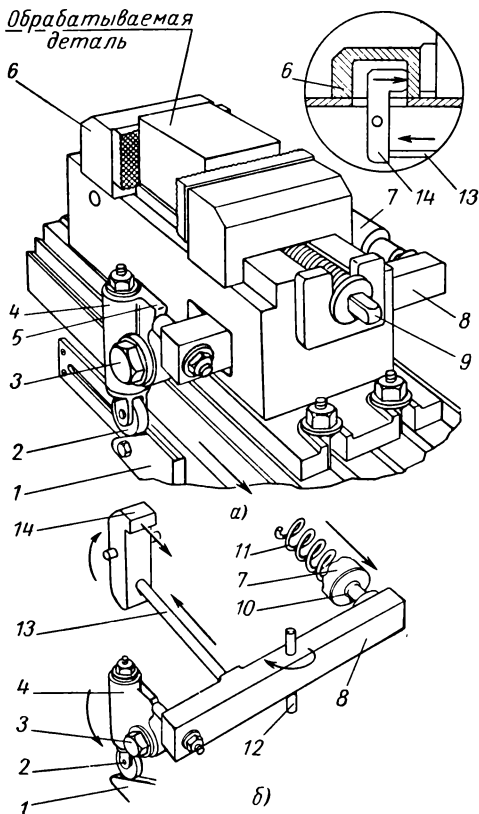


Рис. 131. Автоматизированные тиски с головкой, смонтированной в корпусе тисков (конструкции А. Н. Лебедева):

а — общий вид; б — схема

Зажим заготовки осуществляется автоматически в начале рабочего хода стола благодаря пружинной головке.

В автоматизированных тисках 1, изображенных на рис. 130, сила зажима передается подвижной губке 9 от ролика 7 пружинной головки 4 через систему из двух рычагов: по ребру рычага 8 скользит ролик 7, а другой рычаг 10 толкает подвижную губку 9 (рис. 130, б). Зажим осуществляется следующим образом. Перед началом рабочего хода ролик 7 занимает крайнее нижнее положение, находясь на выфрезерованном справа уступе рычага 8, и поднимается на его рабочую часть, сжимая пружину 11, находящуюся внутри резьбовой втулки 3. Сила сжатия пружины 11, равная 150 кг, давит через ролик 7 на рычаг 8, а затем через рычаг 10 на подвижную губку 9. Благодаря усиливающей системе рычагов 8—10 сила зажима на подвижной губке составляет

1300 кг. Для сохранения постоянства зажимного усилия по мере уменьшения плеча рычага 8 при движении стола во время обработки рычаг 8 имеет равномерный подъем, равный 15 мм. Вследствие этого подъема давление пружины постепенно увеличивается, компенсируя уменьшение плеча рычага 8. Освобождение заготовки при обратном ходе стола производится с помощью пружины, не показанной на рис. 130.

Пружинная головка 4 устанавливается в корпусе 2, закреплен-

ном на хоботе станка, и может перемещаться в продольном направлении вращением винта 5. Вертикальная установка втулки 3 с внутренней пружиной 11 осуществляется двумя гайками 6. Поджатие пружины 11 до требуемой величины осуществляется гайкой 12.

В автоматизированных тисках, показанных на рис. 131, пружинная головка 4 закреплена на корпусе тисков и ее ролик 2 движется вместе со столом по кулачку 1, неподвижно закрепленному на салазках стола. Зажим заготовки происходит следующим образом. В приливе корпуса тисков (с другой стороны по отношению к пружинной головке 4) вмонтирована втулка 7 с рабочей пружиной 11, натяжение которой можно отрегулировать гайкой подобно пружине 11 в тисках на рис. 130 (эта гайка на рис. 131 не показана). Рабочая пружина 11 (см. рис. 131, б) через шток 10 давит на коромысло 8, которое, поворачиваясь вокруг пальца 12, передает усилие на шток 13, связанный с рычагом 14, нажимающим другим концом на подвижную губку 6. Неподвижную губку можно перемещать по направляющим корпуса тисков при помощи винта 9, устанавливая требуемое расстояние между губками соответственно размерам заготовки.

Разжим заготовки происходит следующим образом. При отходе стола в исходное положение ролик 2, скользя по скосу кулачка 1, начинает поворачивать вокруг оси 3 пружинную головку, которая своим верхним концом нажимает на рычаг 5. Рычаг 5 давит на коромысло 8, которое, поворачиваясь вокруг оси 12 в сторону, обратную давлению рабочей пружины 11, сжимает ее, разгружает шток 13 и, следовательно, рычаг 14, зажимающий подвижную гайку 6. Отход подвижной губки 6 в исходное положение осуществляется возвратными пружинами, не показанными на рис. 131.

Для того чтобы зажим заготовки происходил на заданном участке пути стола, кулачок 1 может быть установлен в нужном положении на планке, закрепленной на салазках станка, при помощи винта. Регулирование ролика 2 осуществляется гайкой в верхней части корпуса пружинной головки 4.

Тиски конструкции А. Н. Лебедева обеспечивают зажим заготовок с усилием, достаточным для большинства фрезерных работ, так как сила сжатия пружины благодаря плечу коромысла 8 и рычагу 14 увеличивается в 3 раза.

Общие указания по применению зажимов

Невозможно исчерпать все многообразие зажимных элементов и механизмов во фрезерных приспособлениях, но необходимо всегда иметь в виду, что рациональная конструкция приспособления является одной из составных частей процесса рациональной обработки детали.

При применении зажимных приспособлений следует руководствоваться следующими правилами:

а) зажимы должны быть легко доступны, привод зажимов должен быть выведен в сторону, обращенную к рабочему месту, не только из соображений экономии времени, но и безопасности работы;

б) зажимы должны быть просты;

в) зажимы должны быть быстродействующими;

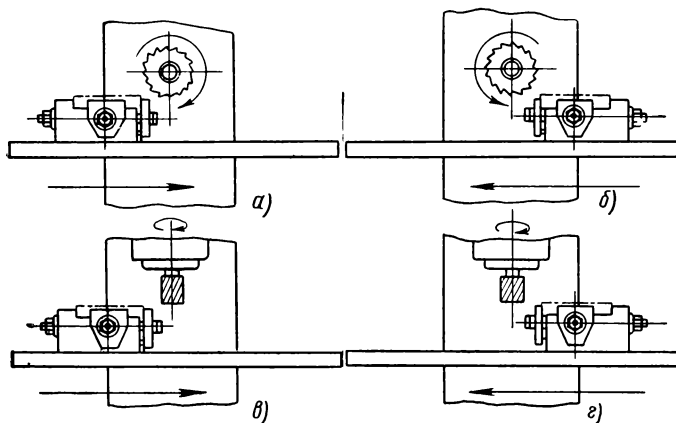


Рис. 132. Направление действия зажимного усилия при фрезеровании

г) зажимы не должны деформировать поверхность детали, если она была обработана на предыдущих операциях, и не должны вызывать пружинения детали;

д) зажимы не должны ослабляться самопроизвольно, под действием фрезы, от вибраций станка или под действием случайных причин;

е) зажимной силе должна быть противопоставлена опора;

ж) зажимная сила должна по возможности иметь такое направление, чтобы оно способствовало прижатию детали к опорным поверхностям;

з) давление режущего инструмента должно восприниматься неподвижными частями приспособления (неподвижной губкой тисков), как это показано на рис. 132. Для этой цели при правом вращении цилиндрической фрезы надо направлять действие зажима, как показано на рис. 132, а, а при левом вращении, как показано на рис. 132, б. При работе торцевой фрезой в зависимости от направления подачи зажимную силу направляют, как показано на рис. 132, в или г.

4. НАПРАВЛЯЮЩИЕ ДЕТАЛИ И МЕХАНИЗМЫ

Установы (габариты)

Направляющие детали приспособления, обеспечивающие правильное положение фрезы по отношению к обрабатываемой поверхности заготовки, называют *установами* или *габаритами*.

Установы или габариты представляют собой стальную пластинку или угольник, закрепленный неподвижно на корпусе приспособления.

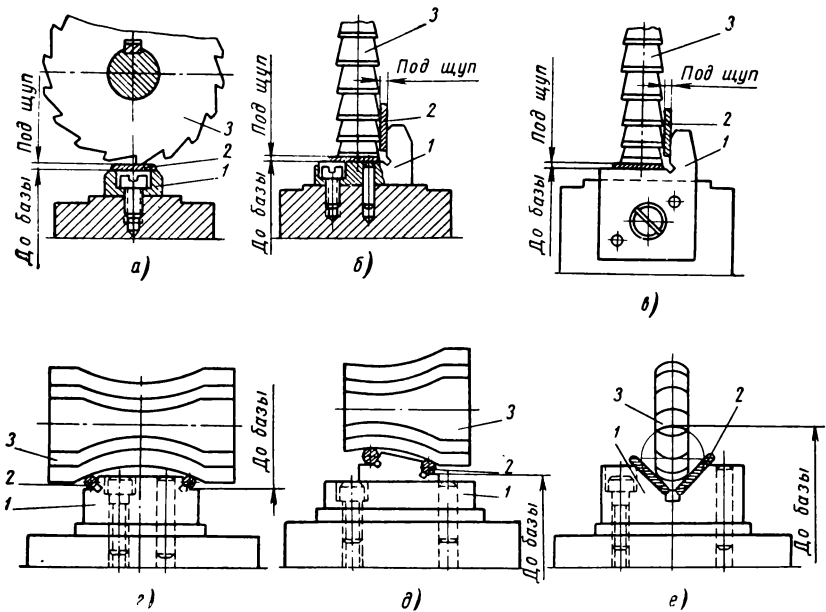


Рис. 133. Примеры применения установов (габаритов):

а — высотного; б — углового; в — торцового; г, д и е — для фасонных фрез; 1 — установ; 2 — щуп; 3 — фреза

Для того чтобы не затупить фрезу и обеспечить ее точную установку, последнюю производят по щупу между поверхностью установка и режущей кромкой зуба фрезы. Обычно толщина щупа составляет 1; 3 и 5 мм. Последний размер наиболее применим. Допуск на толщину принимают по скользящей посадке 2-го класса точности. Точность обработки при установке фрезы по установу достигает 3-го класса.

На рис. 133 приведены некоторые примеры применения установов.

Установы стандартизированы: высотные по ГОСТу 4091—57; угловые по ГОСТу 4092—57 (тип А); торцовые по ГОСТу 4092—57 (тип Б).

В том случае, когда обработку детали производят одновременно несколькими фрезами, укрепленными на одной оправке (набором фрез), по установку устанавливается только одна фреза, так как взаимное расположение фрез на оправке выдерживается при помощи установочных колец, а установка по ступеням диаметров проверяется по шаблону. Если деталь обрабатывают несколькими фрезами, установленными на отдельных шпинделях, то для установки каждой фрезы необходимо иметь свой установ. Если несколькими фрезами обрабатывают одну и ту же поверхность в два прохода (черновой и чистовой), для установки фрез по одному установу применяют шупы разной толщины.

Располагать установы на фрезерном приспособлении необходимо так, чтобы к ним был свободный доступ при наладке фрез.

Фиксаторы

Фиксаторы предназначены для точной установки поворотных частей приспособления с закрепленными в них заготовками в требуемом положении относительно фрезы.

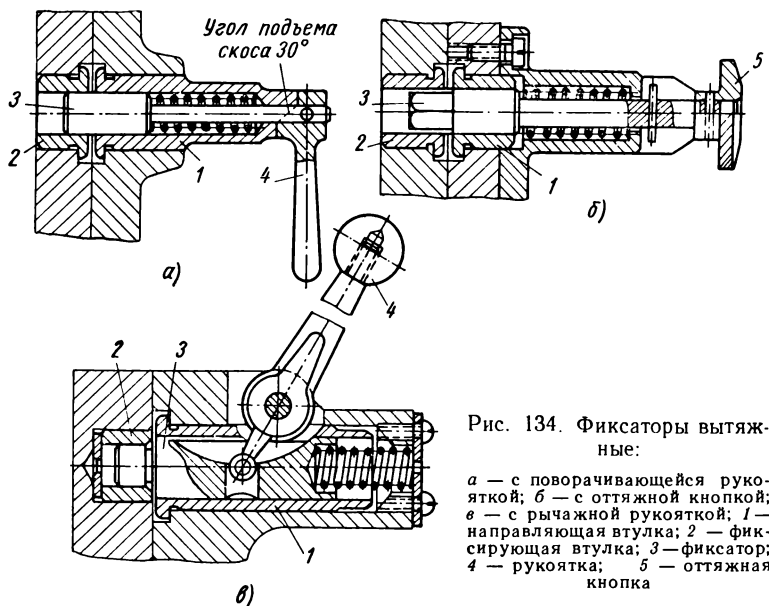


Рис. 134. Фиксаторы вытяжные:

a — с поворачивающейся рукояткой; *б* — с оттяжной кнопкой; *в* — с рычажной рукояткой; 1 — направляющая втулка; 2 — фиксирующая втулка; 3 — фиксатор; 4 — рукоятка; 5 — оттяжная кнопка

На рис. 134 показаны конструкции фиксаторов, применяемых в фрезерных приспособлениях. Фиксаторы типов *a* и *б* применяют в таких приспособлениях, где фиксатор не воспринимает сколь угодно значительных сил. Точность установки, обеспечиваемая фиксатором, зависит от точности расположения фиксируемых втулок 2 и зазоров между фиксатором 3 и втулками направляющей 1 и фиксирующей 2.

Копиры

Копирами называются элементы приспособлений, обеспечивающие необходимое перемещение фрезы в процессе обработки криволинейных плоских открытых и замкнутых контуров и объемных поверхностей.

Наиболее общим случаем копирной обработки является фрезерование замкнутого контура методом круговой подачи. Скрепленные в одно целое заготовка и копир вращаются вокруг общей оси. Расстояние между этой осью и осью фрезы в соответствии с профилем копира изменяется, в результате чего получается нуж-

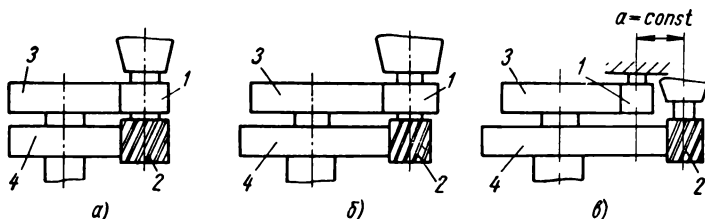


Рис. 135. Схемы обработки замкнутого контура:

a—диаметры ролика и фрезы равны; *б*—диаметры ролика и фрезы не равны;
в — оси ролика и фрезы не совпадают

ный профиль детали. На рис. 135 изображены три схемы обработки замкнутого контура. При обработке по схеме, показанной на рис. 135, *a*, диаметры ролика 1 и фрезы 2 равны; поэтому контур копира 3 идентичен контуру обработанной детали 4 и в этом случае обработку можно вести копирной концевой фрезой по МН 413—65÷МН 415—65 и МН 417—65, совмещая ролик с фрезой. При обработке по схеме, показанной на рис. 135, *б*, диаметр ролика не равен диаметру фрезы; в этом случае контур копира неидентичен контуру детали, а концевую фрезу с роликом можно взять по МН 416—65. В схеме, приведенной на рис. 135, *в*, контур копира отличается от контура детали, так как оси ролика и фрезы проходят не по одной прямой.

В рассмотренных на схемах ось ролика и фрезы неподвижны. Заготовка и копир установлены на шпиндель приспособления и вращаются с постоянной угловой скоростью. Стол вертикально-фрезерного станка, на котором ведется обработка, разобщается с винтом продольной подачи и отжимается в одну сторону грузом, пружиной или пневмоцилиндром, при этом сила отжима должна обеспечить постоянный контакт копира с роликом (шейкой копирной фрезы)

На рис. 136, *a* показана схема обработки незамкнутого контура при обработке с поступательной подачей. Копирные ролики иногда выполняют коническими, что дает возможность компенсировать

рывать изменение диаметра фрезы после ее переточки, а также позволяет фрезеровать контур за несколько проходов. В этом случае расчетным диаметром D_p копирного ролика является диаметр в месте перехода от вертикальной к скошенной образующей контура копира.

Профиль плоского копира находится в зависимости от контура обрабатываемой поверхности. Для выпуклых частей кон-

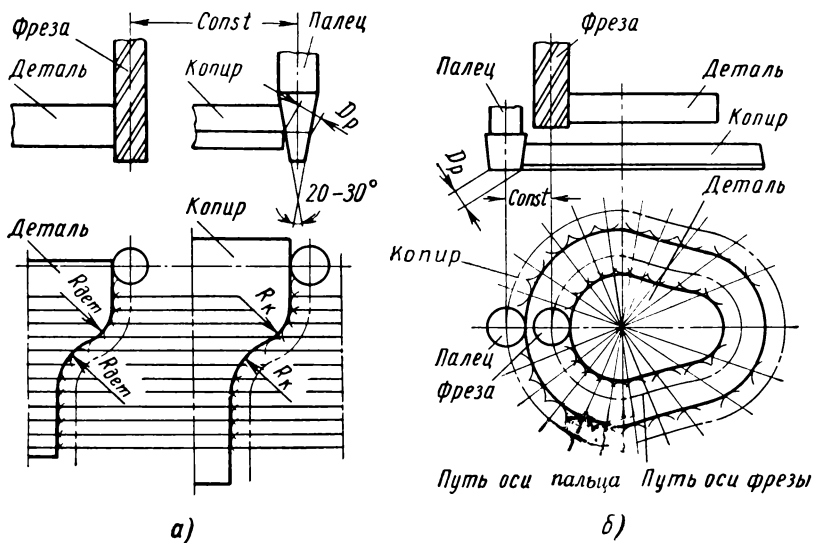


Рис. 136. Схемы построения профиля копира:

а — для обработки открытого контура; б — для обработки закрытого контура

тура обрабатываемой фрезерованием детали, изображенной на рис. 136, а, соответствующая часть копира должна быть очерчена радиусом копира

$$R_k = R_{изд} + r_\phi - r_n,$$

где r_ϕ — радиус фрезы;

r_n — радиус пальца или ролика;

$R_{изд}$ — радиус контура детали.

Для вогнутых частей копира эта формула принимает вид

$$R_k = R_{изд} - r_\phi + r_n.$$

Построение профиля копира для обработки деталей с круговой подачей изображено на рис. 136, б.

5. ПОВОРОТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Общие определения

Поворотные устройства в зависимости от конструктивного выполнения позволяют применить позиционный метод обработки, т. е. возможность обработать различные поверхности заготовки в разных ее положениях относительно шпинделя станка (фрезы) при одном закреплении и обработку с круговой подачей при непрерывном вращении заготовки.

В первом случае они называются делительными или позиционными, во втором — поворотными. Для мелкосерийного производства поворотные устройства выполняют универсальными, т. е. допускающими оба случая применения.

Различают два основных типа устройства для поворота заготовки вокруг вертикальной оси (делительные и поворотные столы) и горизонтальной оси (делительные головки).

Нормализованные поворотные столы

Прямоугольный поворотный стол, называемый обычно двухпозиционным, применяется при обработке деталей с продольной подачей. Два рабочих приспособления устанавливаются на концах стола и работают поочередно (см. рис. 12). Поворот стола на каждую позицию производится рукояткой.

Прямоугольные поворотные (двухпозиционные) столы нормализованы по МН 3139—62 для трех размеров рабочей поверхности стола, а именно 250×630 мм; 320×800 мм и 400×1000 мм. Рабочие чертежи на эти столы разработаны Всесоюзным проектно-технологическим институтом (ВПТИ) тяжелого машиностроения.

Круглые поворотные столы применяют для поворота на определенный угол и для непрерывного вращательного движения при фрезеровании с круговой подачей. Различают круглые поворотные столы с *ручным* и *механическим приводом*. Конструкции их диаметром от 160 до 1250 мм стандартизированы¹.

В табл. 49 приводятся круглые поворотные столы диаметром 160, 200, 250 и 320 мм с ручным приводом, а в табл. 50 — диаметром 320, 400, 500 и 630 мм с механическим.

На рис. 137 приводится схема присоединения поворотного стола к механическому приводу фрезерных станков мод. 6Н81, 6Н82, 6Н83, 6Н82Ш и 6Н83Ш, а на рис. 138 — пример наладки поворотного стола для непрерывного фрезерования.

Круглые столы, применяемые для деления, имеют механизмы для фиксирования и крепления поворотного диска. Делительный диск выполняется обычно с 3, 4, 6, 8 и 12 гнездами под фиксатор.

¹ См. Нормали машиностроения. Столы поворотные и делительные круглые с ручным и механическим приводом. Стандартгиз, 1961.

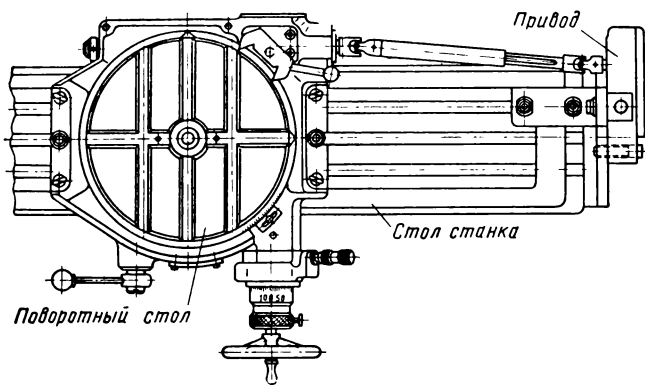


Рис. 137. Схема присоединения механического привода от фрезерного станка к поворотному круглому столу

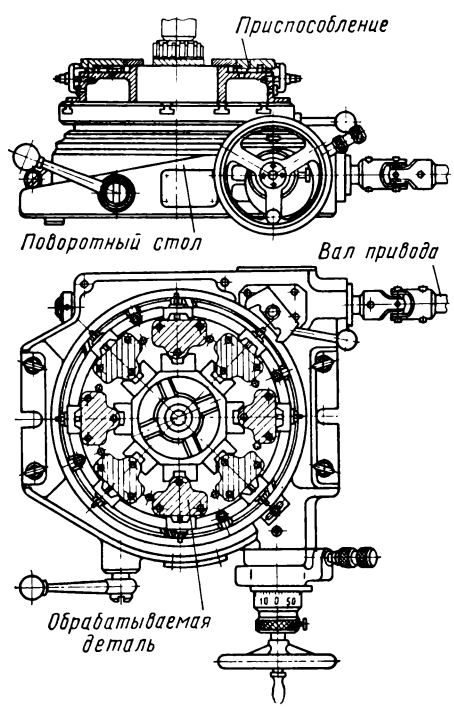


Рис. 138. Пример наладки поворотного круглого стола для непрерывного фрезерования

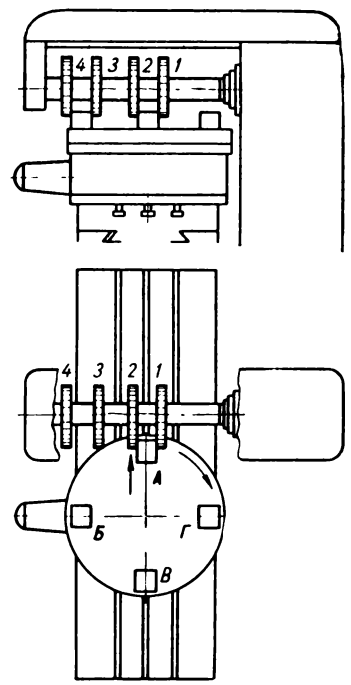
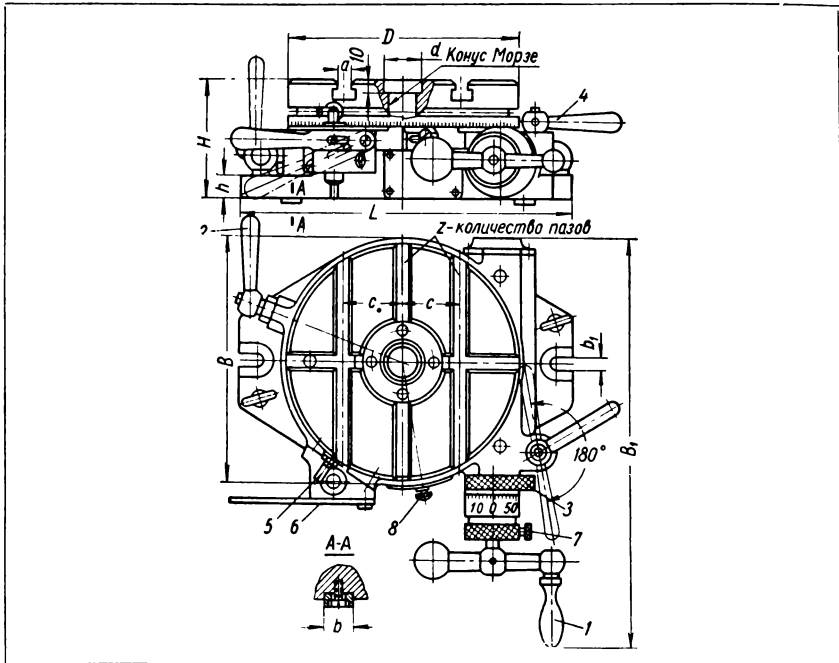


Рис. 139. Схема четырехпозиционного фрезерования на поворотном круглом столе

Столы поворотные круглые диаметром 160—320 мм с ручным приводом
(по НМ 1059—60)

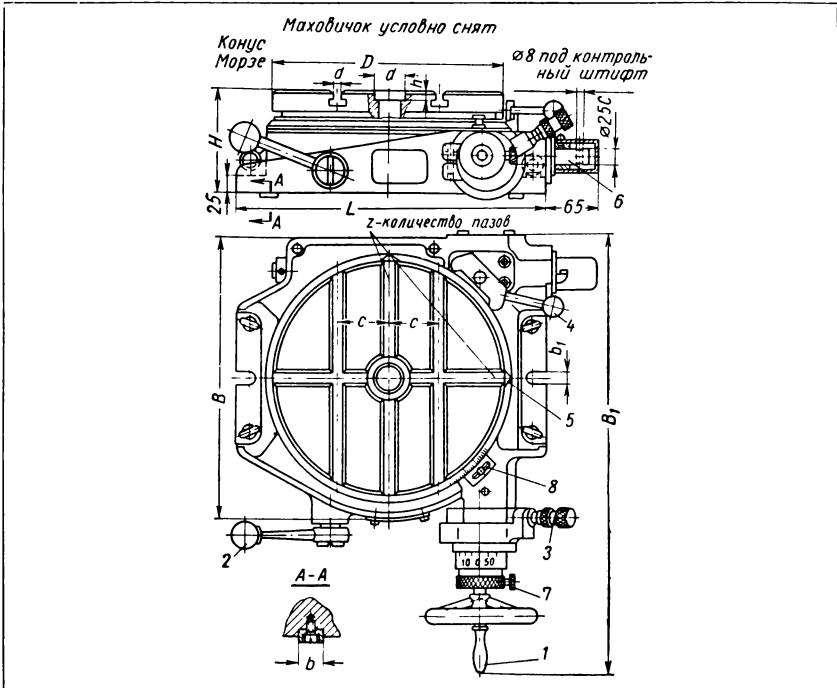


D	H	L	B	B ₁	c	Z-количество пазов		d	b	b ₁	h	Число пазов		Конус Морзе
						средний	боковой					поперечных	продольных	
160	100	260	170	315	—	—	—	30A	12C ₃	12	20	1	1	№ 3
200	100	300	210	355	50	12A ₃	12A ₄	30A	14C ₃	14	20	3	1	№ 3
250	110	350	260	435	70	14A ₃	14A ₄	40A	14C ₃	14	22	3	1	№ 4
320	110	420	325	465	70	14A ₃	14A ₄	40A	18C ₃	18	22	3	1	№ 4

Столы могут изготавливаться с двумя фиксаторами, расположенными на разных радиусах, что позволяет производить на одном столе разную индексацию. В круглых столах, применяемых для непрерывного фрезерования, фиксатор может отсутствовать.

На рис. 139 дана схема фрезерования четырех квадратных заготовок А, Б, В и Г, установленных в зажимных приспособлениях на круглом поворотном столе, настроенном на четырехпозиционное индексирование (поворот на 90°). Фрезерование произ-

Столы поворотные круглые диаметром 320—630 мм,
с ручным и механическим приводом
(по НМ 1060—60)



D	H	L	B	B ₁	C	z-количество пазов		d	b	b ₁	h	Число пазов		Конус Морзе
						средний	боковой					поперечных	продольных	
320	140	430	400	640	70	14A ₃	14A ₄	40A	18C ₃	18	10	3	1	№ 4
400	140	510	470	704	70	14A ₃	14A ₄	40A	18C ₃	18	10	5	1	№ 4
500	150	620	580	775	90	18A ₄	18A ₄	50A	22C ₃	22	12	5	1	№ 5
630	150	740	710	880	110	18A ₄	18A ₄	50A	22C ₃	22	12	5	1	№ 5

входят набором из четырех дисковых двусторонних фрез 1, 2, 3 и 4. Фрезы 1 и 2 обрабатывают одновременно две стороны квадрата заготовки А, а фрезы 3 и 4 — две стороны квадрата заготовки В. После вывода фрез стол индексируют (поворачивают) на 90°. При этом заготовка В перемещается в новое положение и становится в позицию для фрезерования двух других сторон квад-

рата фрезами 1 и 2, а фрезы 3 и 4 фрезеруют две стороны квадрата заготовки В. Затем после вывода фрез при следующем индексировании на 90° заготовка В становится на место заготовки Б и фрезы 1 и 2 фрезеруют две другие стороны квадрата. После третьего индексирования заготовка, будучи обработана по всем четырем граням, поворачивается на четвертую позицию и может быть снята и заменена новой. В дальнейшем после каждого индексирования снимается одна готовая деталь и устанавливается новая заготовка.

Механизация поворотных столов

Всесоюзным проектно-технологическим институтом (ВПТИ) тяжелого машиностроения разработаны нормали и рабочие чертежи на круглые столы с встроенным пневмозажимом. В табл. 51 приведены основные технические данные этих столов.

Таблица 51

Основные технические данные круглых столов с пневмозажимом

№ нормалей машиностроения	Размеры стола в мм		Ход стола в мм	Сила зажима в кг (при давлении в сети 4 кг/см ²)	Габаритные размеры стола в мм	Вес стола в кг
	диаметр	высота				
МН 4661—63	125	80	12	164	235×185×122	7,3
	160	90		290	275×220×122	9
	200	100	15	460	320×260×124	15,4
	250	110		680	395×350×126	20,5
МН 4662—63	250	65	12	1200	375×325×100	26,7
	320	75	15	1900	440×385×110	43,7
	400	85		3100	530×422×118	70,2

В этих столах механизирован зажим заготовок как в установочно-зажимных приспособлениях, так и непосредственно на столе при помощи пневматики.

Дальнейшим этапом механизации является механизация поворота и фиксации в заданном положении планшайбы круглого поворотного стола. Для этого применяют пневматический, пневмогидравлический, гидравлический и электрический приводы. Различают частичную и полную автоматизацию цикла работы поворотного стола.

В полуавтоматических поворотных столах автоматически выполняется следующий цикл: расфиксация, поворот планшайбы, фиксация, закрепление планшайбы. Функции рабочего сводятся к установке и снятию обрабатываемых деталей и включению привода на автоматическое выполнение цикла. Вклю-

чение производится с помощью муфты включения, кнопочного контактора или распределительного крана (пневматического, гидравлического) в зависимости от типа привода.

На рис. 140 приведена схема круглого поворотного стола с пневматическим приводом конструкции Киевского мотоциклетного завода. В корпусе 1 закреплена ось 2, на которой вращается планшайба 6, жестко соединенная с делительным диском 7 и храповиком 3. Число зубьев храповика 3 и количество пазов в диске 7

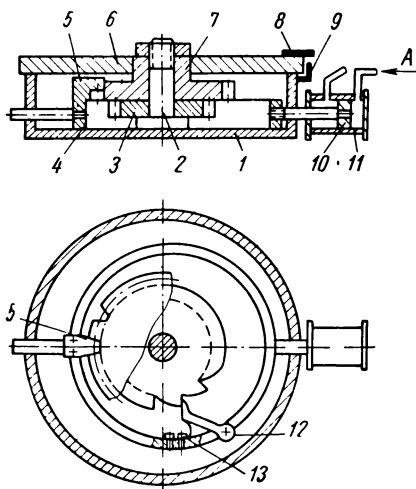


Рис. 140. Схема круглого поворотного стола с пневмоприводом

соответствуют числу позиций поворота (индексирования) стола. Внутри корпуса 1 перемещается кольцо 4, связанное со штоком пневматического цилиндра 11. На кольце закреплены собачка 12, поджатая пружиной 13, и фиксатор 5. Управление пневмоцилиндром осуществляется от распределительного крана, сблорированного с механизмом перемещения стола станка. По окончании рабочего хода стола срабатывает рукоятка крана и включается подача воздуха. При подаче воздуха (по стрелке А) поршень 10 перемещает кольцо 4 влево и выводит фиксатор 5.

При обратном ходе стола распределительный кран переключает подачу воздуха и он поступает в левую полость цилиндра, кольцо 4 перемещается вправо, и фиксатор 5, заскакивая в очередной паз диска 7, фиксирует положение планшайбы 6. Контакты 8 и 9 служат для остановки станка после полной обработки детали.

На рис. 141 показан в разрезе круглый поворотный стол с гидравлическим приводом. В корпусе 1 стола в горизонтальном положении установлен гидроцилиндр (невидимый на чертеже), шток 2 которого выполнен в виде цилиндрической рейки, сцепленной с зубчатым колесом 3. Колесо 3 свободно посажено на валике 4, но с помощью обгонной муфты 5 оно вращает его при рабочем ходе штока. Вместе с валиком 4 вращается зубчатое колесо 6, сцепленное с колесом 7, установленным на планшайбе 8.

Фиксация планшайбы 8 после поворота осуществляется фиксатором 9, управляемым гидроцилиндром 10 двойного действия. Одновременно шток этого гидроцилиндра связан с рычагом 11 подъема и зажима планшайбы 8 посредством тяги 12.

Перед началом очередного цикла поворота планшайбы вручную или автоматически с помощью упора на столе станка произ-

водится переключение распределительного крана (золотника) и масло поступает в гидроцилиндр, перемещая шток 2 в обратном направлении без поворота планшайбы (при выключенной обгонной муфте). При дальнейшем движении штока 2 он переключает золотник питания гидроцилиндра 10, в результате чего происходит вывод из гнезда фиксатора 9 с одновременным подъемом планшайбы 8 рычагом 11. Планшайба освобождена от фиксатора и готова к индексации.

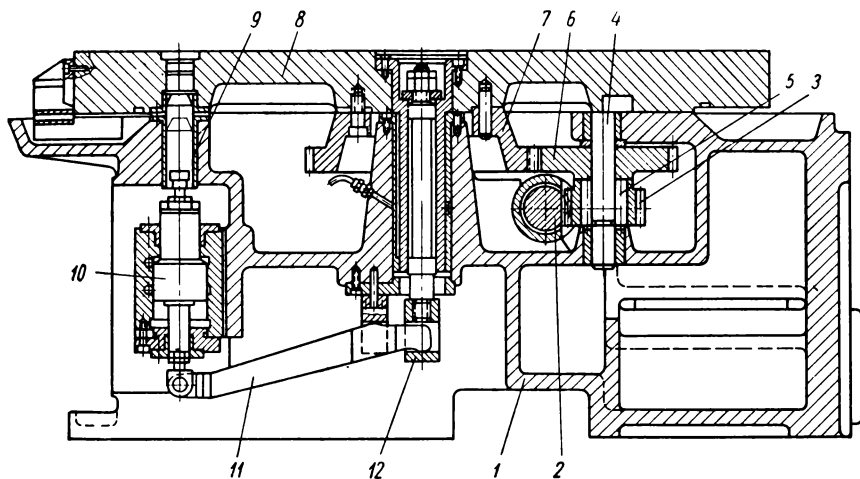


Рис. 141. Схема круглого поворотного стола с гидроприводом

В крайнем положении обратного хода штока 2 масло подается в другую полость цилиндра, и шток 2 совершает рабочий ход, осуществляя поворот планшайбы 8 через обгонную муфту 5, вал 4, зубчатые колеса 6 и 7.

В конечном положении рабочего хода шток 2 снова переключает золотник питания гидроцилиндра 10 теперь уже на подъем (включение) фиксатора и поджим планшайбы тягой 12 и остается в этом положении до конца обработки детали на данной позиции.

Угол поворота планшайбы устанавливается посредством ограничителя хода штока 2.

В автоматизированных поворотных столах к циклу добавляется еще автоматизация крепления (поджим) заготовки к горизонтальной базовой поверхности, роль которой выполняет либо верхняя (рабочая) плоскость стола, либо устанавливаемые на нее сменные базовые элементы наладки. Отечественной промышленностью выпускаются *круглые делительные столы УПГ-4 и УПГ-31 и с круговой подачей УПГ-5.*

На рис. 142, а изображен *делительный стол УПГ-4* с диаметром планшайбы 350 мм, который, как и подобный ему стол УПГ-31

(с диаметром планшайбы 270 мм), допускает деление на 2, 3, 4, 6, 8 и 12 равных частей. На планшайбу по точным пазам и центральному отверстию устанавливаются сменные наладки и обрабатываемые детали. Внутри стола встроен пневматический диафрагменный привод, к штоку которого присоединяются зажимные элементы сменных наладок. Закрепление заготовок производится перемещением штока вниз или вверх под действием сжатого воздуха, направляемого распределительным пневматическим краном

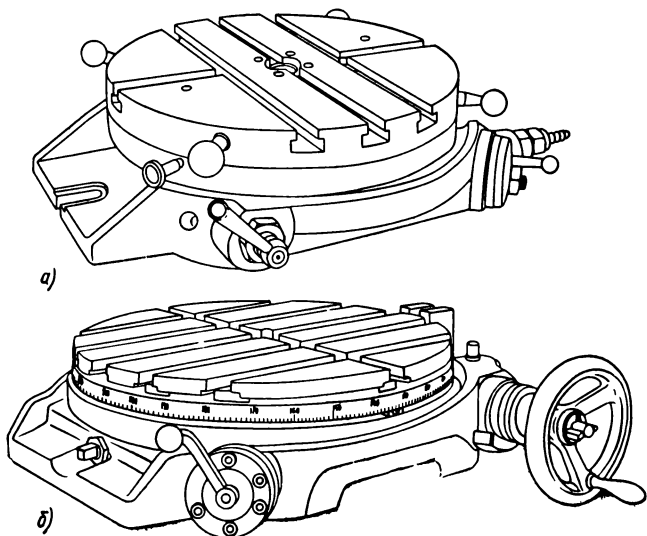


Рис. 142. Поворотные круглые столы с пневмоприводом:
 а — делительный стол УПГ-4; б — стол с круговой подачей

в верхнюю или нижнюю полость привода. Усилие на штоке привода может изменяться при помощи регулятора зажимного усилия УПГ-18 в пределах 200—400 кг для стола УПГ-4 и в пределах 100—500 кг у стола УПГ-31. Механизм деления у этих столов ручной, заблокированный с механизмом закрепления поворотной части.

Поворотный стол с круговой подачей УПГ-5 (рис. 142, б) с диаметром планшайбы 375 мм имеет пневматический зажим, который действует подобно рассмотренному в столах УПГ-4 и УПГ-31, и, кроме того, пневматический привод вращения стола. В случае необходимости автоматического выключения круговой подачи предусмотрены кулачки, переставляемые по круговому пазу планшайбы. Для ручного вращения имеется маховичок. Угол поворота отсчитывается по шкале на столе; более точный отсчет ведется по лимбу на маховичке ручного вращения. Усилие на штоке

регулируется в пределах 300—1500 кг при помощи регулятора УПГ-18.

В крупносерийном и массовом производствах применяют ряд индексирующих приспособлений, специально спроектированных для рациональной обработки самых разнообразных деталей.

Основной задачей этих приспособлений является не только обеспечение правильного положения детали относительно фрезы

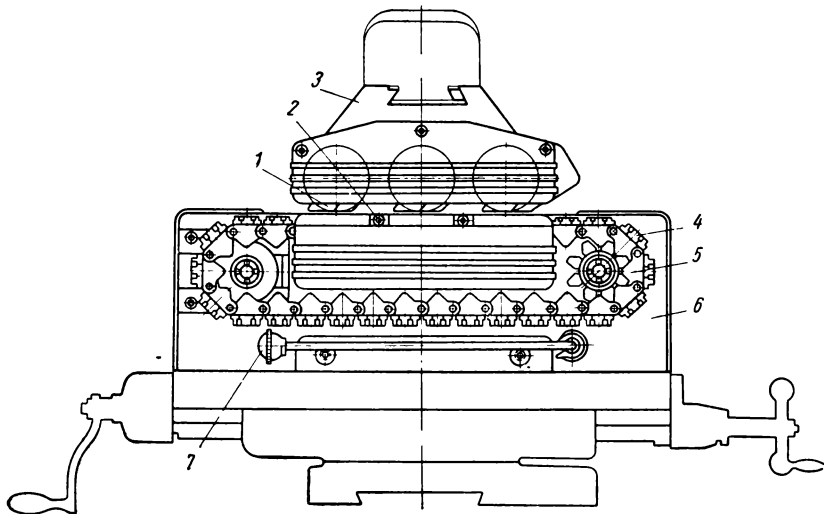


Рис. 143. Приспособление для непрерывного фрезерования шлицев в корончатых гайках с индексированием в процессе работы

при надежном зажиме обрабатываемых деталей, но и механизация зажима, раскрепления и подачи деталей. В наиболее рационально спроектированных приспособлениях эти приемы автоматизированы, а подача деталей под фрезу сделана непрерывной. Такие приспособления совместно со станком работают как полуавтоматические станки.

На рис. 143 показано приспособление непрерывного фрезерования шлицев в корончатых гайках на горизонтально-фрезерном станке при прямолинейной продольной подаче с индексированием на 60° в процессе работы, применяемое на автозаводе им. Лихачева, на Московском заводе малолитражных автомобилей и др.

Приспособление имеет корпус 6, в который вмонтирована бесконечная цепь 5, несущая установочные гнезда 4 для обрабатываемых гаек. Гнезда имеют прорези для прохода инструмента. При поступательном движении цепи гнезда своими прорезями

дважды цепляются за неподвижные упоры 2 и поворачиваются около вертикальной оси. Поворот гнезда происходит в промежутке между тремя последовательно расположенными фрезами, закрепленными в трехшпindelной головке 3. Угол поворота гнезда равен 60° и соответствует углу взаимного расположения шлицев в корончатых гайках. Зажим гайки во время фрезерования производится пружинным упором 1. Головка 3 приводится в действие от рабочего шпинделя станка, а приспособление — от механизма подачи стола через шарнирную передачу. Включение подающего механизма производится рычагом 7.

Автоматизация делительных головок

Делительные головки предназначены для периодического поворота обрабатываемой заготовки на заданный угол, а также для непрерывной круговой подачи. Вращение шпинделя головки вместе с прямолинейной подачей стола станка позволяет обрабатывать винтовые поверхности на цилиндрических заготовках.

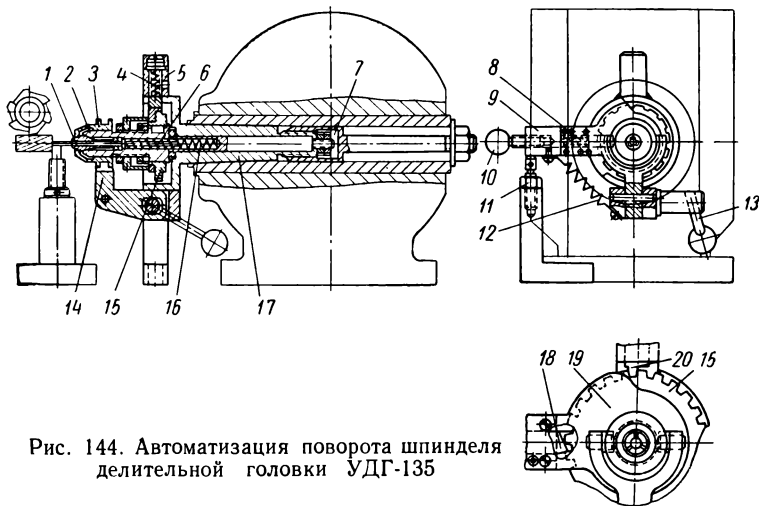


Рис. 144. Автоматизация поворота шпинделя делительной головки УДГ-135

Делительные головки бывают *ручные* и с *механизированным приводом*. Поскольку делительные головки с ручным приводом широко описаны в учебной и справочной литературе, мы рассмотрим только делительные головки с механизированным приводом автоматического действия.

На рис. 144 показано устройство к универсальной делительной головке УДГ-135, позволяющее автоматизировать поворот шпинделя головки, а значит и обрабатываемой детали на заданный угол.

Устройство выполнено по предложению В. И. Маркелова и А. М. Мокина и предназначено для автоматического деления

при фрезеровании спиральных канавок (зубьев на инструментах). Устройство монтируется в делительной головке и имеет корпус 17, наружная поверхность которого выполнена по конусу Морзе № 4, что соответствует коническому гнезду шпинделя головки УДГ-135. Это обеспечивает возможность быстрой установки и закрепления штревелем 7 устройства в делительной головке. В корпусе 17 расположен шпиндель 2, в коническом гнезде этого шпинделя находится цанга 1 для закрепления обрабатываемой заготовки, а в цилиндрическом — находящийся под действием пружин 16 выталкиватель 6. На шпинделе 2 установлен на шпонке и закреплен гайкой и контргайкой сменный делительный диск 15 с числом пазов на боковой поверхности, равным числу делений, выполняемых при обработке данной детали.

На ступице диска 15 насажен свободно кулачок 19, осевому смещению которого препятствуют гайки. К кулачку прикреплена коробка 9 с подающей защелкой 18, находящейся под действием пружины 8. Для пользования защелкой при ручном делении в коробке имеется рукоятка 10. Поворот делительного диска 15, а следовательно, и обрабатываемой заготовки ограничивается фиксатором 20, находящимся под действием пружины 4 и расположенным в коробке 5, приваренной к корпусу 17. Двумя пружинами 12 кулачок 19 вместе с коробкой 9 и расположенной в ней подающей защелкой 18 поворачивается, пока фиксатор 20 не войдет в паз делительного диска.

Закрепление заготовки и открепление обработанной детали осуществляются вручную посредством механизма, состоящего из рукоятки с эксцентриковым валиком 13 и рычажной вилки 14 с роликами, которые входят в кольцевую выточку втулки 3, сжимающей цангу 1.

Предположим, что при рабочем ходе стола станка (влево) шпиндель делительной головки вращается (от ходового винта стола) в направлении часовой стрелки. Вместе со шпинделем вращается и все устройство, рассмотренное выше. Коробка 9 при этом вместе с кулачком 19 отходит от регулируемого упора 11, вернутого в угольник, закрепленный на столе станка. После переключения стола на обратный ход шпиндель делительной головки будет вращаться против часовой стрелки и, когда коробка 9 дойдет до упора 11, движение ее прекратится, а кулачок 19 при продолжающемся вращении шпинделя делительной головки выведет фиксатор 20 из паза диска 15. При последующей работе рассматриваемого устройства фиксатор 20 скользит по кулачку, а подающая защелка 18, отжимая пружину 8, входит в следующий паз диска, при этом пружины 12 растягиваются.

При переключении движения стола на рабочий ход шпиндель делительной головки будет вращаться по часовой стрелке и пружины 12, сжимаясь, повернут кулачок 19 в направлении, обратном вращению шпинделя делительной головки. При этом шпин-

дель 2 устройства под действием подающей защелки будет поворачиваться, пока фиксатор 20 не сойдет с кулачка 19 на делительный диск 15 и не войдет в паз диска.

После этого шпиндель 2 будет вращаться вместе с корпусом 17 что соответствует периоду обработки, в то время как процесс деления осуществляется в период, когда заготовка подходит к фрезе за каждый ход стола — рабочий и обратный. Поворачивая шпиндель 2 и регулируя упор 11, приводят устройство в такое положение, чтобы к моменту выхода фрезы из обрабатываемой заготовки коробка 9 коснулась пружины 12 растягиваются, а подающая защелка 18 входит в следующий паз диска 15. В этот момент стол меняет направление движения на рабочий ход. До подхода обрабатываемой заготовки к фрезе диск 15 поворачивается на одно деление и закрепляется в этом положении фиксатором 20, после чего процесс обработки повторяется в той же последовательности.

Рассмотренное устройство к делительной головке для автоматического деления просто по устройству, надежно в эксплуатации и может быть рекомендовано для широкого внедрения в промышленность.

На рис. 145 показана делительная головка с пневматическим цанговым зажимом заготовки и фиксированным поворотом на 2, 3, 4, 6 и 8 частей для фрезерования граней, пазов и т. д. Эта головка может быть использована как вертикальная при опоре на А или как горизонтальная при повороте на 90° и опоре на Б

Сжатый воздух из сети через штуцер 8 подается в цилиндр 1 и действует на поршень 2. Развиваемая в результате этого сила передается через шток 3 на стакан 5. Опускаясь, стакан конусным отверстием сжимает конус цанги 6; обрабатываемая деталь при этом закрепляется. При отключении подачи воздуха стакан 5 и шток 3 с поршнем 2 возвращается в исходное положение под действием пружины 4.

Для перехода на следующую позицию цангу вместе с обрабатываемой деталью поворачивают рукояткой 9. При движении рукоятки по часовой стрелке эксцентриковый диск 12 выталкивает фиксатор 11 из паза делительного диска 10, а собачка 14 под действием пружины 13 попадает в очередной его паз.

При обратном движении рукоятки собачка 14 поворачивает делительный диск с диском 7 и укрепленной на нем цангой с обрабатываемой деталью до тех пор, пока фиксатор 11 не попадет в следующее гнездо делительного диска и тем самым зафиксирует поворот детали на 60° (соответственно на 45, 90, 120 и 180°).

Кулачок В предохраняет прорези цанги от попадания стружки. Цанга, показанная на рисунке, допускает установку деталей диаметром не выше 26 мм. Пневмопривод развивает силу зажима до 1500 кг

Автоматизация деления может осуществляться от приставного устройства так называемого аппарата для автоматического деления. На рис. 146 приведен общий вид такого аппарата в сборе с делительной головкой¹

Подобные аппараты приводятся в действие от коробки подач станка через шарнирную муфту либо через зубчатую или ременную передачу от отдельного электродвигателя. Ходовой винт

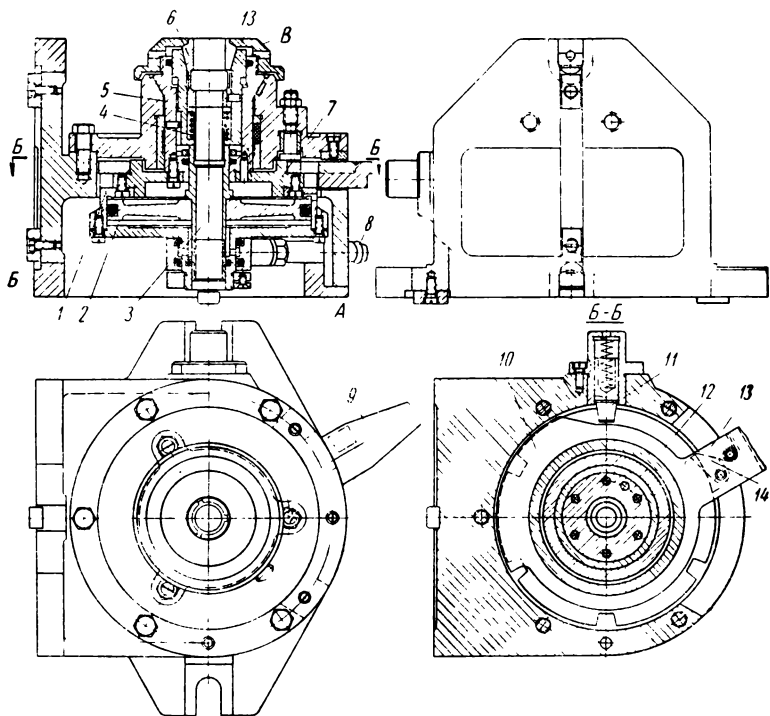


Рис. 145. Делительная головка с пневматическим цанговым зажимом

продольной подачи стола в этом случае получает вращение не от коробки подач станка, а посредством сменных зубчатых колес 1 от аппарата. Делительная головка соединяется с аппаратом при помощи зубчатой передачи б с передаточным отношением 1 : 1 (рис. 146, а).

Управление аппаратом осуществляется штангой 10, шарнирно связанной с рычагом 4. В крайних положениях стола жесткий

¹ В брошюре А. Н. Оглоблина «Делительные головки и их настройка» из серии Библиотечка фрезеровщика, М., Машиностроение, 1964 приведена на рис. 57 аналогичная конструкция аппарата, автоматизирующего работу делительной головки и фрезерного станка.

упор 8, привернутый к салазкам, нажимая на переставные упоры 11, установленные в соответствии с длиной фрезерования, сообщает штанге 10 перемещение, в результате чего рычаг 4 управления аппаратом отклоняется вправо или влево и автоматически включает рабочий или соответственно ускоренный ход стола. Аналогично рычаг 4 автоматически включает и выключает передачу 6 на вращение делительной головки для осуществления требуемого поворота (деления) детали. Для ручного переключения аппарата служит рычаг 5

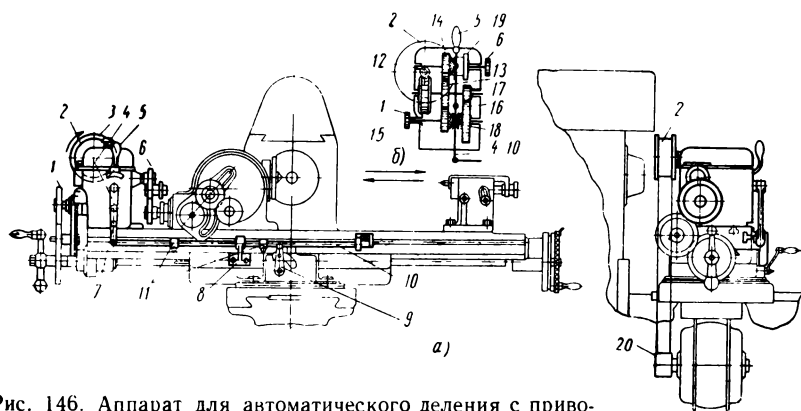


Рис. 146. Аппарат для автоматического деления с приводом от электродвигателя:

1 — сменные зубчатые колеса для передачи вращения на ходовой винт; 2 — приводной шкив к электродвигателю; 3 — ограждение шкива; 4 — рычаг автоматического выключения и включения; 5 — рычаг ручного выключения и включения; 6 — передача от аппарата на делительную головку с отношением 1 : 1; 7 — переставной палец для изменения плеча рычага; 8 — жесткий упор на столе станка; 9 — рычаг переключения подачи; 10 — штанга; 11 — переставные упоры; 12 — червячная передача; 13, 14, 16 и 17 — зубчатые колеса; 18 — реверсивная муфта подачи стола; 19 — муфта включения делительной головки; 20 — шкив электродвигателя

Привод осуществляется от шкива 2 (или зубчатой передачи, или через шарнир для других типов аппарата) на червячную передачу 12 и затем через систему цилиндрических зубчатых колес 13—15—16—17 на вращение ходового винта через зубчатую передачу 1

В *среднем* положении штанги 10, как показано на рис. 146, б, аппарат не передает вращения на ходовой винт и делительную головку, т. е. имеет место холостое вращение зубчатых колес 13—14—15.

При *крайнем правом* положении штанги 10, что соответствует началу рабочего хода стола, червячная передача 12 через зубчатые колеса 17—16 и муфту 18 реверса сообщает ходовому винту стола рабочую подачу

При *крайнем левом* положении штанги 10, что соответствует концу рабочего хода стола, червячная передача 12 через зубчатые колеса 13—15 и муфту 18 реверса сообщает ходовому винту стола ускоренную подачу, причем изменение направления подачи осу-

ществляется рычагом 9 (рис. 146, б) через переставные упоры, как это имеет место при обычном фрезеровании. В этом положении штанги муфта 19 включения делительной головки разобщена от зубчатого колеса 14, получающего вращение от червячной передачи 12 через зубчатое колесо 13.

По окончании холостого хода и соответственно при переключении на рабочий ход штанга 10 включает муфту 19 и делительная головка получает необходимое вращение для осуществления заданного деления. По окончании деления муфта 19 выключается и цикл фрезерования начинается сначала.

Многошпиндельные делительные головки

Для увеличения производительности за счет сокращения основного (технологического) времени применяют при обработке крупных партий деталей многошпиндельные делительные головки. Количество шпинделей ограничено шириной стола фрезерного станка и обычно не превышает четырех-пяти, но в большинстве случаев составляет три. В полуавтомате мод. 6С209, предназначенном для фрезерования канавок метчиков, применена семишпиндельная делительная головка. Этот полуавтомат сконструирован на базе горизонтально-фрезерного станка с добавлением аппарата для автоматического деления и многошпиндельной головки. Аппарат для автоматического деления подобен показанному на рис. 146 и служит для сообщения столу рабочего и обратного автоматических перемещений, для поворота обрабатываемых метчиков на определенный угол и для выключения движения стола после того, как фрезерование всех канавок будет закончено. На рис. 147 приведен общий вид полуавтомата мод. 6С209*

6. УНИВЕРСАЛЬНО-НАЛАДОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Приспособления, в которых можно устанавливать и закреплять различные заготовки одного класса путем несложной и быстрой наладки, называют *универсально-наладочными* (УНП). Они стали широко применяться с тех пор, как получил признание и распространение групповой метод обработки.

Прообразом универсально-наладочных приспособлений явились машинные диски со сменными губками, которые так охотно использовали новаторы-фрезеровщики.

Дальнейшее развитие этого направления привело к созданию сменных вкладышей (наладок) к универсально-наладочным приспособлениям.

* Подробное описание полуавтомата мод. 6С209 для фрезерования метчика приведено в книге А. А. Кудряшова, *Металлорежущие станки для инструментального производства*. М., Машгиз, 1961.

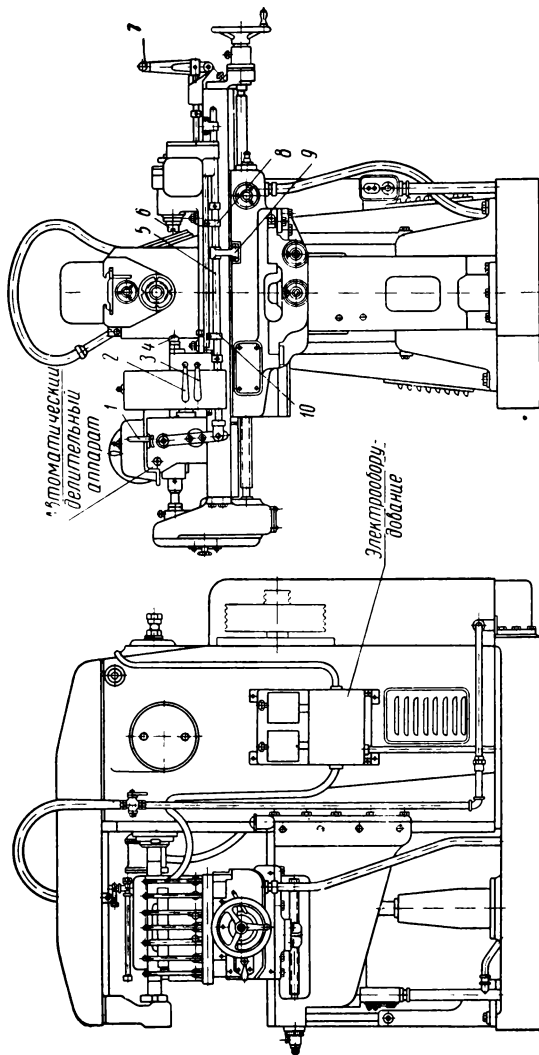


Рис. 147. Полуавтомат мод. 6С209 для фрезерования канавок в метчиках:

1 — рукоятка включения; 2 и 3 — рукоятки для зажима метчиков в задних центрах; 4 — задняя бабка; 5 — штанга; 6 — поводки для вращения метчиков при делении; 7 — рукоятка для перемещения задних центров при установке метчиков; 8 и 10 — переставные упоры; 9 — жесткий упор на салазках

На рис. 148 показано универсально-наладочное приспособление для фрезерования нормализованных деталей, типы которых показаны на рис. 148 справа и слева. Основой приспособления является корпус 7, состоящий из плиты и двух вертикальных стоек, соединенных между собой планками. На этих планках укреплены стальные закаленные опоры 2 и 5 для сменных кассет 3.

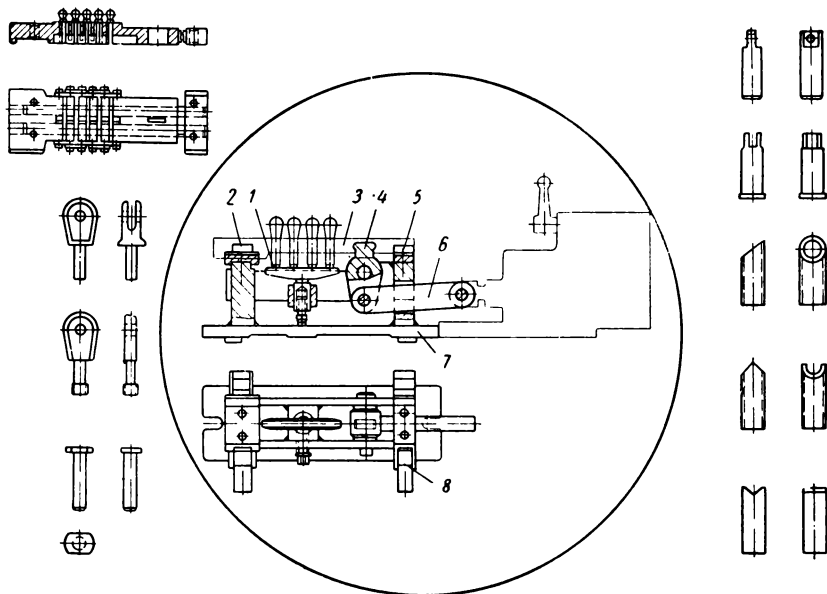


Рис. 148. Универсальное наладочное приспособление для фрезерования нормалей

типовая конструкция которых показана на рис. 148 слева вверху. Кассеты 3 крепят к опорам 2 и 5 при помощи планок 8. Между планками помещена качалка 4, верхний конец которой соединен с сухарями кассеты, надетыми на две колонки, закрепленные в неподвижных планках. Нижний конец качалки 4 соединен с горизонтальной тягой 6, связанной со штоком пневмопривода. В средней части корпуса расположен регулируемый вертикальный упор 1, который определяет по высоте положение зажимаемых заготовок.

Перенастраиваемые поворотные тиски

В настоящее время отечественной промышленностью выпускаются нормализованные универсальные наладочные тиски и сменные наладки к ним, применяемые для оснащения серийного производства. Эти тиски имеют опорные поверхности в виде рабочих столов с точными продольными и поперечными пазами по

которым ориентируются наладки при смене. Сам стол устанавливается один раз точно на столе станка, а наладки устанавливают без выверки положения. Для закрепления применяют встроенные пневматические или пневмогидравлические силовые приводы, источником энергии является сжатый воздух давлением 4 кг/см^2 . Для возможности регулирования зажимной силы при закреплении заготовок различной конфигурации применяют регуляторы давления в виде нормализованного узла-приставки, включаемого между пневматической сетью и зажимным приспособлением.

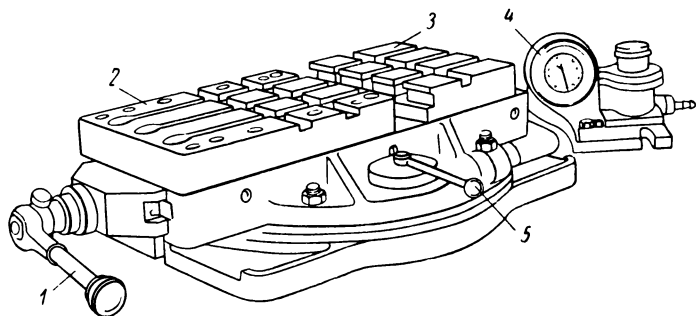


Рис. 149. Универсальные переналаживаемые тиски УПГ-6

Предварительный поджим заготовок, что важно при их выверке, осуществляется вручную, а окончательный — от силового привода.

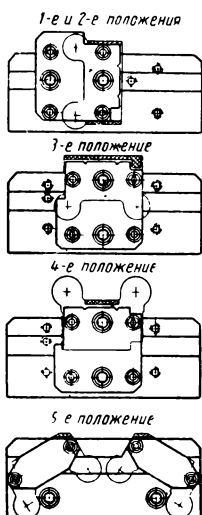
На рис. 149 показаны универсальные переналаживаемые поворотные тиски УПГ-6, предназначенные для зажима заготовок с максимальными размерами $200 \times 250 \text{ мм}^1$. В пазу чугунного корпуса тисков помещена подвижная губка 3, перемещающаяся по стальному закаленным направляющим, закрепленным винтами к корпусу тисков. Неподвижная 2 и подвижная 3 губки выполнены так, что верхние их поверхности, снабженные точными продольными и поперечными пазами, образуют рабочий стол с размерами $455 \times 200 \text{ мм}$, на который устанавливают сменные наладки и обрабатываемые заготовки. Сменные наладки можно устанавливать также и на торцовые поверхности губок, имеющие точные пазы.

Зажим заготовок происходит при перемещении подвижной губки 3 от пневматического диафрагменного привода, встроенного в нижнюю часть корпуса тисков. Управление работой пневматического привода осуществляется распределительным пневматическим краном 5. Зажимная сила при давлении сжатого воз-

¹ Здесь приведена одна типовая конструкция этих приспособлений, см. подробно книгу Н. В. Михеева и А. М. Лепского «Универсальные переналаживаемые приспособления», изданную Оборонгизом в 1961 г.

духа 4 кг/см^2 составляет 3600 кг при ходе подвижной губки $5-6 \text{ мм}$. Величину зажимной силы можно регулировать в пределах $1000-3600 \text{ кг}$ с помощью регулятора зажимной силы 4 (мод. УПГ-18), включаемого между сетью и тисками. Перемещение подвижной губки на величину, большую чем $5-6 \text{ мм}$, изменение раствора губок от 50 до 100 мм и предварительный поджим обрабатываемой заготовки с небольшим усилием осуществляются вручную при помощи перекидной рукоятки 1.

Установка первой детали (вид А)



Установка второй детали (вид А)

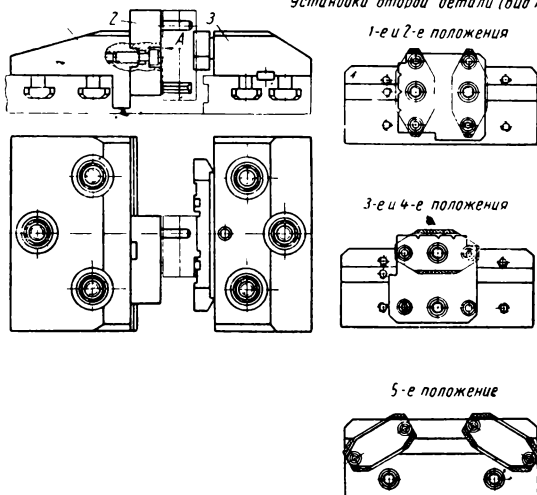


Рис. 150. Схемы установки двух различных деталей в пяти положениях в сменной наладке к тискам УПГ-2:

1 — неподвижная губка; 2 — дополнительная база; 3 — подвижная губка

В универсальных переналаживаемых поворотных тисках УПГ-8 (для зажима заготовок $250 \times 250 \text{ мм}$) и УПГ-10 (для зажима заготовок $200 \times 150 \text{ мм}$) предварительный поджим и окончательное закрепление заготовок осуществляются от одного распределительного пневматического крана, управляющего работой пневмогидравлической системы из трех поршневых приводов. Эти тиски аналогичны по устройству и отличаются лишь габаритными размерами и величиной зажимного усилия, которые составляют у тисков УПГ-8 3000 кг , а у тисков УПГ-10 1500 кг . При помощи регулятора зажимного усилия УПГ-18 оно может изменяться в пределах $500-3000 \text{ кг}$ для тисков УПГ-8 и $200-1500 \text{ кг}$ для тисков УПГ-10. Усилие предварительного поджима составляет 5% от зажимного.

Сменные наладки на тиски представляют собой специальные накладки, закрепляемые на подвижную и неподвижную губки

тисков. Иногда к этим двум основным частям наладки добавляется третья в виде базовой плиты, помещаемой обычно на неподвижную губку и ориентирующей обрабатываемую деталь в требуемом положении

На рис. 150 дан пример решения конструкции сменной наладки для обработки двух различных деталей в пяти положениях в универсальных перенастраиваемых стационарных тисках УПГ-2. На неподвижную 1 и подвижную 3 губки устанавливаются в разных положениях две сменные наладки 2 в виде дополнительных баз, представляющие фигурные плиты с пальцами для ориентации обрабатываемых деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов М. М. Современные станочные приспособления М., Машгиз, 1961
 2. Аврутин С. В. Фрезерная обработка в автоматизированном серийном производстве. Лекция из цикла «Технологические основы автоматизированного серийного производства». Общественный университет НТО Машпрома, 1966.
 3. Ансеров М. А. Прогрессивная технологическая оснастка металлорезающих станков. Лекция из цикла «Механизация и автоматизация механосборочных процессов в машиностроении» Общественный университет НТО Машпрома, 1962.
 4. Ансеров М. А. и Бутковский Б. Д. Приспособления для фрезерных станков. М., Машгиз, 1953.
 5. Влазнев Е. И., Подгорнов С. В. и др. Нормализованные станочные приспособления Оборонгиз, 1962.
 6. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений. М., Машиностроение, 1961.
 7. Кувшинский В. В. Фрезерование. М., Машгиз, 1958.
 8. Малов А. Н. Механизация и автоматизация универсальных металлорезающих станков М., Машгиз, 1961
 9. Михеев Н. В. и Лепский А. М. Универсальные перенастраиваемые приспособления. Оборонгиз, 1961.
 10. Оглоблин А. Н. Делительные гольки и их настройки «Библиотечка фрезеровщика». М., Машиностроение, 1964.
 11. Справочник металлиста, т. IV, стр. 517 Приспособления для механической обработки. М., Машгиз, 1960.
 12. Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. 9, стр. 206, С. А. Чхачев. Нормальные принадлежности и приспособления для закрепления обрабатываемых деталей М., Машгиз. 1948.
-

ГЛАВА VI

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

Назначение и классификация станков

На фрезерных станках можно достаточно точно получить почти все виды поверхностей.

Из станков для обработки плоских и фасонных поверхностей наибольшее распространение имеют консольно-фрезерные, бесконсольно-фрезерные, продольно-фрезерные, карусельно-фрезерные и барабанно-фрезерные станки. Эти станки являются станками *общего назначения*.

Из станков для других видов фрезерной обработки наибольшее распространение получили копировально-фрезерные, зубофрезерные, шлицефрезерные, резьбофрезерные, шпоночно-фрезерные и другие фрезерные станки *целевого назначения*.

Основные размерные и мощностные характеристики станков общего назначения определяются размерами стола станка. Основные размерные характеристики фрезерных станков целевого назначения определяют размеры деталей или их элементов, как, например, диаметр и модуль зубчатых колес, диаметр и шаг резьбы, ширина и длина шпоночных канавок и т. д.

Перечисленные выше типы станков могут быть налажены для обработки широкой номенклатуры деталей в зависимости от размерной характеристики станка. Применение этих станков характерно для единичного и мелкосерийного производства. В крупносерийном производстве применение фрезерных станков общего и целевого назначения малозэффективно, и они вытесняются специальными и специализированными станками.

Специальный станок предназначен для выполнения одной или нескольких определенных операций по какой-либо конкретной детали. В случае изменения объекта производства специальный станок оказывается ненужным.

Специализированный станок предназначен для обработки группы однотипных деталей; он снабжается регулируемы,

быстросменными насадками; шпиндели имеют возможность переключения скоростей, а столы — переключения подач; все это дает возможность перенадаживать станок на рациональную обработку детали другого типоразмера. В случае смены объекта производства специализированные станки иногда могут оказаться ненужными.

Кроме того, специальные и специализированные станки имеют необратимую конструкцию, что исключает их использование после смены объекта производства; обычно сроки изготовления и стоимость таких станков чрезвычайно велики. Так, для создания специального фрезерного станка средних размеров требуется от двух до трех лет, а стоимость специального фрезерного станка в 10—15 раз выше стоимости станка общего назначения.

Для возможности использования преимуществ специальных и специализированных станков в условиях производства с частой сменой объектов в последнее время начали применять фрезерные станки, komponуемые из нормализованных узлов (агрегатов): станин, столов, силовых головок и т. д. Такие станки называют *агрегатными*. Применение агрегатных станков позволяет наиболее рационально обрабатывать детали, так как агрегатные станки komponуются специально для обработки определенной детали, а числа оборотов шпинделя, величины подачи стола и мощность привода подбираются в соответствии с расчетным режимом резания. В случае изменения объекта производства агрегатный станок полностью или частично перекомпоновывается.

В настоящей главе рассмотрим условия рационального использования фрезерных станков общего назначения и агрегатных с точки зрения затраты минимального основного (машинного) времени, минимального вспомогательного ручного времени и автоматизации управления станком.

Консольно-фрезерные станки и их модификации

Размеры консольно-фрезерных станков принято характеризовать по величине рабочей (крепежной) поверхности стола станка. Консольно-фрезерные станки могут иметь горизонтальные, универсальные и вертикальное исполнение при одной и той же величине рабочей поверхности стола. Сочетание разных исполнений станка при одинаковой основной размерной характеристике стола называют гаммой станков.

В СССР освоено производство консольно-фрезерных станков пяти размеров: № 0, 1, 2, 3 и 4, причем по каждому размеру выпускается полная гамма станков (горизонтальные, универсальные и вертикальные). Каждый станок данной гаммы имеет в шифре модели одинаковое цифровое обозначение, соответствующее размеру гаммы и соответственно размеру стола согласно нижеследующему:

Станки размера № 0 (гамма 6Н80Г, 6Н80 и 6Н10), стол 200×800 мм;	
№ 1 (6М81Г, 6М81 и 6М11),	250×1000 мм;
№ 2 (6М82Г, 6М82, 6М12П)	320×1250
№ 3 (6М83Г, 6М83, 6М13П),	400×1600
№ 4 (6М84Г, 6М84, 6М14П),	500×2000

В соответствии с размерами стола меняются габаритные размеры станка и его основных узлов (станины, салазок, консоли, хобота и др.), мощность электродвигателя и величины наибольшего перемещения (хода) стола в продольном, салазок в поперечном и консоли в вертикальном направлениях.

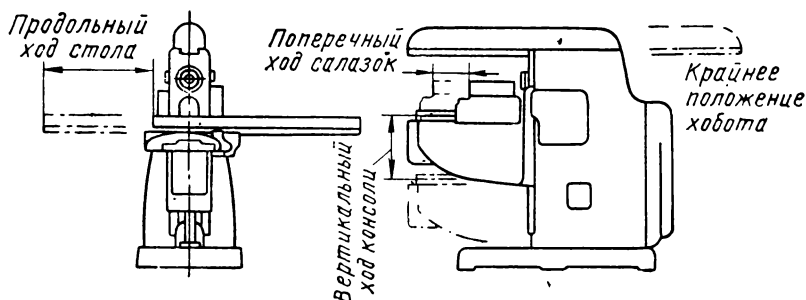


Рис. 151. Наибольшие перемещения стола, салазок и консоли; крайнее положение хобота

На рис. 151 показаны наибольшие перемещения (ход) стола, салазок и консоли, а равно вылет хобота.

Основным недостатком консольно-фрезерных станков является малая жесткость консоли, что приводит к вибрациям при смене больших сечений стружки. Поэтому для увеличения жесткости принимают ряд технологических и конструктивных мер.

Фрезеровщик обязан для увеличения жесткости станка использовать зажим (стопорение) салазок и консоли при продольной подаче, соответственно стола и консоли при поперечной подаче, стола и салазок при вертикальной подаче. В некоторых типах зарубежных станков это осуществляется автоматически при помощи пневмо- или гидрозажимов. Фрезеровщик обязан также в этих целях использовать имеющиеся поддержки (связи) хобота с консолью и в некоторых случаях просить администрацию модернизировать их с целью повышения жесткости.

Некоторые зарубежные станкостроительные заводы увеличивают ширину опорных поверхностей, консоли по станине и опорных поверхностей салазок по направляющим консоли. Это мероприятие одновременно с увеличением жесткости стола (уменьшение стрелы прогиба при максимальном вылете стола) позволяет увеличить продольный ход иногда до величины, равной рабочей

длине стола, и тем самым устанавливать больше деталей для многоместной обработки.

На базе основных моделей консольно-фрезерных станков выпускаются их *модификации*, позволяющие расширить область применения станков данной гаммы, т. е. увеличить их технологические возможности.

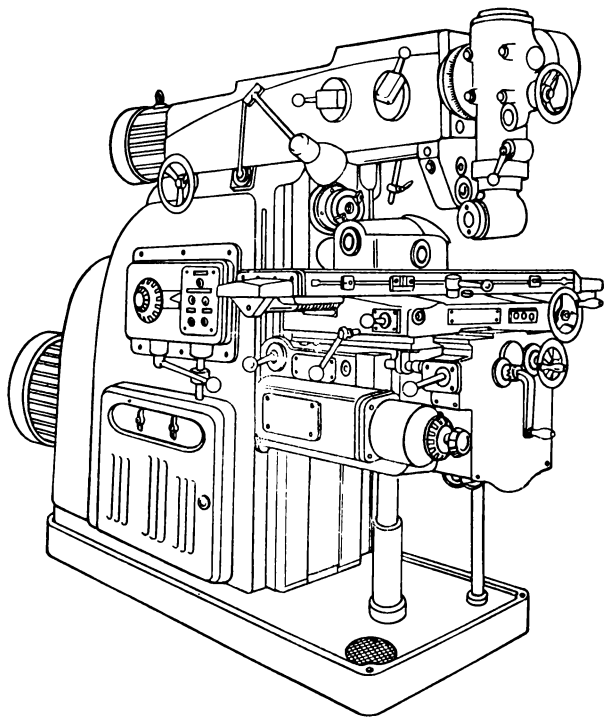


Рис. 152. Широкоуниверсальный фрезерный станок 6М82Ш

Так, для обработки на больших скоростях резания легких сплавов изготавливают консольно-фрезерные станки с повышенным диапазоном оборотов шпинделя. Эта модификация получает в шифре станков букву *Б*, т. е. быстроходный (6М82ГБ, 6М12ПБ и т. д.).

Для возможности обработки с одного установка, т. е. без перебазирования корпусных деталей, получили применение широкоуниверсальные фрезерные станки (рис. 152), которые имеют два шпинделя: один горизонтальный, как у горизонтально-фрезерного станка, а другой вертикальный. Этот шпиндель расположен в поворотной головке и может быть установлен под углом $\pm 90^\circ$ в продольной плоскости станка и под углом $\pm 45^\circ$ в поперечной

плоскости стола. На широкоуниверсальных фрезерных станках могут выполняться разнообразные фрезерные операции, а также сверление, растачивание, подрезание торцов в разных плоскостях заготовки с одной ее установки.

Бесконсольно-фрезерные станки

Консоль является наиболее слабым узлом фрезерного станка по жесткости, поэтому для производительной обработки применяют фрезерные станки, не имеющие консоли, так называемые *бесконсольные* станки; однако такие станки менее универсальны, чем консольные.

Представляет интерес конструкция горизонтально-фрезерного станка, предложенная французским заводом SOMUA¹, обладающая жесткостью бесконсольного станка и универсальностью консольного, но свободная от их недостатков. На рис. 153 показаны отдельные узлы этого станка мод. Z1, имеющего стол размерами 300 × 1200 мм. Стол 1 получает продольное перемещение в направляющих станины 2, достаточно длинных, чтобы стол в любом положении имел надлежущую опору. Направляющие 3 для поперечных салазок 4 расположены в станине перпендикулярно направляющим стола. Стойка 5, несущая коробку скоростей, шпиндель и хобот, может перемещаться вертикально по направляющим салазок 4. Электродвигатель присоединен с помощью фланцев с задней стороны стойки. Жесткая конструкция станины 2 и салазок 4 обеспечивает безвибрационную работу станка.

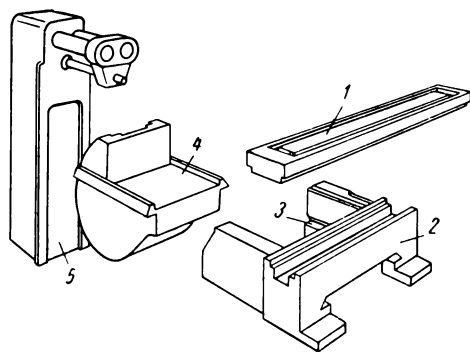


Рис. 153. Схема конструкции французского станка Somua

В Советском Союзе выпускаются бесконсольные фрезерные станки: горизонтальные в одностоечном исполнении мод. 661В с размерами стола 320 × 1250 мм и мод. А662В с размерами стола 450 × 1600 мм; в двухстоечном исполнении (дуплекс) мод. 661 с размерами стола 320 × 1250 мм и мод. А662 с размерами стола 450 × 1600 мм; вертикальные мод. 6А54 с размерами стола 630 × 1600 мм, мод. 656 с размерами стола 800 × 2000 мм, мод. 659 с размерами стола 1000 × 2500 мм; эти же

¹ Экспресс-информация, серия «Металлорежущие станки и автоматические линии» № 43, 1961.

станки могут быть выполнены с поворотной шпиндельной головкой (дополнительный индекс П) и с круглым поворотным столом (дополнительный индекс К).

На рис. 154 изображен бесконсольный вертикально-фрезерный станок. Крестовый стол 3 размером 500×2000 мм имеет продольное перемещение вдоль горизонтальных направляющих салазок 2, которые имеют поперечное перемещение по направляю-

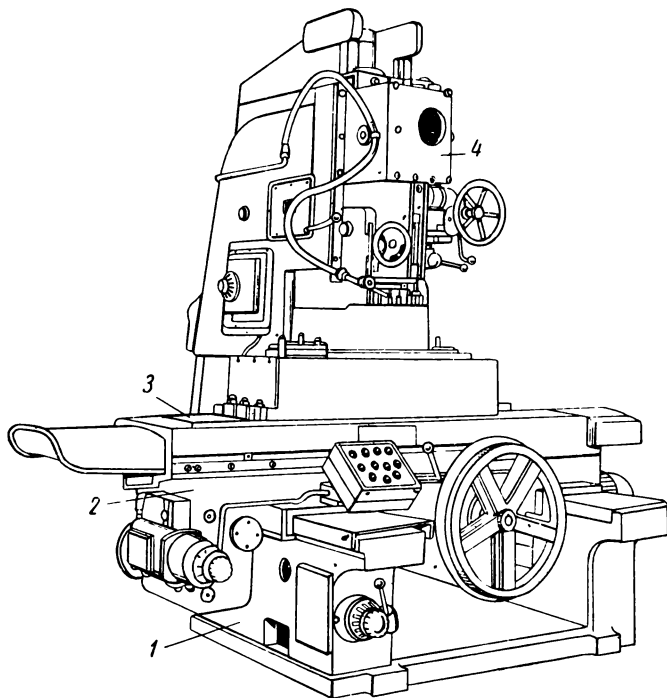


Рис. 154. Бесконсольно-фрезерный станок

щим станины 1. Вертикальное перемещение получает шпиндельная головка 4 по вертикальным направляющим стойки. Заслуживает особого внимания, что направляющие для продольного перемещения стола выполнены особо длинными, что позволяет увеличить продольный ход стола без опасности возникновения вибраций от прогиба.

Бесконсольные вертикально-фрезерные станки широко применяют для скоростного фрезерования плоскостей у крупногабаритных корпусных деталей с большими припусками на обработку. ГОСТом 9191—62 установлены основные параметры и размеры этого типа станков.

Продольно-фрезерные станки

Для обработки корпусных деталей с двух и трех сторон консольно-фрезерные и бесконсольно-фрезерные станки становятся непригодными и поэтому вместо них применяют *продольно-фрезерные* станки, которые имеют столы, получающие только продольное перемещение. Вертикальное и поперечное перемещение получают шпиндели. Такие станки имеют размеры стола от 450×1600 мм (мод. 6622) до $3600 \times 12\,000$ мм. Они обычно имеют два боковых (горизонтальных) поворотных на $\pm 30^\circ$ шпинделя и один или два вертикальных поворотных.

На базе продольно-фрезерных станков нормального исполнения выпускаются специальные и специализированные станки для обработки определенных деталей. Так, на заводе «Красный пролетарий» (Москва) для одновременной обработки всех направляющих станины токарного станка применяют специализированные продольно-фрезерные станки, имеющие по девять шпинделей, на которых установлено до 17 фрез.

На Горьковском заводе фрезерных станков обработка базовых и корпусных деталей (станины, консоли, столы) производится на специальных многошпиндельных продольно-фрезерных станках¹.

В Советском Союзе применяют продольно-фрезерно-строгальные станки с фрезерными головками и строгальными суппортами; стол станка имеет двойной привод: быстрый для работы строгального суппорта и более медленный для работы фрезерными шпинделями. Такие станки строят по специальным заказам как уникальные для обработки станин крупных дизелей, корпусов паровых турбин и других крупногабаритных деталей. Применение таких станков позволяет сочетать преимущества фрезерования и строгания.

Фрезерные станки непрерывного действия

В крупносерийном производстве применяют консольные *вертикально-фрезерные станки с круглым вращающимся столом* (см. рис. 137), что позволяет совместить время на установку и снятие детали с машинным временем.

Результатом развития станков с вращающимся столом являются *карусельно-фрезерные станки*, которые нашли применение в массовом производстве. В СССР карусельно-фрезерные станки выпускают со столом диаметром 1000 мм (мод. 621) и 1500 мм (мод. 623 в двухшпиндельном исполнении и мод. 623В в трехшпиндельном).

На рис. 155 изображен двухшпиндельный карусельно-фрезерный станок мод. 621 (один шпиндель для черновой обработки, а другой — для чистовой).

¹ Ануфриев В. А., Хитрун Н. М. и Ольховский Н. В. Крупносерийное производство фрезерных станков. М., Машиностроение, 1965.

Для одновременной обработки с обоих торцов применяют *барабанно-фрезерные станки*. В СССР изготавливают барабанно-фрезерные станки с барабаном диаметром 1000 мм (мод. 6021); 650 мм (мод. 6022) и 900 мм (мод. 6023). Эти станки имеют с каждой стороны по два или три шпинделя, из которых один для чистовой обработки. На рис. 156 изображен барабанно-фрезерный станок мод. 6021.

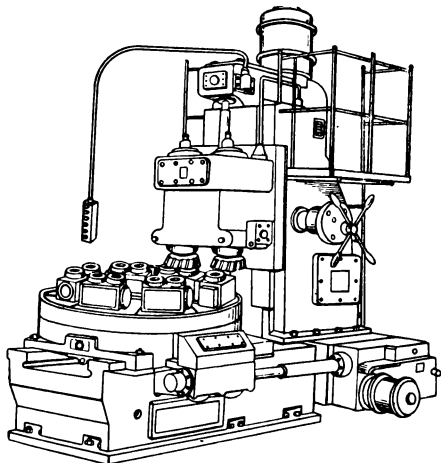


Рис. 155. Двухшпindelный карусельно-фрезерный станок мод. 621

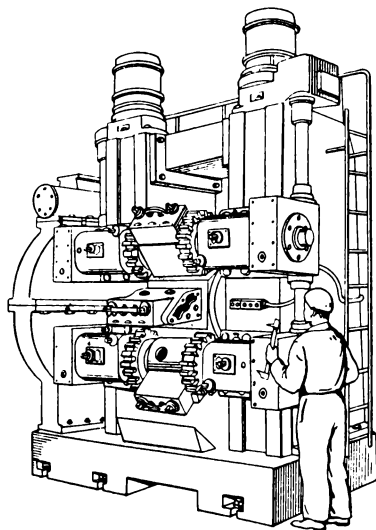


Рис. 156. Барабанно-фрезерный станок мод. 6021

На рис. 157 дано сопоставление трудоемкости обработки корпуса трансмиссии трактора на специальном девятишпindelном продольно-карусельном станке по сравнению с раздельной обработкой на карусельно- и барабанно-фрезерных станках.

Пример обработки на продольно-фрезерном девятишпindelном станке
(рис. 157, а)

Обрабатываются одновременно две детали.
Длина рабочего хода

$$L_{p. x} = L_{рез} + l + l_1 = 1350 + 225 + 525 = 2100 \text{ мм.}$$

Минутная подача $s_M = 240 \text{ мм/мин.}$

Основное (машинное) время

$$T_o = \frac{L_{p. x}}{s_M} = \frac{2100}{240} = 8,75 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время $T_o = 3,75 \text{ мин.}$

Штучное время на две детали

$$T_{ш} = T_o + T_v + T_{обс} + T_{отд} \quad 8,75 + 3,75 + 0,395 + 0,725 = 13,62 \text{ мин.}$$

Штучное время на одну деталь $T_{ш} = 6,81 \text{ мин.}$

Площадь, занимаемая станком, равна 63 м^2 .

Схема обработки на карусельно-фрезерном станке
(рис. 157, б)

Количество обрабатываемых деталей — 4 шт.

Длина рабочего хода (выпрямленная окружность при диаметре 1200 мм) — 3770 мм.

Минутная подача:

1) на диаметре расположения чистовых фрез ($d_{расч} = 1200$ мм) — 358 мм/мин;

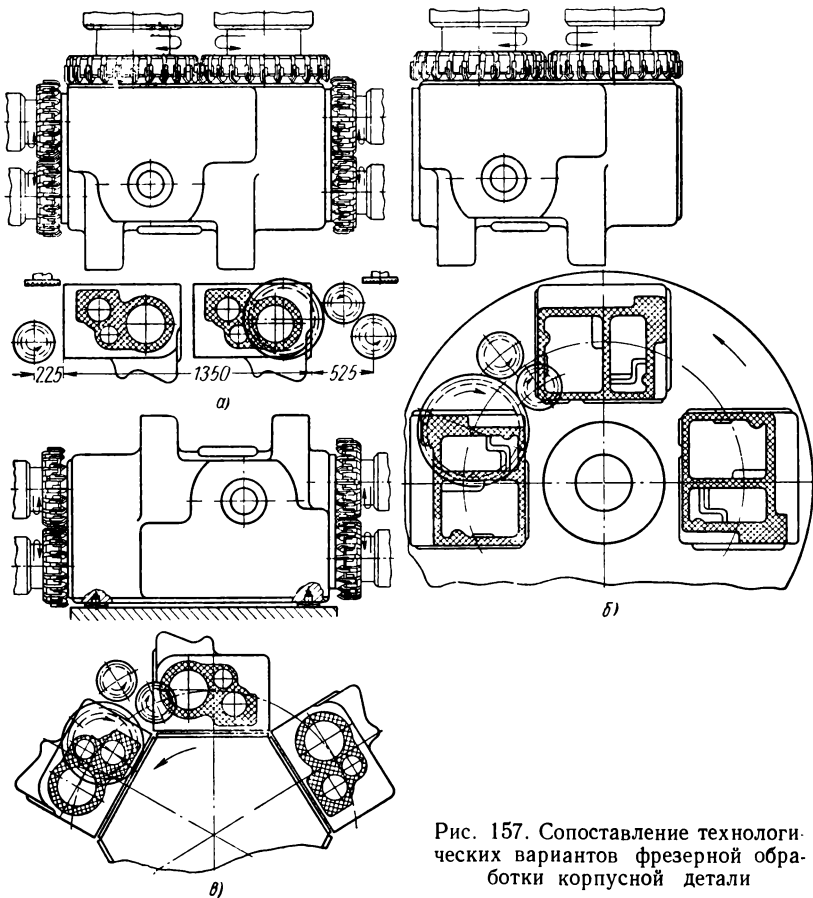


Рис. 157. Сопоставление технологических вариантов фрезерной обработки корпусной детали

2) на наибольшем диаметре расположения фрез ($d_{расч} = 1450$ мм) — 433 мм/мин;

3) на наименьшем диаметре расположения фрез ($d_{расч} = 890$ мм) — 266 мм/мин.

Число оборотов стола в минуту $n_{ст} = 0,095$.

Основное (машинное) время на одну деталь

$$T_0 = \frac{1}{n_{ст}4} = \frac{1}{0,095 \cdot 4} = 2,63 \text{ мин.}$$

Штучное время $T_{шт} = T_o + T_{обс} + T_{отд} = 2,63 + 0,13 + 0,22 = 2,98$ мин.

Площадь, занимаемая станком, равна 27 м².

Пример обработки на барабанно-фрезерном станке (рис. 157, в)

Количество обрабатываемых деталей — 5 шт.

Длина рабочего хода (выпрямленная окружность при диаметре 1550 мм) — 4870 мм.

Минутная подача:

1) на диаметре расположения чистовых фрез ($d_{расп} = 1550$ мм) — 365 мм/мин;

2) на наибольшем диаметре расположения фрез ($d_{расп} = 1650$ мм) — 388 мм/мин;

3) на наименьшем диаметре расположения фрез ($d_{расп} = 1450$ мм) — 340 мм/мин.

Число оборотов барабана в минуту $n_{см} = 0,075$.

Основное (машинное) время на одну деталь

$$T_o = \frac{1}{n_{см} \cdot 5} = \frac{1}{0,075 \cdot 5} = 2,66 \text{ мин.}$$

Штучное время $T_{шт} = T_o + T_{обс} + T_{отд} = 2,66 + 0,11 + 0,22 = 2,99$ мин.

Площадь, занимаемая станком, равна 30 м².

При годовой программе 80 000 корпусов сопоставление обоих вариантов, т. е. совмещенной обработки на продольно-фрезерном станке (рис. 157, а) и раздельной обработки на карусельно- и барабанно-фрезерных станках (рис. 157, б и в), экономически выражается в следующем виде.

1-й вариант. Штучное время 6,81 мин. Потребное количество продольно-фрезерных станков 3 шт. Занимаемая площадь $63 \times 3 = 189$ м². Стоимость оборудования 26 480 руб.

2-й вариант. Штучное время $2,98 + 2,99 = 5,97$ мин. Потребное количество станков 2 шт. (один карусельно- и один барабанно-фрезерный). Занимаемая площадь $27 + 30 = 57$ м². Стоимость оборудования 23 820 руб.

Таким образом, и здесь так же, как и в примере, изображенном на рис. 14, фрезерные станки непрерывного действия оказываются более эффективными.

Поэтому при разработке технологического процесса фрезерной операции следует всегда стремиться к использованию преимуществ станков непрерывного действия.

Для механизации и автоматизации закрепления заготовок на поворотных (индексированных) и вращающихся столах при позиционной и непрерывной обработке применяется пневматический, пневмогидравлический или гидравлический привод. Для каждого зажимного приспособления, установленного на планшайбе круглого стола, обычно предусматривается свой силовой цилиндр. Управление каждым цилиндром может быть осуществлено одним из четырех способов: 1) индивидуальными ручными распределительными кранами, установленными на каждом из установочно-зажимных приспособлений; 2) одним общим ручным краном, установленным на неподвижном корпусе приспособления в зоне загрузочной позиции, с помощью которого цилиндры последовательно переключаются при переходе с рабочей позиции на загрузочную и обратно; 3) индивидуальными кранами путевого

управления, установленными на каждом из установочно-зажимных приспособлений и переключающимися переставными упорами; 4) при помощи специальной воздухораспределительной муфты.

При третьем и четвертом способах закрепление и освобождение заготовки происходит автоматически. Однако автоматизи-

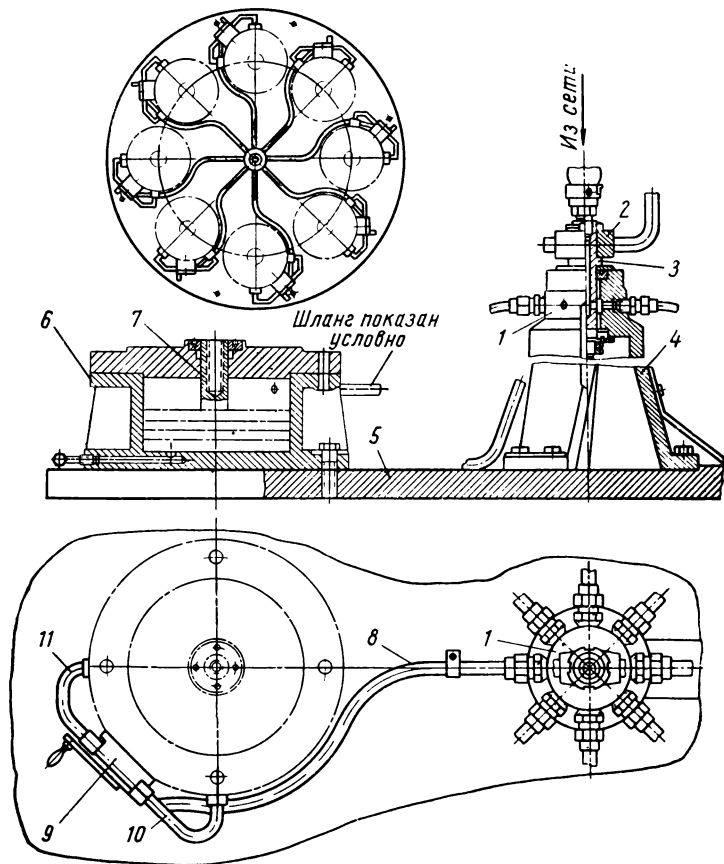


Рис. 158. Схема привода восьми приспособлений, установленных на вращающемся столе

рованное закрепление следует применять лишь для заготовок с устойчивыми установочными базами, когда нет опасности смещения заготовки в процессе закрепления.

На рис. 158 показана схема с ручным индивидуальным распределительным краном для привода восьми приспособлений, устанавливаемых на вращающемся столе при непрерывном фрезеро-

вани. Корпус воздухораспределительной муфты 1 смонтирован на колонке 4 в центре стола 5 и вращается вместе с ним; палец 3 муфты удерживается от вращения хомутиком 2, прикрепленным своими отростками к корпусу шпинделя станка.

Рабочие приспособления (наладки) монтируются на пневмоподставках 6 и приводятся в действие штоком 7 с резьбовым отверстием, в которое ввинчиваются тяги; конструкция тяг зависит от конструкции силовых механизмов, непосредственно зажимающих обрабатываемые детали (на схеме не показаны).

Сжатый воздух из муфты 1 через трубки 8 поступает в распределительные краны 9, смонтированные на корпусах пневмоподставок. Далее, в зависимости от положения рукоятки крана через трубки 10 и 11 воздух поступает в верхнюю или нижнюю полость цилиндра.

При позиционной обработке на поворотных индексированных столах с фиксаторами применяются аналогичные монтажные схемы. Цилиндры приспособлений имеют индивидуальные распределительные краны, которые переключаются с грузозачной позиции. После установки и закрепления детали поступают в рабочие позиции.

Агрегатные станки

Опыт, накопленный ведущими научно-исследовательскими и проектными организациями, показывает, что количество нормализованных элементов конструкций металлорежущих станков, в том числе фрезерных, может быть доведен до 80—90% от общего количества входящих в них узлов и агрегатов, включая элементы автоматического управления. Известны компоновки продольно-фрезерных станков из нормализованных узлов и агрегатов, позволяющие станкостроительным заводам изготавливать широкую гамму одно- и двухстоечных станков с различными размерами стола и количеством шпиндельных головок. Развивая принцип компоновки фрезерных станков из нормализованных элементов, можно добиться такого положения, что все средние и крупные машиностроительные заводы смогут своими силами проектировать и собирать агрегатные станки из готовых стандартных и нормализованных элементов¹.

На московских заводах: карбюраторном, тормозном, «Динамо», заводе гидроагрегатов, им. Владимира Ильича в течение года разработаны 17 автоматических линий и 61 специальный станок из нормализованных узлов. На ряде машиностроительных заводов за последние годы внедрено более 1000 различных станков, собранных из стандартных и нормализованных узлов силами заводов-потребителей. При смене объекта производства или из-

¹ Б о й ц о в В. В. Металлорежущее оборудование из нормализованных узлов в серийном и мелкосерийном производстве. М., НТОМашпром, 1962.

менении конструкции, а также при необходимости совершенствования технологического процесса заводы могут разобрать ставшее ненужным оборудование и из тех же стандартных и нормализованных элементов собрать новые компоновки оборудования.

Таким образом, агрегатирование и нормализация элементов станков позволяют перейти к оснащению серийного производства многошпиндельными, многопозиционными агрегатными станками, повышающими уровень автоматизации производства. Государственным Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов СССР и Всесоюзным научно-исследовательским институтом нормализации в машиностроении (ВНИИНМАШ) проводится работа по межотраслевой унификации и нормализации узлов агрегатных станков и автоматических линий, что позволит в ближайшие годы перейти на проектирование и изготовление агрегатных станков из нормализованных узлов по нормальям машиностроения (МН).

Агрегатные фрезерные станки широко применяют для серийного и массового производства как в поточных, так и в автоматических линиях. Они позволяют применять подобно специальным фрезерным станкам многоинструментную наладку, что резко повышает их производительность. На рис. 159 показаны схемы многоинструментных наладок, применяемые на Московском автомобильном заводе им. Лихачева.

На рис. 159, а показана схема наладки на агрегатный фрезерный станок для двусторонней обработки двух ушек стальной заготовки автомобильного шкворня. Применение поворотного стола с двумя приспособлениями позволяет совмещать время установки одной заготовки со временем обработки другой. В наладке предусматривается уменьшение подачи в конце рабочего хода и выдержка на упоре.

На рис. 159, б приведена наладка для фрезерования двух чугунных автомобильных заготовок на агрегатном двухшпиндельном фрезерном станке с поворотным столом. Четыре набора фрез, оснащенных пластинками из твердого сплава, одновременно обрабатывают с двух сторон две головки каждой заготовки. Для регулирования расстояния между фрезами установлены распорные промежуточные кольца.

Фрезерные станки при переходе на компоновку из нормализованных узлов и агрегатов можно разбить на четыре основные конструктивные группы:

- 1) станки с одновременной работой всех шпинделей при неподвижно закрепленной заготовке;
- 2) станки с вертикальной осью вращения поворотно-дильного стола с закрепленной заготовкой и последовательно-одновременной работой шпинделя (такие станки называют нередко кольцевыми);

3) станки с горизонтальной осью вращения поворотного-делительного стола (барабана) с закрепленной заготовкой и последовательно-одновременной работой шпинделей;

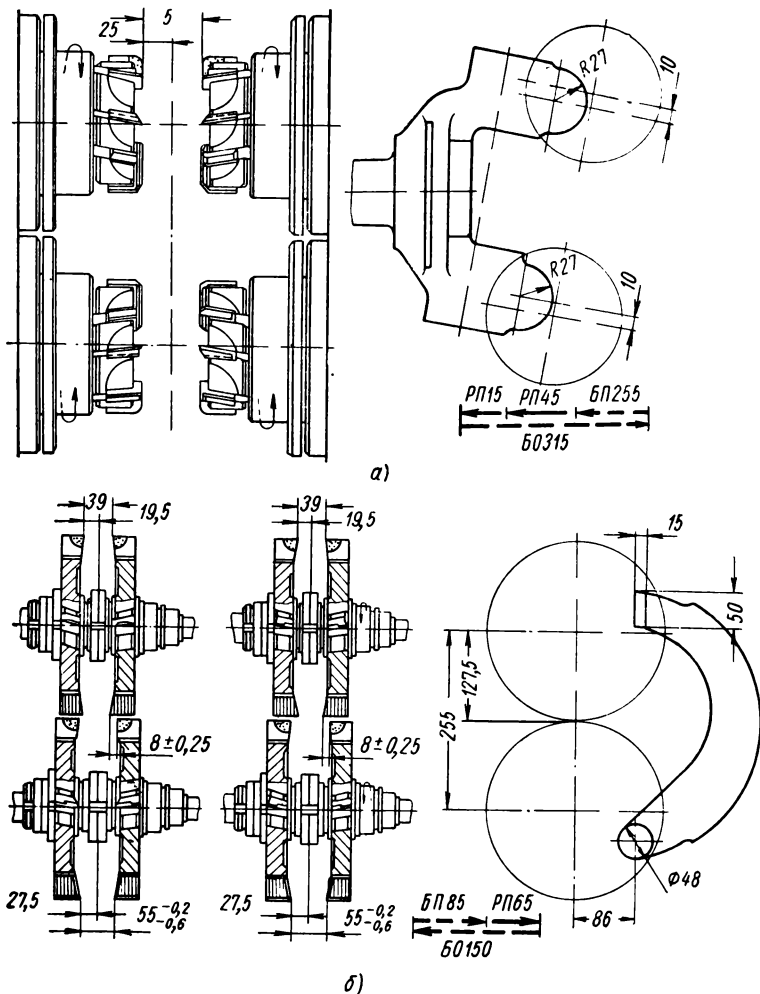


Рис. 159. Наладки на агрегатные фрезерные станки:

а — для обработки с двух сторон двух ушек шкворня; б — для обработки с двух сторон двух деталей

4) станки с поступательным движением делительного стола с закрепленной заготовкой и последовательно-одновременной работой шпинделей.

На рис. 160 изображен агрегатный станок второй конструктивной группы (кольцевой). Его агрегаты вынесены на поля рисунка.

Для всех четырех конструктивных групп общими узлами являются *силовые головки*. Силовые головки могут иметь два движения: вращательное и возвратно-поступательное (движение подачи). *Самодействующими силовыми головками* называют головки со встроенными в них силовыми механизмами для привода враще-

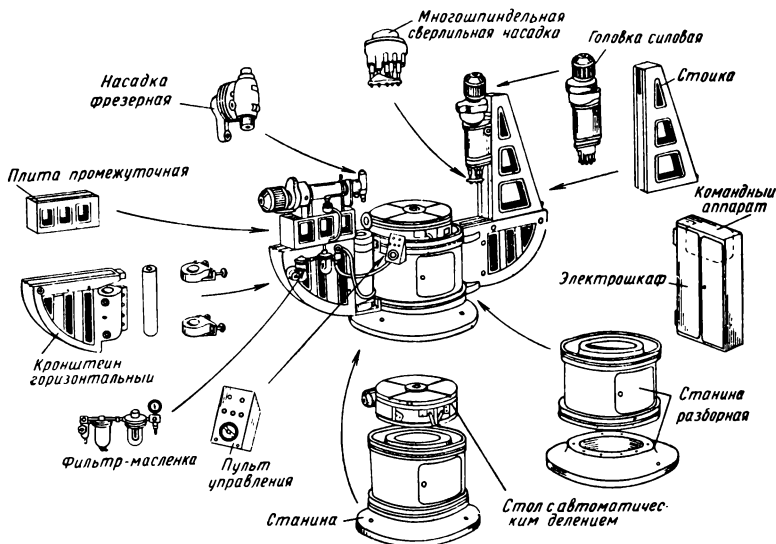


Рис. 160. Агрегатный фрезерно-сверлильный станок с круглым столом

ния шпинделя и привода его подачи. Если головка имеет только вращательное движение, а подача ее осуществляется от подачи вспомогательного стола, на котором головка установлена, то такие головки называют *несамодействующими*. Силовые головки в зависимости от способа подачи бывают следующих типов: гидравлические, винтовые, пневмогидравлические и кулачковые.

Фреза обычно надевается на фрезерную насадку, монтируемую на торец силовой головки (рис. 160).

Силовые головки изготовляют московский, харьковский, минский, тульский, владимирский и другие заводы.

На рис. 161 показана самодействующая силовая головка с винтовым приводом подачи Минского завода автоматических линий (МЗАЛ). Такие головки выпускаются четырех типоразмеров мощностью главного электродвигателя 1,0; 1,7; 2,8; 4,5; 7,0; 10 и 14 *квт* и мощностью электродвигателя быстрых ходов 0,6; 1,0; 1,7 и 2,8 *квт*.

Силовые самодействующие головки могут использоваться для модернизации действующих станков с целью расширения их технологических возможностей и совмещения на одном станке операций, которые ранее выполнялись на нескольких станках.

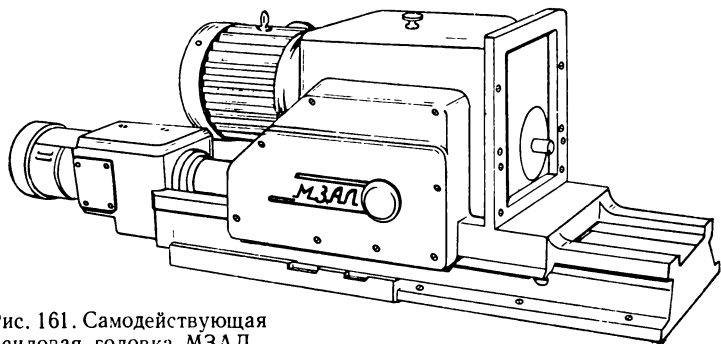


Рис. 161. Самодействующая силовая головка МЗАЛ

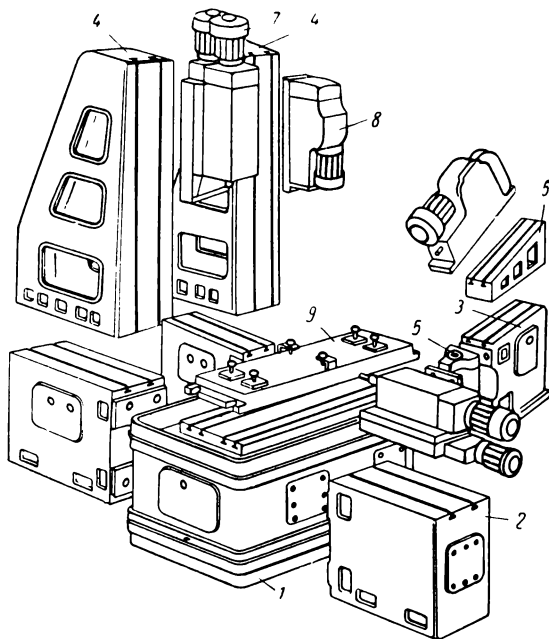


Рис. 162. Агрегатный фрезерный станок с прямоугольным столом

Столы, применяемые для подачи несамодействующих головок, называют *силовыми*. Их изготовляют те же заводы, что и силовые головки. *Столы*, применяемые в агрегатных станках, совершают круговое или возвратно-поступательное движение; они могут иметь свой привод (например, встроенный электропривод) или получать питание от гидравлической системы вне стола.

В зависимости от характера вращения круглые столы делятся на *делительные* (индексирующие) и *непрерывного вращения*. Круглые столы диаметром планшайбы от 160 до 2000 мм изготавливают московский, харьковский, владимирский и другие заводы.

Продольные столы обычно бывают *позиционными* или *делительными* (индексирующими). Трехпозиционный стол размерами каретки 160×200 мм изготавливается на Владимирском заводе. Он предназначен для перемещения обрабатываемых деталей в продольном направлении с делением участка рабочего хода на три равные части.

Для монтажа силовых головок и столов применяют *несущие элементы* или *узлы*. На рис. 160 были показаны несущие узлы агрегатного станка с круглой станиной. На рис. 162 показана компоновка узлов агрегатного станка с прямоугольной станиной. Такого рода станки применяются для обработки длинных деталей, закрепляемых в приспособлении, или малогабаритных деталей, устанавливаемых на продольном позиционном столе. Несущими узлами являются станина 1, основания 2 и 3, колонны 4, шарнир 5, наклонная промежуточная плита 6. На указанных несущих узлах смонтированы силовые головки 7 и 8 и установочно-зажимное приспособление 9.

2. ЭЛЕМЕНТЫ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Основные направления

Задачей рационализаторов производства в деле сокращения вспомогательного времени является оснащение фрезерных станков соответствующими механизмирующими и автоматизирующими устройствами, которые должны обеспечивать следующие функции: а) механизацию и автоматизацию загрузки и зажима заготовок; б) механизацию и автоматизацию цикла фрезерования; в) механизацию закрепления фрез.

При решении этой задачи необходимо считаться с характером производства.

В условиях единичного и мелкосерийного производства сокращение вспомогательного времени может осуществляться путем применения быстродействующих зажимных приспособлений (типа универсальных и универсально-переналаживаемых тисков и поворотных столов) и использования быстрых перемещений стола для подвода и отвода заготовки к фрезе.

В условиях серийного и крупносерийного производства сокращение вспомогательного времени должно осуществляться путем оснащения станков загрузочными и разгрузочными устройствами, специальными быстродействующими

щими одно- и многоступенчатыми приспособлениями для позиционного и непрерывного фрезерования по возможности с автоматическим зажимом, закреплением и освобождением заготовок и за счет использования устройств, автоматизирующих рабочий цикл станка.

В гл. V были рассмотрены рекомендуемые средства для автоматизации зажима, закрепления и освобождения заготовок, которые следует применять в зависимости от характера производства.

В настоящей главе рассматриваются элементы механизации и автоматизации, связанные непосредственно с конструкцией самого фрезерного станка, причем в одних случаях это устройства, пристраиваемые к станку в порядке его оснащения, в других случаях это устройства, имеющиеся в станках, но требующие умелого их использования, в некоторых случаях это устройства, которые в целях модернизации и повышения эффективности до уровня специализированных и специальных станков и превращения их в полуавтоматы, а иногда автоматы вводятся в конструкцию фрезерного станка общего назначения.

Устройства для автоматизации загрузки

Под *автоматическим загрузочным устройством* обычно подразумевается самодействующее приспособление, пристраиваемое к станку для загрузки его штучными заготовками.

Ввиду большого разнообразия формы и размеров деталей, обрабатываемых на фрезерных станках, автоматическое загрузочное устройство необходимо рассматривать в комплексе с автоматическим зажимным приспособлением, устанавливаемым на столе фрезерного станка, так как проектирование и создание автоматического зажимного приспособления представляют наибольшую трудность, а его конструкция связана с необходимостью использования того или иного загрузочного устройства.

Применение автоматического загрузочного приспособления совместно с автоматическим зажимным приспособлением на фрезерных станках позволяет автоматизировать все вспомогательные приемы, связанные с загрузкой станка, правильной установкой заготовки в приспособлении, зажимом заготовки, разжимом и сбрасыванием обработанной детали.

Исходя из этого, в дальнейшем под загрузочным устройством к фрезерным станкам будем подразумевать комплекс механизмов для осуществления: ориентации заготовок; накопления заготовок в ориентированном положении для обеспечения бесперебойной работы станка; подачи заготовки к зажимному приспособлению; установки заготовки в зажимном приспособлении; закрепления зажима заготовки в приспособлении; открепления (разжима) заготовки и сбрасывания ее в приемную тару.

Загрузочные устройства к фрезерным станкам состоят обычно из *магазинного устройства, автоматического зажимного приспособления и узлов управления работой загрузочного устройства.*

Наибольшее распространение для загрузки фрезерных станков получили магазинные устройства в виде лотка или склиза, в которых транспортирование деталей осуществляется под действием их собственного веса, что определяет простоту и надежность в эксплуатации данных устройств. Магазины этого типа могут быть использованы для небольших и средних по размерам заготовок различной конфигурации.

Длина лотка или склиза (емкость магазина) выбирается из расчета времени, необходимого для одновременного обслуживания одним рабочим пяти-шести станков, т. е. безостановочной работы станка в течение примерно 20 мин. Периодическое пополнение магазина производится без остановки станка.

Наряду с магазинными устройствами, в которых деталь транспортируется под действием собственного веса, находят применение магазинные устройства с принудительным перемещением в них заготовок специальными транспортирующими механизмами. Этими механизмами обычно являются цепные транспортеры с периодическим перемещением цепи (см. рис. 143).

Магазинное устройство обычно крепят на станине или хоботе с правой стороны неподвижно относительно стола станка. В отдельных случаях оно может крепиться непосредственно на зажимном приспособлении и перемещаться вместе с ним. При установке магазинного устройства необходимо предусмотреть надежную защиту его механизмов от стружки. Лучшей защитой механизмов магазина от стружки является фрезерование по подаче, так как в этом случае стружка лежит в противоположном от магазина направлении.

Выдача заготовок из магазина в зажимное приспособление может производиться как во время хода, так и при неподвижном столе.

Конструкция зажимного приспособления должна предусматривать: возможность попадания заготовки из магазина в приспособление, для чего на приспособлении имеются элементы, взаимодействующие с магазином (открывающие его или отсекающие детали, оставшиеся в магазине); установку заготовки в приспособлении, для чего предусматривается доведение базовых поверхностей заготовок до соприкосновения с опорами приспособления; зажим заготовок, при котором обеспечивается надежный контакт заготовки с опорами приспособления и предупреждение ее смещения и вибрации в процессе обработки; открепление заготовки; сбрасывание ее в приемную тару.

Для зажимных приспособлений используется пневматический, или пневмогидравлический, или гидравлический приводы. Пневматические цилиндры в большинстве случаев оборудуются различ-

ными механизмами-усилителями (клиновыми и рычажными). Выбор того или другого вида привода зависит от конкретных условий эксплуатации зажимного приспособления, величины необходимого зажимного усилия, габаритов приспособления и т. д.

Узлы управления работой загрузочного устройства в отдельных случаях могут быть встроены в зажимные приспособления и являются одновременно узлами управления автоматического цикла работы станка. Когда автоматический цикл работы осуществляется от органов управления самого станка, как это имеет место на современных автоматизированных станках, узлы управления работой загрузочного устройства являются самостоятельными. Однако в этом случае предусматриваются блокировки, необходимые для правильного взаимодействия работы загрузочного устройства с работой станка в автоматическом цикле последнего.

На рис. 8 показано сравнительно простое загрузочное устройство для горизонтально-фрезерного станка при обработке двух лысок на деталях типа втулок.

На рис. 163 показано загрузочное устройство для фрезерования без деления деталей, закрепленных в центрах. Магазин 6 крепят кронштейном 4 к станине станка. Лоток магазина, контур сечения которого выполнен в соответствии с конфигурацией обрабатываемой детали, крепят на оси 1 кронштейна. При подходе стола станка в положение «под загрузку» толкатель 7, закрепленный на зажимном приспособлении, упираясь в планку 5, перемещает лоток на 20—30 мм по оси 1, что необходимо для перехода заготовки из магазина в зажимное приспособление во время движения стола. Попадание заготовки из магазина на линию центров приспособления возможно только через вырез *H* при определенном взаимоположении лотка и приспособления. Заготовка, поступая в приспособление, попадает на средний 22, ориентирующий заготовку относительно центров, а зуб *B* лотка магазина удерживает заготовку на линии центров приспособления в момент закрепления. Пружина 3 возвращает лоток в исходное положение в начале движения стола к режущему инструменту. Отсекатель заготовок в магазине отсутствует; отсекающие заготовок осуществляется отсекающей планкой 13 зажимного приспособления, длина которой выбирается соответственно длине хода стола. Пружина 2 прижимает лоток к отсекающей планке 13.

Зажимное приспособление представляет собой корпус, в котором смонтированы два пневматических цилиндра. Цилиндр 18 служит для фиксации детали в центрах. Шток 17 цилиндра через ползун 16 и рычаг 15 приводит в движение каретку 8 с центром 9; спереди к каретке 8 привернут упор 10, который служит для поддержки и направления заготовки при зажиме. Неподвижный центр 11 находится в стойке 12, закрепленной на корпусе приспособления.

Пневматический цилиндр 23 служит для окончательного базирования и фиксации заготовки. Шток 20 цилиндра воздействует своим скосом на прижим 19, который обеспечивает поворот заготовки до базового уступа на головке, доводя ее при загрузке до упора в нижнюю плоскость зуба В планки лотка магазина.

Загрузочное устройство в автоматическом цикле станка работает следующим образом. В крайнем правом положении стола «под загрузку» срабатывает электромагнит пневмоклапана подачи

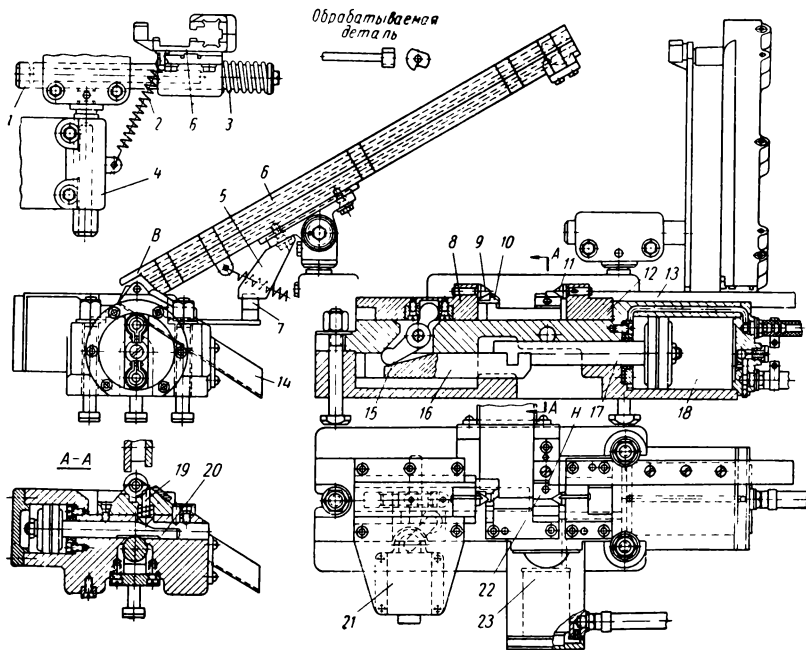


Рис. 163. Загрузочное устройство для фрезерования деталей, закрепленных в центрах

сжатого воздуха в цилиндр 18 приспособления для осуществления базирования заготовки в центрах. После того как заготовка установится в центрах, каретка 8 воздействует на конечный выключатель 21 (ВК-411), который дает команду на соответствующий пневмоклапан, осуществляющий подачу сжатого воздуха в цилиндр 23, служащий для базирования и фиксации заготовки. Одновременно с этим подается команда на быстрый подвод стола к фрезе. В крайнем левом положении стола срабатывает электромагнит пневмоклапана приспособления, подвижной центр отходит влево, обработанная деталь освобождается и попадает в лоток 14, а оттуда в приемную тару.

Описанное загрузочное устройство применяется при модернизации консольно-фрезерного станка ТГ-2 и содержит ряд элементов для автоматического управления циклом работы станка. Так, например, конечный выключатель ВК-411, расположенный на зажимном приспособлении, дает команду на начало быстрого подвода стола к фрезе в начале цикла и включение обратного вращения электродвигателя, осуществляющего быстрое перемещение стола в исходное положение после раскрепления детали¹.

При использовании устройства данного типа на станках, где автоматический цикл осуществляется механизмами станка (например, мод. 6Н82, 6М82 и др.), конечный выключатель ВК-411 осуществляет блокировку быстрого хода стола, который должен включаться только тогда, когда заготовка зажата в центрах.

На рис. 164, *а* показано загрузочное устройство, пригодное для обработки ряда заготовок несложной конфигурации (прямоугольных, цилиндрических). Деталь, на обработку которой налажено устройство, показана на рис. 164, *б*. В чугунном корпусе 9 зажимного приспособления смонтирован пневматический цилиндр 5, шток 4 которого приводит в действие шибер 8, осуществляющий подачу заготовки из магазина 7 в рабочую зону приспособления, отсекание оставшихся в магазине заготовок, поджим заготовки и сбрасывание обработанной детали. Зажим заготовки осуществляется с помощью пневматического цилиндра 14. Клиновья поверхность штока 15 находится в контакте с клиновой поверхностью зажимной губки 1 и тем самым при перемещении штока 15 осуществляется зажим или разжим заготовки.

Работа загрузочного устройства в автоматическом цикле работы станка осуществляется следующим образом. В крайнем правом положении стола «Под загрузку» шибер 8 находится также в правом положении и заготовка под действием собственного веса проваливается из магазина; при этом она оказывается на поверхности *А* шибера. В это время пневмоклапан кулачком стола переключается и сжатый воздух поступает в полость цилиндра 5; при этом шибер, перемещаясь влево, подает заготовку до соприкосновения с губкой 3, надевая одновременно ее на палец 6, базирующийся заготовку по высоте. Одновременно шибер своей поверхностью *Б* отсекает заготовки, находящиеся в магазине. Доходя до упора в губку 3, заготовка одновременно утапливает стержень 12, открывая клапан 16, через который сжатый воздух подается в зажимной цилиндр 14, тем самым осуществляется поджим заготовки к губке 13. Одновременно с этим рычаг 11 воздействует

¹ Подробное описание модернизации горизонтального консольно-фрезерного станка ТГ-2 приведено в альбоме «Модернизация и автоматизация технологического оборудования. Фрезерные станки. Рекомендации для промышленного внедрения». Издание Научно-исследовательского института технологии машиностроения, Ростов-на-Дону, 1965.

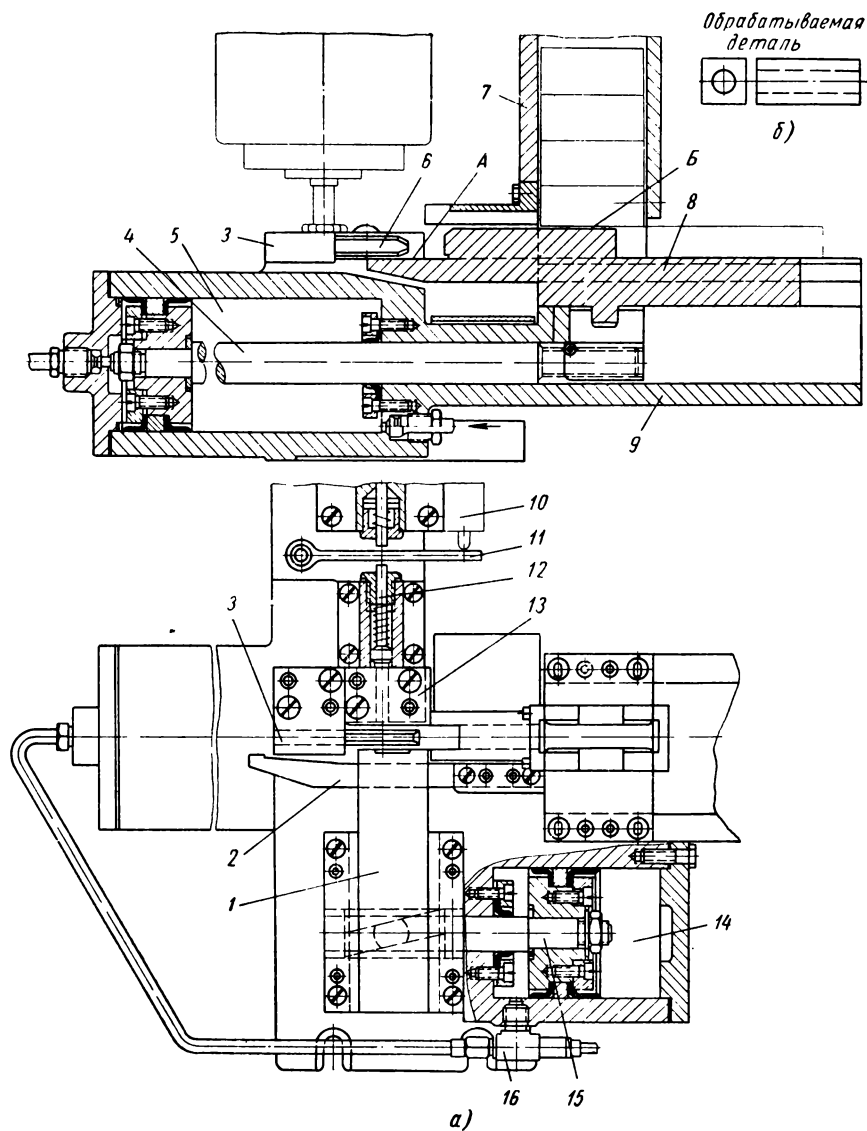


Рис. 164. Загрузочное устройство для обработки деталей прямоугольной и круглой формы

на конечный выключатель 10, последний дает команду на включение (или блокирует цепь) быстрого подвода стола к фрезе.

По окончании обработки пневматический клапан переключается и воздух одновременно подается в противоположные полости обоих цилиндров. Освобожденная деталь сбрасывается 2

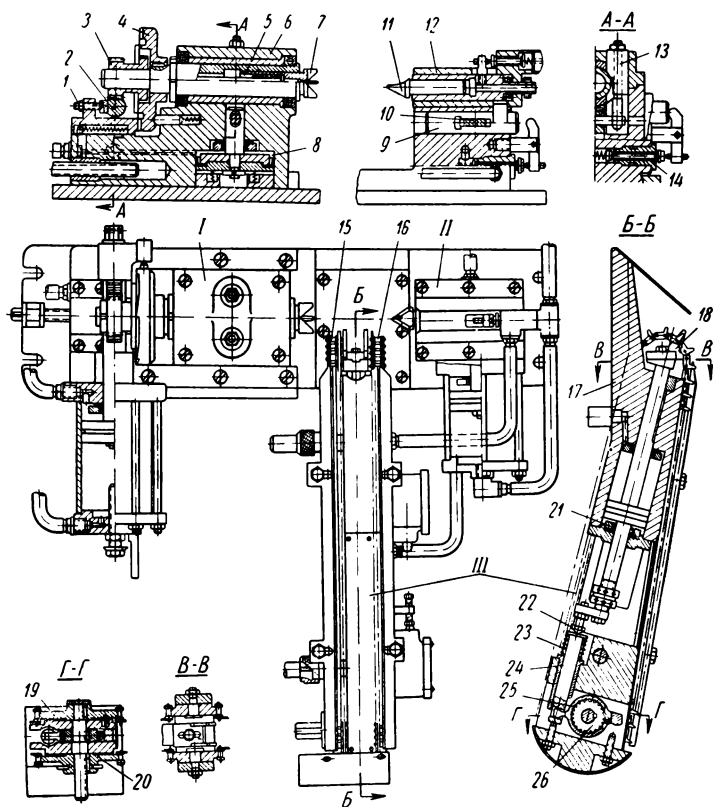


Рис. 165. Зажимное приспособление с цепным транспортером для обработки деталей с центровыми гнездами

снимается с пальца 6 и при движении шибера вправо сбрасывается на лоток, откуда она попадает в приемную тару.

Устройство может быть приспособлено для загрузки различных заготовок, для чего следует лишь заменить губки 3 и 13, а также поставить магазин соответствующей конфигурации.

Проводятся работы по созданию типовых загрузочных устройств, легко и быстро перенастраиваемых при обработке однотипных заготовок. Одним из них является загрузочное магазинное устройство, применяемое с зажимным поворотным при-

способлением, для фрезерования с делением деталей, закрепляемых в центрах, как, например, при обработке канавок в метчиках¹. Это приспособление позволяет обрабатывать метчики диаметром 6—18 мм с двумя — четырьмя канавками и длиной 50—100 мм. Емкость магазина 30 заготовок.

Метчик устанавливается на центрах приспособления (рис. 165) и после каждого прохода поворачивается на требуемый угол для фрезерования следующей канавки.

Приспособление имеет подвижную часть 1 для поворота заготовки и настройки по длине и неподвижную 11. В корпусе 6 подвижной части установлен шпиндель 5 с поводком 7. На заднем конце шпинделя жестко сидят делительный диск 4 и храповик 3, выполненный за одно целое с цилиндрическим зубчатым колесом, сцепляющимся с рейкой-штоком 2 пневматического цилиндра, при помощи которого осуществляется поворот делительного диска. Величина поворота ограничивается упором 1. По окончании поворота рейка включает кран 14; при этом воздух поступает в цилиндр 8, поршень которого перемещает прижим 13, зажимающий шпиндель во время обработки метчика. Центр 11 неподвижной части смонтирован в ползуне 12, перемещаемом скалкой 9, в паз которой входит клин 10 штока пневматического цилиндра.

Магазин с подавателем (рис. 165, 111) предназначен для загрузки заготовок и подачи их на линию центров приспособления. По обеим сторонам корпуса 17 магазина расположены ветви 15 и 16 цепного транспортера. Расстояние между ними в поперечном направлении может быть отрегулировано путем перемещения цепи 16. На оси ведущих звездочек 19 и 20 жестко сидит храповик 26, собачка которого закреплена в хомуте 25, а выступ последнего входит в паз толкателя 24.

При подаче воздуха в полость 21 цилиндра поршень его со штоком переместится вправо, и заготовка, лежащая на призме 18, закрепленной на конце штока, подводится на линию центров поворотного приспособления. При этом под действием пружины 23 толкатель 24 поворачивает хомут с собачкой и последняя заскакивает на следующий зуб храповика.

После зажима заготовок в центрах шток возвращается в исходное положение и нажимает посредством регулируемого винта 22 на толкатель. Вследствие этого храповик со звездочками поворачивается и цепной транспортер перемещается на величину, равную шагу цепи (очередная заготовка попадает на призму 18). Включение подачи воздуха в цилиндр производится кранами, расположенными на неподвижной части 11 приспособления.

Работа происходит следующим образом. При нажатии на кнопку «Пуск» происходит быстрый подвод стола к инструменту

¹ Дегтярев В. А. Автоматизация горизонтально-фрезерного станка мод. ТГ2. «Станки и инструмент», № 1, 1959.

до момента включения кулачком стола рабочей подачи. Последняя продолжается, пока другой кулачок стола не включит быстрый отвод стола. Придя в исходное положение, стол включает кулачком быстрый подвод стола к инструменту. Одновременно с этим происходит поворот шпинделя приспособления на требуемую величину. Этот цикл повторяется, пока шпиндель с заготовкой не совершат полный оборот и упор делительного диска не нажмет на микропереключатель, после чего стол возвращается в исходное положение и происходит отжим обработанного метчика, подача новой заготовки на линию центров и ее зажим. Одновременно с этим включается подвод стола и описанный цикл обработки повторяется автоматически. Станок может работать на автоматическом и полуавтоматическом режимах.

Поворотное приспособление допускает быструю переналадку на другую деталь, что имеет большое значение, в особенности при мелкосерийном производстве.

Устройства для автоматизации цикла

Цикл работы фрезерного станка состоит из следующих элементов: включение вращения шпинделя, подвод заготовки под фрезу, рабочая подача, отвод заготовки, выключение вращения шпинделя, опускание стола, обратный ход и возвращение стола в исходное положение. Автоматизация этих элементов может осуществляться частично или полностью.

Во фрезерных станках выпуска прежних лет имелись небольшие возможности для автоматизации цикла работы; они позволяли только автоматически выключать подачу после окончания рабочего хода во избежание перебега стола. Затем появились станки, которые позволяли осуществлять *быстрый подвод* заготовки под фрезу, включение рабочей подачи и *быстрый отвод* после окончания рабочего хода.

Выше на рис. 10 показано преимущество быстрого подвода и отвода заготовки. Несмотря на большую эффективность схемы рис. 10, б перед схемой обычного фрезерования на рис. 10, а, эта схема не может быть широко рекомендована, так как операции включения — выключения рабочей и быстрой подачи не автоматизированы и требуют внимания фрезеровщика.

Применение быстрых механических перемещений стола становится еще более эффективным при обработке деталей, у которых фрезерованию подлежат лишь отдельные поверхности, когда для сокращения времени обработки промежутки между обрабатываемыми участками целесообразно проходить на быстром ходе стола. Такая схема подачи стола, когда включение рабочей подачи чередуется с включением быстрого хода стола, называется чередующейся (скачкообразной) подачей.

На рис. 166 изображена схема фрезерования с чередующейся подачей стола. По этой схеме все движения стола автоматизиро-

ваны и вместо ручного включения поочередно рабочих и быстрых подач последние включаются автоматически переставными кулачками. После включения подачи стол быстро подается к фрезе и автоматически переключается на рабочую подачу от первого кулачка, проходит участок, соответствующий длине участка обрабатываемой поверхности, затем автоматически переключается на быструю подачу при помощи второго кулачка и, дойдя до следующего кулачка, автоматически переключается на рабочую подачу и т. д. По окончании фрезерования стол кулачка переключается на обратную быструю подачу, возвращается в исходное положение

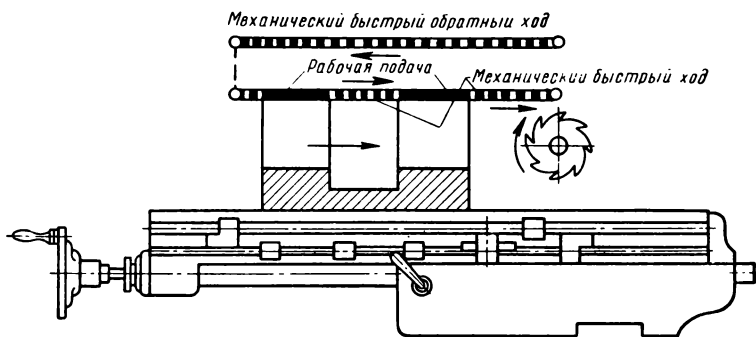


Рис. 166. Схема фрезерования с чередующейся подачей стола

ние и останавливается. Для повторения операции включают вручную рычаг подачи стола.

Для полной автоматизации цикла работы стола в современных станках предусмотрена остановка вращения шпинделя при остановке стола и включение вращения шпинделя до включения подачи стола. Схема чередующейся подачи широко применяется фрезеровщиками-новаторами, особенно при многопозиционном последовательном фрезеровании ряда одинаковых деталей с использованием многоместных приспособлений.

В станках, позволяющих производить фрезерование по подаче, обратный ход может быть использован для обработки, как и прямой ход.

Выше на рис. 15 показан метод сокращения вспомогательного времени путем использования обратного хода стола при работе торцевой фрезой и при работе набором цилиндрических фрез.

Схема фрезерования при использовании обратного хода изображена на рис. 167. Подлежащие обработке детали располагают по обе стороны стола, причем для обработки берут две фрезы с разными направлениями винтовых зубьев. Каждой фрезе соответствует своя деталь. При ходе стола справа налево фрезеруется правая деталь, а при обратном ходе — левая.

При наличии быстродействующих зажимов (механических, пневматических, гидравлических) обработка по данной схеме происходит полуавтоматически, так как фрезеровщику придется только зажимать и раскреплять детали.

На рис. 168 приведены схемы автоматических циклов работы, применяемые на современных консольно- и продольно-фрезерных станках общего назначения и некоторых агрегатных станках.

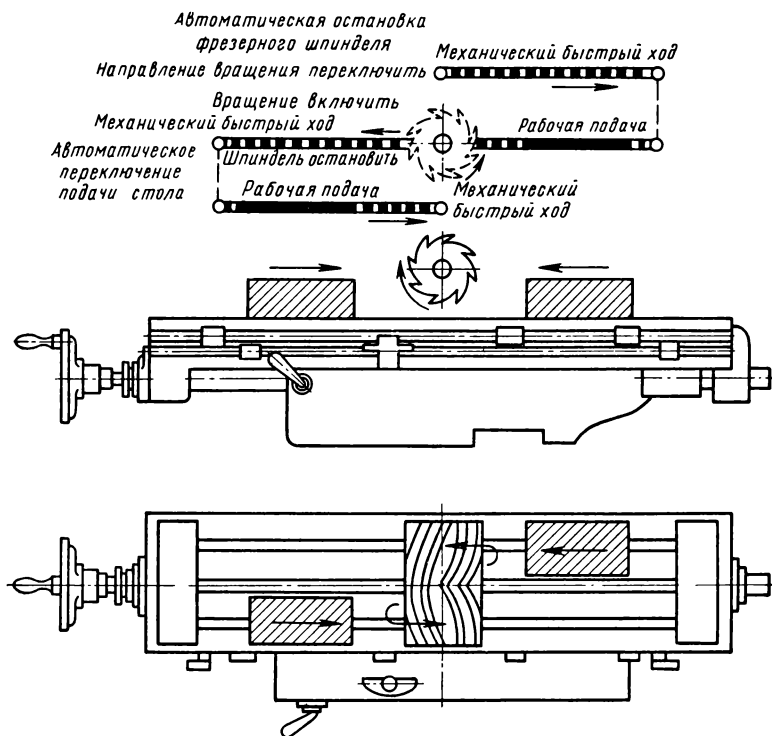


Рис. 167. Схема фрезерования с использованием обратного хода

На рис. 168, *а* изображен простой цикл: после включения вращения шпинделя и подачи 1 стол движется быстро и подводит заготовку под фрезу, затем автоматически включается рабочая подача 2, после окончания фрезерования 3 реверсируется движение стола в обратном направлении и включается быстрый ход до момента достижения исходного положения стола 4, станок выключается. Затем производится загрузка зажимного приспособления новой заготовкой и следует повторение цикла.

На рис. 168, *б* показан такой же случай, что и на рис. 168, *а*, только здесь на заготовке есть необрабатываемый промежуток (3—4), который стол проходит на быстром ходу. Фрезерование

происходит по автоматическому циклу с чередующейся или скачкообразной подачей, по окончании цикла — загрузка приспособления новой заготовкой и повторение цикла. Случаи *а* и *б* применяют тогда, когда на станке установлено только одно приспособление. Здесь возможно многостаночное обслуживание, однако во время закрепления заготовки станок простаивает.

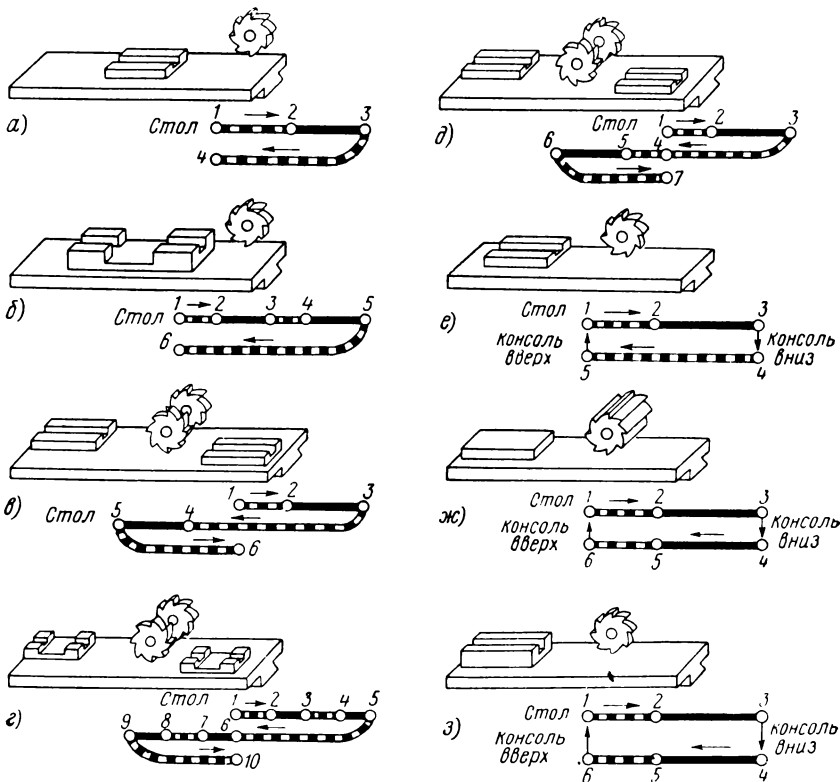


Рис. 168. Схемы автоматических циклов работы на консольно-фрезерных станках

На рис. 168, *в* показан цикл фрезерования с использованием обратного хода стола по маятниковому циклу. Фрезы укреплены на одной оправке или в двух фрезерных бабках одна против другой. Заготовки закреплены в двух зажимных приспособлениях, расположенных по обоим концам стола. Сначала цикл идет, как показано на рис. 168, *а*; в то время как одна заготовка в первом приспособлении обрабатывается, другую заготовку устанавливают и зажимают во втором приспособлении (совмещение элементов времени зажима и обработки). Затем включается быстрый обратный ход 3, под фрезу подходит вторая заготовка и стол переключается на рабо-

чую подачу 4, которая происходит на длине обрабатываемой детали до положения 5, после чего стол переключается на обратный быстрый ход до положения 6 и цикл начинается сначала. Это повторяется до тех пор, пока станок не выключат. Возможно автоматическое переключение направления вращения фрезы и, таким образом, одинаковые условия для обеих заготовок (фрезерование по или против подачи).

На рис. 168, г изображено сочетание циклов б и в, т. е. чередующейся и маятниковой подачи. На рис. 168, д изображен цикл маятниковой подачи, как и в случае в, однако цикл здесь имеет перерыв: *остановка в среднем положении*. При осуществлении цикла в возможна поломка детали, инструмента или станка, если рабочий не успеет закрепить одну заготовку во время обработки другой. В зажимном приспособлении предусмотрена кнопка, связанная с электрическим управлением движениями стола. Если рабочий закрепил заготовку раньше, чем стол прошел половину цикла, он нажимает на кнопку независимо от того, в какой стадии находится обработка другой заготовки. Тогда стол без остановки пройдет расстояние между заготовками 3—5, и цикл будет продолжаться. Если же рабочий не закончил установку и не нажал кнопку, стол остановится в среднем положении 4 и будет стоять до тех пор, пока рабочий не закончит зажим заготовки и не включит подачу, после чего цикл продолжится.

В разобранных случаях (рис. 168, а, б, в, г и д) участвует только одно движение подачи — продольное движение стола. В схемах е, ж и з на рис. 168 приводятся более сложные автоматические циклы, связанные с вертикальным перемещением стола.

Рис. 168, е изображает простой цикл, как по схеме а, но с автоматическим отводом фрезы по окончании прохода. Здесь быстрый обратный ход стола совмещается с опусканием консоли, чтобы при обратном ходе не испортить обработанной поверхности детали. Изображенный на рис. 168, ж цикл отличается тем, что производятся два перехода — черновой и чистовой. Черновой переход совершается так же, как и по циклу рис. 168, е, затем, используя подъем консоли, совершается небольшая подача на глубину и фреза выполняет чистовой переход при обратном рабочем ходе стола. Здесь один переход, обычно черновой, выполняется при фрезеровании против подачи, а другой — по подаче.

На рис. 168, з показана схема, аналогичная схеме рис. 168, ж, только здесь вместо цилиндрической фрезы показана дисковая фреза. Если в случае ж для отвода фрезы достаточно было опустить консоль на десятые доли миллиметра, то в случае з необходимо поднять ее на высоту, несколько большую глубины паза.

На отечественных консольно-фрезерных станках второй и третьей гамм серий М и Н, модернизированных фрезерных станках предыдущих серий, бесконсольно-фрезерных станках и неко-

торых продольно-фрезерных станках осуществимы полуавтоматические и автоматические циклы по схемам *а, б, в, г и д*.

Для настройки консольно-фрезерных станков второй и третьей гамм серии М или Н производства Горьковского завода фрезерных станков на полуавтоматический и автоматический циклы перемещений стола необходимо: а) поставить средний переключатель на дверке правого электрошкафа в положение «автоматический цикл»; б) утопить и повернуть валик-шестерню на переднем торце салазок в положение «автоматическое управление столом»; в) выполнить установку на передней планке стола кулачков *1, 2, 3 и 4*, поставляемых к станку.

На рис. 169 показана установка кулачков на станках серии М при настройке на следующие циклы: *чередующийся* (скачкообразный) *цикл правой подачи* — быстро вправо — подача вправо — быстро назад (влево) — стоп, что соответствует схеме рис. 168, *а*; *чередующийся* (скачкообразный) *цикл левой подачи* — быстро влево — подача влево — быстро назад (вправо) — стоп, что соответствует схеме рис. 168, *а* в реверсированном виде; *маятниковый цикл правой подачи* — быстро вправо — подача вправо — быстро влево — подача влево — быстро вправо — подача вправо и т. д., что соответствует схеме рис. 168, *в*.

При помощи дополнительных кулачков *3 и 4* можно чередующийся цикл правой или левой подачи *продублировать*, например: быстро вправо — подача вправо — быстро вправо — подача вправо — быстро назад (влево) — стоп подобно схеме рис. 168, *б* или то же, но в левую сторону. На этих же станках можно при установке дополнительных кулачков *3 и 4* осуществить сочетание *чередующегося и маятникового циклов*: быстро вправо — подача вправо — быстро вправо — подача вправо — быстро назад (влево) — подача влево — быстро влево — подача влево — быстро назад (вправо) — подача вправо и т. д., что соответствует схеме рис. 168, *г*.

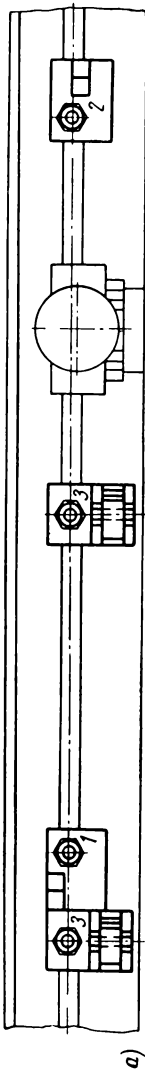
Выполнение циклов *д и е* по рис. 168 возможно на этих станках при применении тех же кулачков, но с доработкой электрической схемы управления станком.

На отечественных консольно-фрезерных станках первой гаммы серии М выпуска Дмитровского завода фрезерных станков можно осуществить все схемы автоматического цикла по рис. 168.

Для настройки этих станков на полуавтоматический и автоматический циклы перемещений стола и консоли необходимо: а) поставить пакетные выключатели «автоматическое управление», «опускание стола» в соответствующее положение; б) выполнить установку на планке стола кулачков *1, 2, 3, 4, 5 и 6*, поставляемые к станку; в) установить нижнее кольцо в консоли, ограничивающее вертикальные перемещения в циклах с опусканием стола.

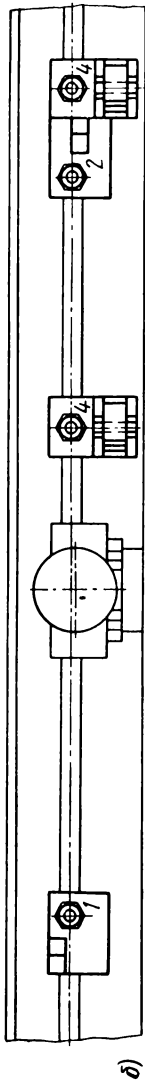
На рис. 170 показана установка кулачков при настройке на: *чередующийся* (скачкообразный) *цикл правой подачи* — быстро

Начало цикла Быстро вправо Кулачок 3 Подача вправо
 Кулачок 2 Быстро влево
 Стоп



Ревверс и переключение на быстро вправо. Кулачки 2, 4

Начало цикла
 Подача влево Кулачок 4 Быстро влево
 Кулачок Стоп
 Быстро вправо



Ревверс и переключение на быстро влево. Кулачки 1, 3

Быстро вправо Кулачок 3 Подача вправо
 Подача влево Кулачок 4 Быстро влево

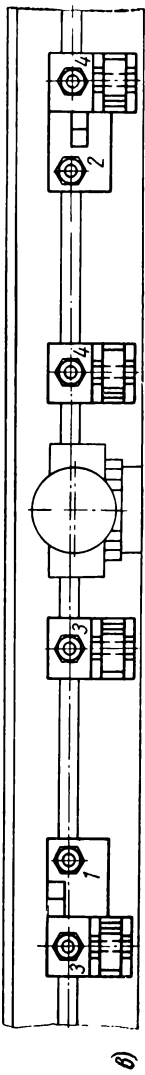
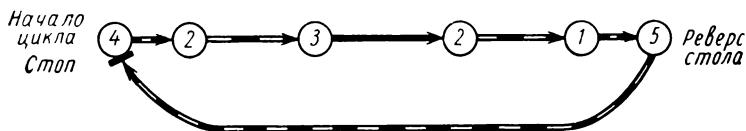


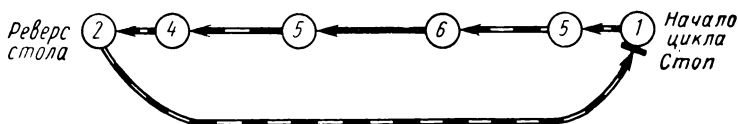
Рис. 169. Настройка стола станков 6М82, 6М82Г, 6М12П, 6М83, 6М83Г, 6М13П на: а — чередующийся (скачкообразный) полуавтоматический цикл правой подачи; б — чередующийся (скачкообразный) полуавтоматический цикл левой подачи; в — непрерывный маятниковый автоматический цикл

вправо — подача вправо — быстро вправо — быстро назад (влево) — стоп и *чередующийся* (скачкообразный) цикл *левой подачи* — быстро влево — подача влево — быстро влево — быстро назад (вправо) — стоп.

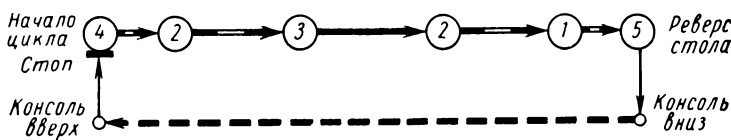
Те же циклы, что и по рис. 170, *а* и *б*, но с опусканием консоли в конце рабочего хода и подъемом в начале цикла до ограничителя,



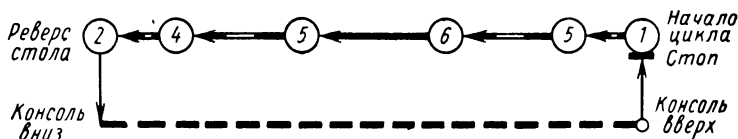
а)



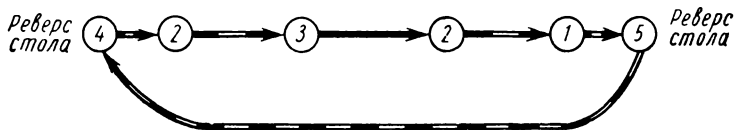
б)



в)



г)



д)

Рис. 170. Настройка стола станков 6М81, 6М81Г, 6М11 и 6М11В на

а — чередующийся (скачкообразный) цикл правой подачи; *б* — чередующийся (скачкообразный) цикл левой подачи; *в* — чередующийся (скачкообразный) цикл правой подачи с автоматическим опусканием консоли в конце рабочего хода; *г* — чередующийся (скачкообразный) цикл левой подачи с автоматическим опусканием консоли в конце рабочего хода; *д* — маятниковый цикл правой подачи

который настраивают заранее в зависимости от требуемой высоты опускания консоли, изображены на рис. 170, *в* и *г*. Эти циклы соответствуют схеме рис. 168, *ж* в прямом и реверсированном видах.

Маятниковый цикл правой подачи (соответственно левой подачи), когда по окончании чередующегося цикла правой подачи механизм подачи стола не выключается и автоматически начинает такой же цикл (рис. 170, *д*). Автоматическое опускание и подъем консоли в маятниковом цикле не предусмотрены.

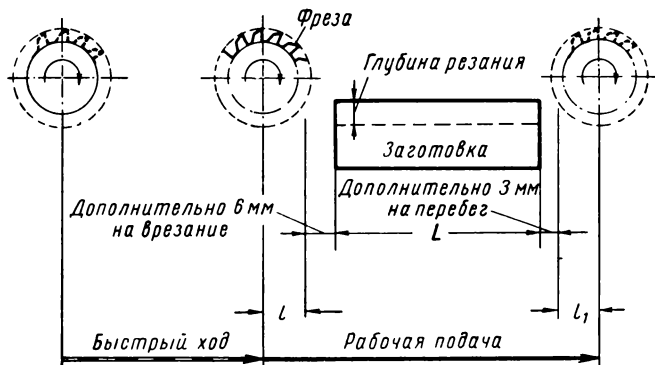


Рис. 171. Схема для расчета установки кулачков

При автоматизации цикла и введении быстрых перемещений стола необходимо кулачки, включающие рабочее и быстрое перемещение стола, устанавливать с учетом инерции на срабатывание переключающих механизмов. На рис. 171 приводится схема для расчета установки кулачков, рекомендуемая фирмой Cincinnati Milling Machine Co. К пути врезания фрезы l , определяемому по формуле $l = \sqrt{t(D - t)}$ или по справочнику, прибавляют 6 мм, а к пути перебега l_1 , определяемому по справочнику, прибавляют 1,5 мм.

В некоторых моделях зарубежных фрезерных станков и в отечественном консольном вертикально-фрезерном станке 6А12П имеются в приводе подач «узлы замедления», которые сводят до минимума инерционные перебеги стола и позволяют обеспечить высокую стабильность размеров обрабатываемых деталей при повторении циклов. «Узлы замедления» дают возможность получения замедленных (ползучих) подач на станке 6А12П со скоростью 20 мм/мин для горизонтального и 8 мм/мин для вертикального перемещения стола.

3. ПРИМЕРЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Обычно модернизации подлежат фрезерные станки выпуска прошлых лет с целью обеспечения возможности скоростных режимов резания, сокращения вспомогательного времени, механи-

зации и автоматизации отдельных приемов и даже комплексной автоматизации.

Рассмотрим некоторые мероприятия по частичной и комплексной модернизации устаревших фрезерных станков для обеспечения: а) быстрого хода стола для установочных и холостых перемещений; б) опускания стола при обратном ходе; в) подъема шпинделя при обратном ходе.

Мероприятия по обеспечению скоростных режимов резания, т. е. связанные с увеличением числа оборотов шпинделя, мы здесь не рассматриваем, отсылая читателя к соответствующим материалам по модернизации фрезерных станков¹.

Модернизация перемещений стола

Для уменьшения затрат вспомогательного времени на приемы, связанные с подводом заготовки к фрезе и ее отводом, применяют быстрый ход стола.

Все новые модели фрезерных станков и значительное количество моделей прежних выпусков имеют механизмы быстрого перемещения стола. В станках мод. ТГ2, 682Г, 682 и 612 и некоторых других эти механизмы отсутствуют и холостые перемещения стола производят вручную.

Быстрый ход стола на этих станках может быть осуществлен путем пристройки электродвигателя с редуктором к ходовому винту

На рис. 172 приведен механизм быстрого продольного хода стола к станкам мод. 682Г, 682 и 612 по конструкции, предложенной ЭНИМСом. Для установки его на станок торцовый кронштейн стола снимается и на его место ставится плита 1 редуктора, к которой прикреплена крышка 2 с электродвигателем 3. Во внутренней полости крышки размещены зубчатые колеса редуктора, связывающие ходовой винт стола с электродвигателем.

Электродвигатель мощностью 0,4 *квт* с числом оборотов 1450 в *мин* сообщает столу перемещение со скоростью 2000 *мм/мин*. Электродвигатель можно включить только при выключенном электродвигателе подач, что обеспечивается соответствующей электроблокировкой. На станках, имеющих общий двигатель привода шпинделя и стола, для блокировки включения быстрого хода одновременно с рабочей подачей в паз стола устанавливают упор (кулачок), который в конце рабочего хода выключает кулачковую муфту, соединяющую цепь подач с ходовым винтом. Включение и выключение электродвигателя быстрого хода осуществляются установленным на салазках или консоли пакетным выключателем, поворотная рукоятка которого заменяется нормальной рукояткой с шариком на конце.

¹ Модернизация консольно-фрезерных станков. Руководящие материалы ЭНИМСа, под ред. А. Е. Прокоповича. М., Машгиз, 1957.

На рис. 173 приведена предложенная инж. А. И. Андреевым модернизация механизма подачи стола станков мод. ТГ2 для осуществления быстрых ходов. Для установки его на стол станка снимают торцовый кронштейн продольного стола 1 и на место его ставят коробку 2 редуктора, в которой смонтированы два косозубых колеса 3 и 7, колесо 3 закреплено на конце ходового винта 4 посредством шпонки и затянуто гайкой 5. В торце коробки 2

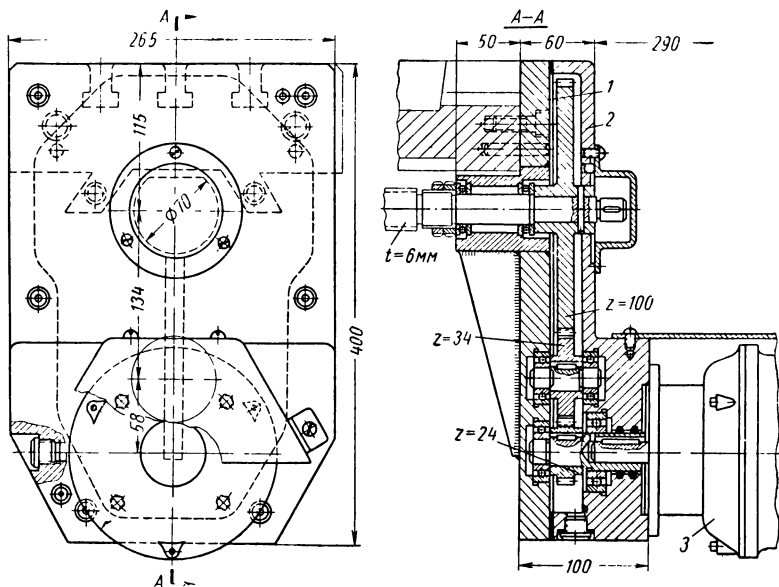


Рис. 172. Механизм быстрого продольного хода стола к станкам 682, 682Г и 612

редуктора установлен фланцевый электродвигатель 6, на валу которого закреплено зубчатое колесо 7. В середине стола установлена коробка 8, в которой расположены конечные выключатели продольного перемещения стола.

При включении электродвигателя быстрых подач стол перемещается со скоростью 4,5 м/мин и подводит заготовку под фрезу. На заранее установленном расстоянии заготовки от фрезы упор 9, нажав на палец конечного выключателя 10, выключает автоматически электродвигатель быстрого хода. После этого фрезеровщик вручную включает рабочую продольную подачу рукояткой 11.

По окончании рабочего хода упор 12, нажимая на штырь рукоятки 11, выключает рабочую подачу. Во время перевода рукоятки 11 с рабочей подачи на нейтральное положение через конечный выключатель 13 происходит автоматическое включение с вращением в обратную сторону электродвигателя быстрого хода, и стол со скоростью 4,5 м/мин возвращается в исходное положение.

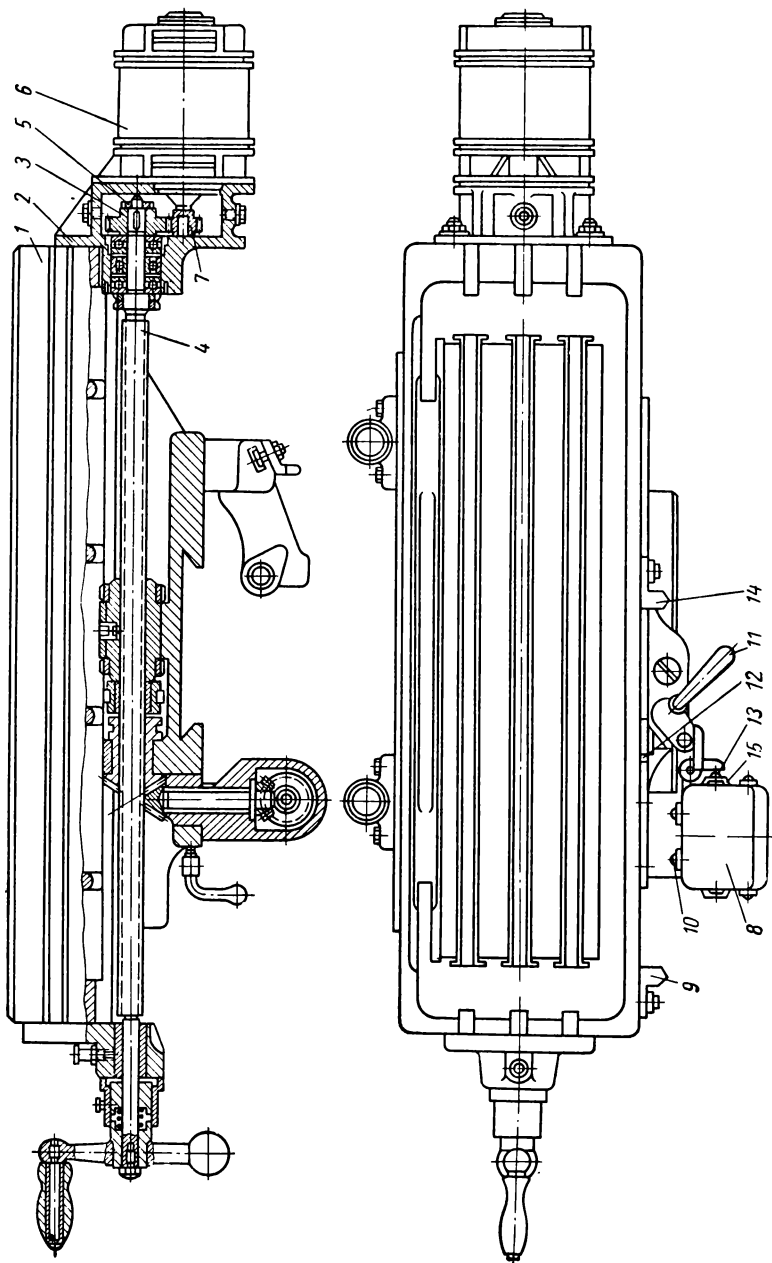


Рис. 173. Механизм быстрого продольного хода к станку ТГ2

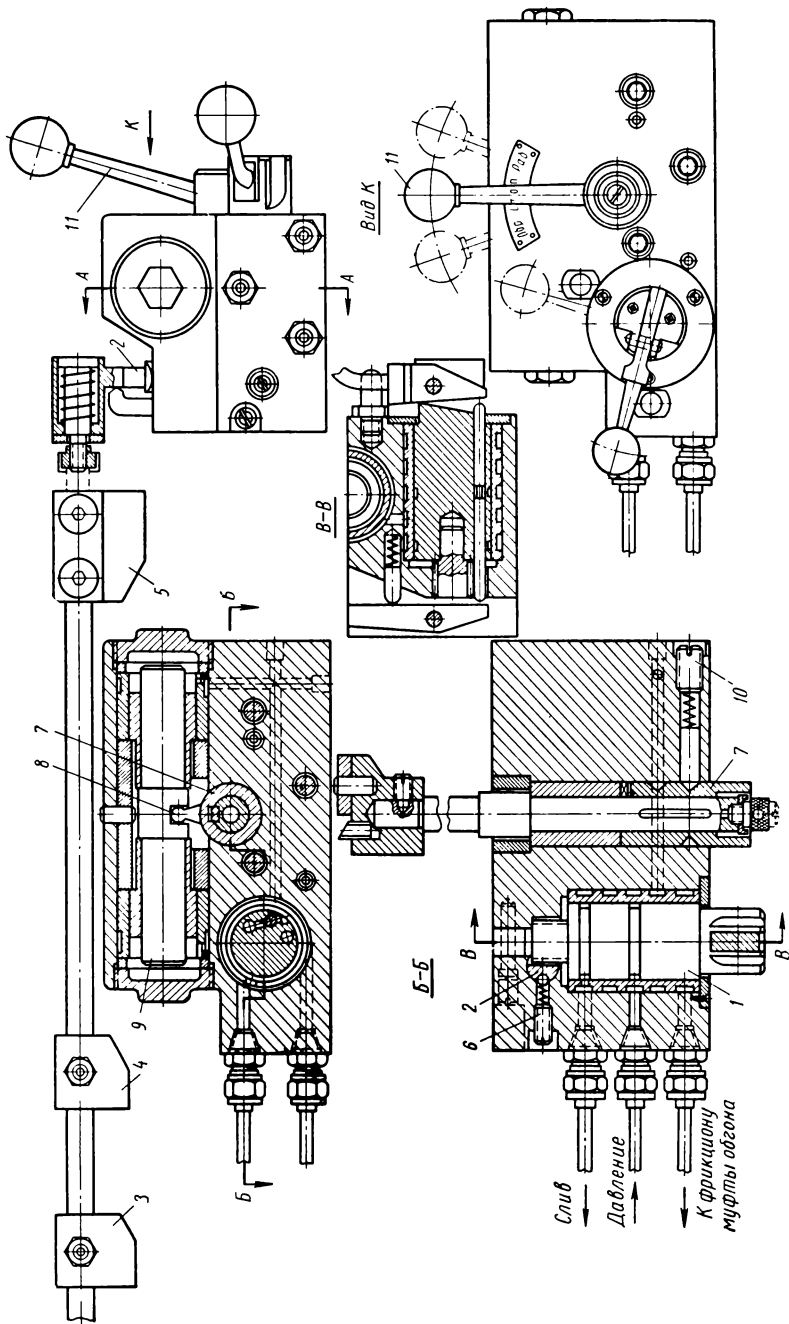


Рис. 174. Гидравлическая панель управления движениями стола

Выключение стола в исходном положении осуществляется нажатием упора 14 на палец 15 конечного выключателя, который, в свою очередь, выключает все электродвигатели станка.

Механизмы быстрого хода стола, показанные на рис. 172 и 163, можно рекомендовать для модернизации фрезерных станков других моделей, в том числе иностранных.

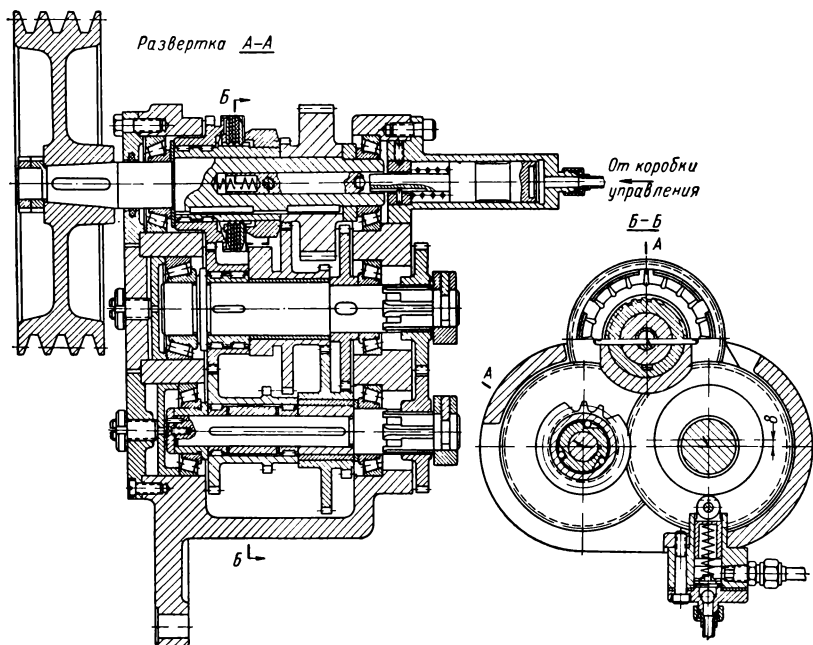


Рис. 175. Муфта обгона

Применение гидравлики для автоматизации цикла подач стола позволяет использовать другие схемы модернизации механизма подач стола.

На рис. 174—177 изображен вариант модернизации горизонтально-фрезерного станка с использованием гидравлической панели управления для осуществления автоматических ускоренных подач стола.

Гидравлической панелью управления называют агрегат гидроузлов, смонтированных на общей плите, применительно к какому-либо типичному циклу работы станка.

К столу фрезерного станка (рис. 174) пристраивают гидравлическую панель управления, питаемую маслом от поршневого насоса, расположенного внутри коробки скоростей и приводимого в действие от эксцентрикового диска, связанного с валом коробки скоростей.

Масло из насоса поступает в аккумулятор, устраняющий пульсацию, и через золотник 1 направляется в цилиндр коробки управления и в цилиндр, включающий фрикцион обгонной муфты. Три трубопровода (давление, слив, фрикцион муфты обгона) изображены на рис. 174 (разрез *Б—Б*). Золотник 1 коробки управления может поворачиваться от нарезанной на его продолжении шестерни, связанной с пальцем 2 гидравлической коробки, выполненным в виде рейки. Кулачки стола 3, 4 и 5 имеют различную высоту,

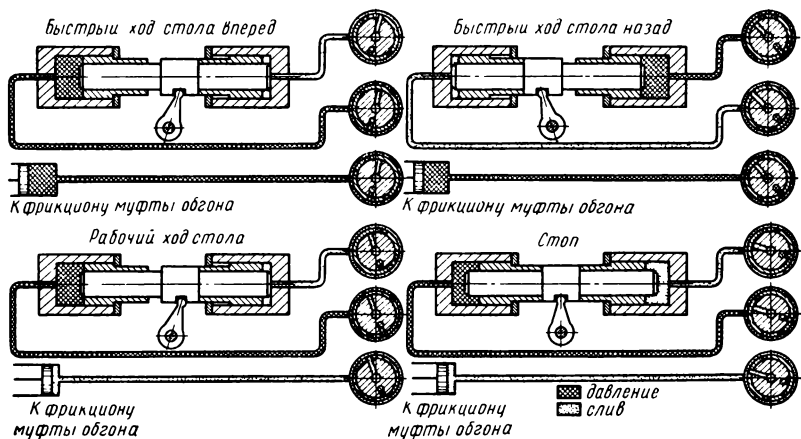


Рис. 176. Схемы включения различных движений стола

поэтому каждый из них при нажиме на палец-рейку 2 поворачивает золотник в соответствующее положение, точно фиксированное шариковой защелкой 6. Соответствующий поворот золотника 1 вызывает три разных положения поршня 7 (вправо, влево, центр). Поршень 7 при помощи поводка 8 связан с валиком 9, переключающим реверсивную муфту механизма продольной подачи стола (имеющегося в столе станка). Положения поводка 8 точно фиксируются пружинной защелкой 10 и соответствуют рабочему и обратному ходам стола станка и положению «Стоп». Эти положения могут быть сообщены вручную при помощи рукоятки переключения подач 11. На рис. 174 (вид по стрелке *К*) эти положения изображены штриховой линией.

При соответствующем положении золотника 1 масло поступает через трубопровод в цилиндр, включающий фрикцион обгонной муфты, как это изображено на рис. 175. При включении фрикциона обгонная муфта передает механизму подач стола через обычную карданную передачу быстрое вращение и, следовательно, быстрый ход. Включение быстрого вращения и, следовательно, быстрого хода стола производится от соответствующего кулачка стола.

Сочетания положений золотника и поршня позволяют осуществлять автоматически следующие движения стола: рабочий ход стола, быстрый ход стола вперед, быстрый ход стола назад и «Стоп», т. е. те же движения автоматического цикла, которые имеют современные фрезерные станки.

На рис. 176 показаны схематически эти движения при различных положениях пальца-рейки 2 (см. рис. 174). В зависимости от того, какой упор стола нажмет на рейку, она может повернуть золотник 1 (см. рис. 174), который направит масло либо в левую полость цилиндра гидравлической коробки для получения быстрого хода вперед или рабочего хода, либо в правую полость для получения быстрого обратного хода, либо в обе полости сразу для остановки стола.

В последнем случае муфта реверса ходового винта стола примет нейтральное положение.

Другие варианты автоматизации управления движениями стола вертикальных и горизонтальных консольно-фрезерных станков выпуска прежних лет приведены в упомянутом выше альбоме «Модернизация и автоматизация технологического оборудования. Фрезерные станки. Рекомендации для промышленного внедрения».

Способы отвода фрезы от обрабатываемой поверхности

Для обеспечения зазора между фрезой и заготовкой при обратном ходе стола, чтобы не испортить обработанной детали, необходимо или опустить консоль после рабочей подачи на время быстрого обратного хода или поднять шпиндель станка. В циклах перемещений стола станка, изображенных на рис. 168, *е*, *ж* и *з*, это автоматизировано.

Как указывалось на стр. 265 и показано на рис. 170, *в* и *г*, консольно-фрезерные станки мод. 6М81, 6М81Г, 6М11, 6М11В и 6В81Ш производства Дмитровского завода фрезерных станков можно настроить на чередующиеся циклы правой и левой подач с опусканием консоли на заданную величину во время обратного хода стола и возвратом в исходное положение при начале рабочего хода. Для этого следует поставить в соответствующее положение пакетный выключатель «автоматическое опускание стола» и настроить ограничительное кольцо на винте подъема консоли на заданную величину.

Фрезерные станки мод. 6Л82 и 6Л12, а также модернизированная модель 6А12П имеют механизм автоматического опускания стола по окончании рабочего хода и возврата в исходное положение в начале цикла.

Другим способом обеспечения зазора между инструментом и заготовкой является отход шпинделя при обратном ходе стола. Для горизонтально-фрезерных станков шпиндель отходит в осевом направлении, в вертикально-фрезерных он поднимается. Поскольку перемещения шпинделя в осевом или вертикальном на-

правлении осуществляются конструктивно идентично, рассмотрим только механизм подъема шпинделя.

Подъем и опускание шпинделя производится гидравлическим механизмом с закреплением шпинделя в нижнем положении, как показано на рис. 177. Для привода этого механизма использованы простейший поршневой насос с одним поршнем и пружинный аккумулятор. Насос создает давление 40 кг/см^2 при 600 об/мин . Через распределительный

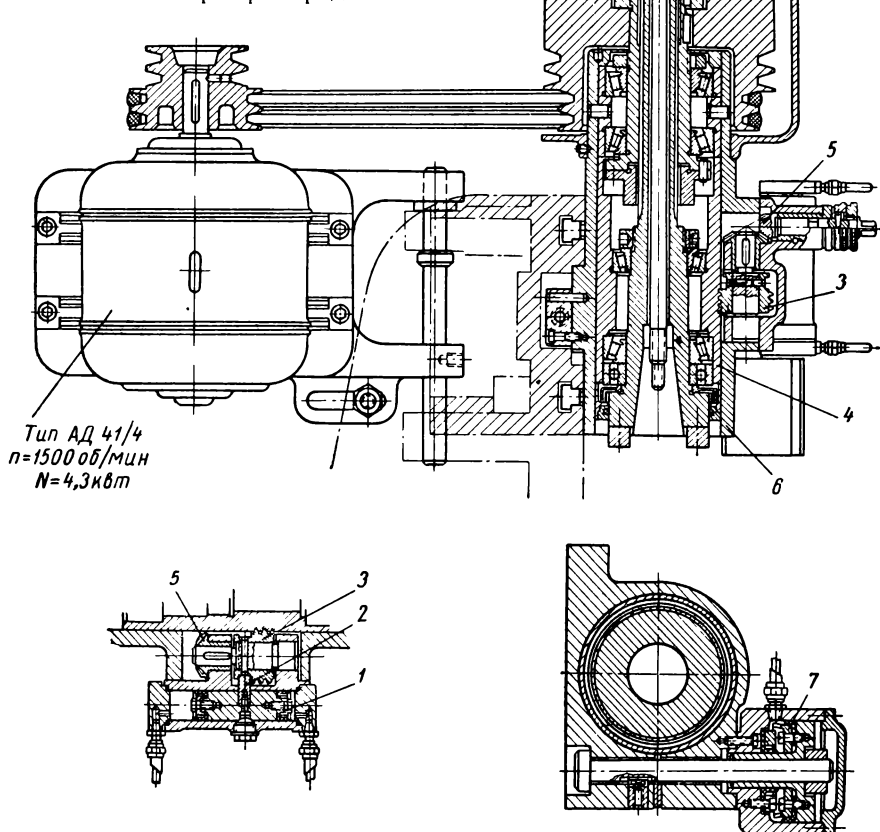


Рис. 177. Гидравлический механизм подъема и опускания шпинделя станка: 1 — поршень; 2 — тяга; 3 — червяк; 4 — головка; 5 — коническая передача; 6 — корпус; 7 — зажим

кран, схема которого показана на рис. 178, масло под давлением поступает в вертикальную головку, которая имеет цилиндр и поршень 1 (см. рис. 177) и при помощи тяги 2 перемещает в вертикальном направлении червяк 3, связанный с пинолью головки 4.

Таким образом, пиноль под действием поршня 1 может перемещаться вверх и вниз. Поворачивая червяк, при помощи конической передачи 5 можно регулировать высоту установки пиноли.

Корпус головки 6 имеет разрез, стягиваемый гидравлическим цилиндром зажима 7. После опускания пиноли распределительный кран поворачивается далее и включает закрепляющий цилиндр. Все это происходит в период подхода обрабатываемой детали к фрезе. В конце обработки кран сразу включает подъем и раскрепление пиноли. Пиноль быстро поднимается, и стол возвращается ускоренно в первоначальное положение.

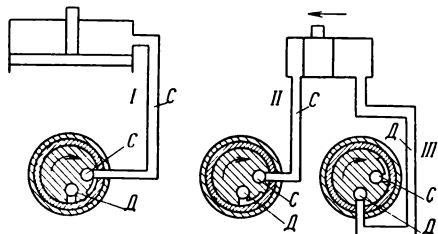
Эта система позволяет совмещение небольшого подъема пиноли с регулировкой ее положения.

Изготовленный по такой системе станок работает без аварий в течение ряда лет, легко обеспечивая выполненные допуски 0,12 мм в вертикальном направлении.

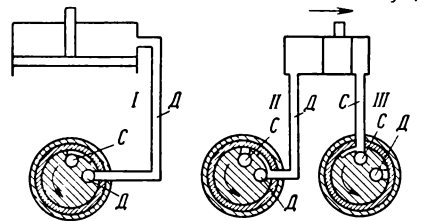
Недостатком конструкции является невозможность подъема шпинделя при неподвижном столе, т. е. невозможность работы до упора.

При применении электрогидравлического управления можно осуществить подъем пиноли и при неподвижном столе.

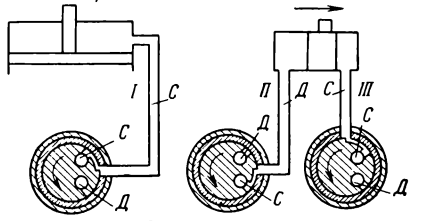
Крайнее заднее положение стола
 Поворот крана на 90° при движении стола назад
 Разжим шпинделя Отвод шпинделя



Крайнее переднее положение стола
 Поворот крана на 90° при движении стола вперед
 Зажим шпинделя Шпиндель подведен до упора



Промежуточное положение стола
 Поворот крана на 45° при движении стола вперед
 Шпиндель разжат Шпиндель подведен до упора



Условные обозначения:
 Д - давление масла С - слив масла

Рис. 178. Схема гидравлического распределительного устройства

Комплексная автоматизация

Завершением механизации и автоматизации отдельных элементов работы станка является его комплексная автоматизация, которая при обработке на консольно-фрезерных станках вызывает большие затруднения, так как обычно на этих станках обрабатывают детали различной конфигурации.

Представляет интерес разработанное ЭНИМСом загрузочное устройство к горизонтально-фрезерному станку мод. 6Н82Г, с помощью которого осуществляется автоматизация питания заготовками при обработке группы цилиндрических и призматических деталей, показанных на рис. 179. В сочетании с автоматическим циклом перемещений стола, осуществляемым на станках этого типа при помощи кулачков, получается автоматическая работа

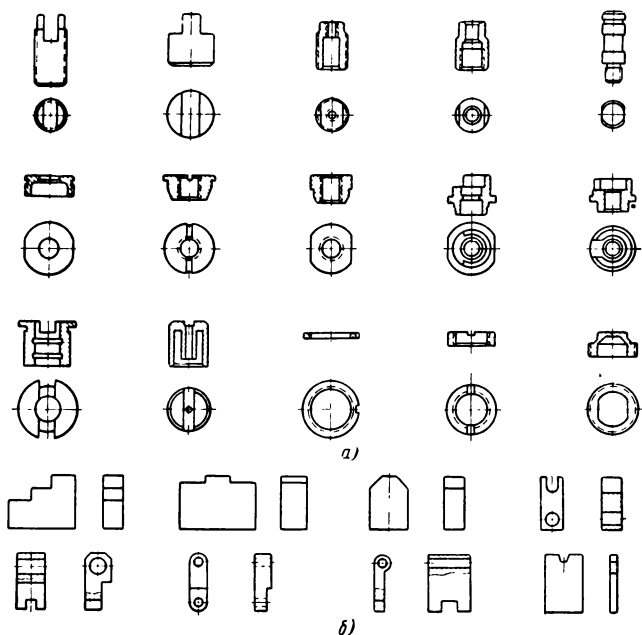


Рис. 179. Типовые детали, обрабатываемые на автоматизированном станке мод. 6Н82Г:

a — цилиндрические; *b* — призматические

станка. Особенностью этого загрузочного устройства является его универсальность для данной группы деталей, простота переналадки, а также надежность в базировании и закреплении заготовок.

На рис. 180 показан станок мод. 6Н82Г со смонтированным на нем загрузочным устройством. Загрузочное устройство включает в себя зажимное приспособление 1, устанавливаемое на столе станка; командоаппарат 2 для управления работой зажимного приспособления, закрепляемый на салазках с правой стороны; магазин 3, помещаемый на хоботе станка, и гидравлическую приводную станцию, устанавливаемую на полу с правой стороны станка. Загрузочное устройство может также работать от группо-

вой приводной станции, а при снабжении его взамен гидравлической соответствующей пневматической аппаратурой может быть подключено к воздушной сети завода.

Загрузочное устройство в автоматическом цикле работы станка действует следующим образом. Заготовка поступает в губки зажимного приспособления в момент, когда стол устанавливается в крайнем правом положении, при этом зажимные губки приспособления находятся под лотком магазина. Заго-

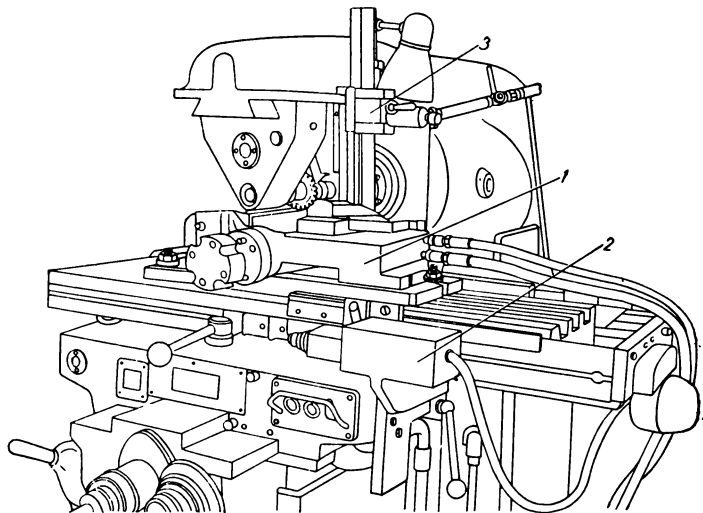


Рис. 180. Автоматизированный консольно-фрезерный станок 6H82Г с загрузочным устройством

товка под действием собственного веса падает из магазина в зажимное приспособление и при быстром ходе стола влево автоматически закрепляется. После переключения с быстрой на рабочую подачу стола происходит фрезерование. По окончании обработки стол быстро возвращается в исходное положение, при этом зажимное приспособление на ходу разжимается и обработанная деталь выпадает из него.

Конструкция зажимного приспособления приведена на рис. 181. На корпусе 9 в Т-образных пазах крепится неподвижная зажимная губка 8 для закрепления прямоугольных заготовок. Другая зажимная губка 6 устанавливается на подвижной каретке 5, связанной со штоком 2 гидравлического цилиндра 1. Для закрепления цилиндрических заготовок на приспособлении устанавливают губки 6а и 8а. При подводе каретки 5 «под грузку» последняя упирается в палец 25, который запирается при помощи рычага 26, поворачивающегося на оси 10, толкателем 27 и роликом 28,

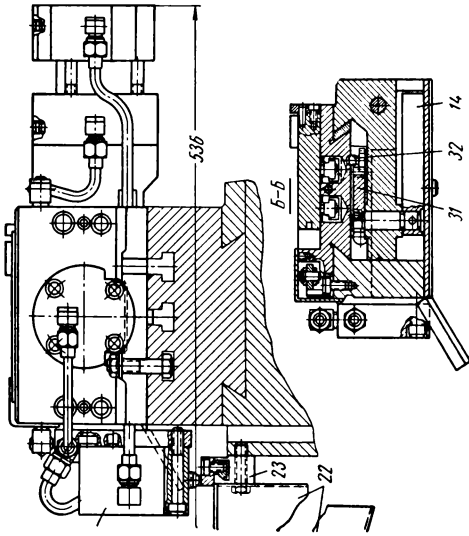
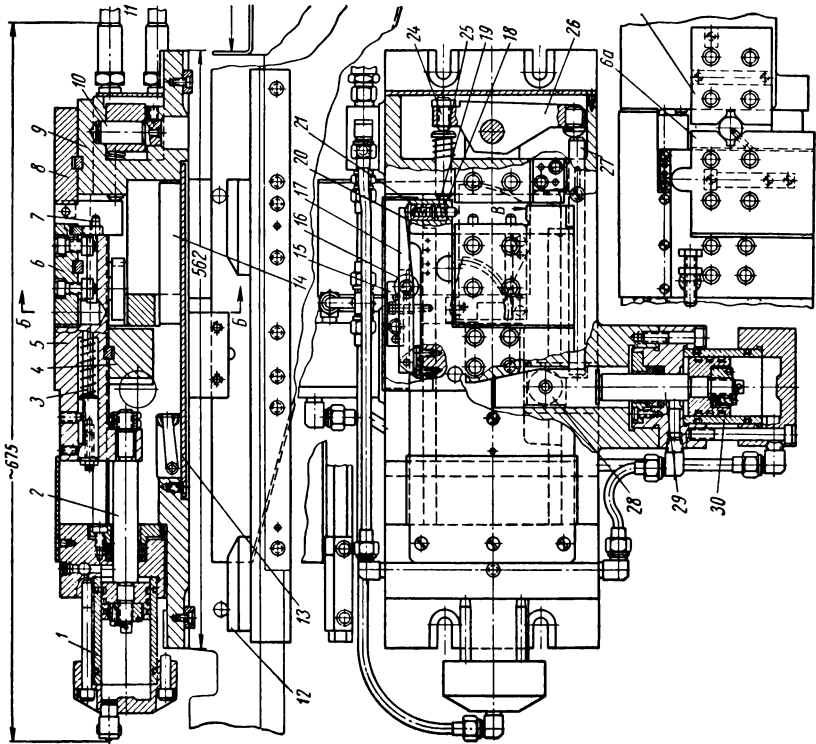


Рис. 181. Зажимное приспособление загрузочного устройства

последний закреплен в штоке 29 гидравлического цилиндра 30. Шток при этом находится в нижнем положении. Необходимый для загрузки детали зазор между подвижной и неподвижной губками, равный размеру детали плюс 3—5 мм, регулируется при помощи винта 24.

Заготовка, выпадая из магазина под тяжестью собственного веса, устанавливается на штырях 7, закрепленных в подвижной губке 6. При зажиме детали 29 шток перемещается в верхнее положение, при этом толкатель 27 сходит с ролика 28, освобождая одновременно с этим и палец 25. Клиновья поверхность штока 29 входит в контакт с клиновой поверхностью упора 4 (угол клина 12°), закрепленного снизу каретки 5.

Последовательную работу цилиндров 1 и 30 обеспечивает гидравлический четырехходовой золотник 11 (Г74-21), действующий от упоров 12, установленных на планке 23. Для работы по маятниковому циклу с двумя магазинами предусмотрены два упора.

Для разжима и сбрасывания обработанной детали масло подается в штоковые полости гидравлических цилиндров 1 и 30 одновременно. В результате этого каретка 5 отходит влево, деталь падает на дно 13, откуда при следующем ходе каретки сталкивается сбрасывателем 14 на наклонный склиз 22.

Сбрасыватель 14 приводится в действие сектором 31, находящимся в зацеплении с рейкой 32, закрепленной снизу каретки 5.

Для закрепления деталей, требующих дополнительного поджима к боковой базе, предусмотрен механизм, состоящий из толкателя 19, сидящего в стакане 20 и находящегося под действием пружины 21, и толкателя 17 с роликом 16. Стакан 20 постоянно прижимается к толкателю 17 пружинной 18. При зажиме детали ролик 16 находит на скос копира 15, закрепленного сверху корпуса 9 приспособления, при этом деталь поджимается к базе В, находящейся на подвижной губке.

При обработке некоторых деталей встречается необходимость в принудительном сталкивании обработанных деталей со штырей губок. Для этой цели предусмотрен толкатель 3, помещаемый в каретке 5 и сталкивающий детали при обратном ходе каретки.

Механизмы приспособления надежно защищены от стружки, которая легко смывается направленной струей охлаждающей жидкости.

Гидравлическая схема загрузочного устройства в положении зажима приведена на рис. 182. Масло от насоса 1 (марки Г12-11) производительностью 8 л/мин проходит по трубе 2 через напорный золотник 3 (БГ54-12) и реверсивный золотник 4 (ЗГ73-12).

В положении стола «под загрузкой» масло подается по трубе 5 в полость А цилиндра 7, при этом четырехходовой золотник 6 (Г74-21) находится на упоре, доступ масла в цилиндр 8 перекрыт, а каретка с подвижной губкой доведена до упора.

При перемещении стола станка открывается доступ масла в полость *Б* цилиндра *8* и происходит зажим детали. После окончания фрезерования масло по трубе *9* подается одновременно в полости *В* и *Г* цилиндров *7* и *8*, каретка отводится, а губки разжимаются, и обработанная деталь освобождается. Масло из полостей *А* и *Б* при этом отводится в бак по трубам *5* и *10*.

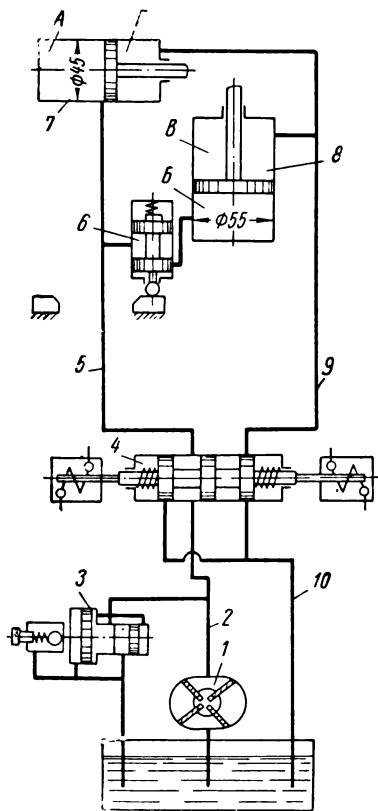


Рис. 182. Гидравлическая схема зажимного устройства

При перемещении стола в противоположном направлении упоры поворачиваются на осях *7*, проходя над звездочкой, а затем возвращаются в вертикальное положение и фиксируются шариком под действием пружины *8*.

Приводная гидростанция (рис. 184) представляет собой сварной бак *1*, на котором смонтирован электродвигатель *3* мощностью *1,7 квт*. Электродвигатель при помощи соединительной муфты приводит в действие насос *2*. Снаружи бака закреплен предохранительный (напорный) золотник *12*, золотник управления *8*, манометр

Управление работой приспособления производится с помощью командоаппарата (рис. 183). В корпусе *4* командоаппарата смонтированы конечный выключатель ВК-211 и механизм, который служит для его включения и выключения и состоит из звездочки *5* и толкателя *6*. Толкатель *6* постоянно поджат к звездочке *5* пружинной *2*. Звездочка *5* закреплена на оси звездочки *3*.

Механизм командоаппарата приводится в действие во время хода стола, при этом кулачки *1*, устанавливаемые на планке, закрепленной спереди стола, воздействуя на выступы звездочки *3*, поворачивают ее, а следовательно, и звездочку *5*. Звездочка *5* приводит в движение своими скосами толкатель *6*, воздействующий на конечный выключатель. Конечный выключатель подает команды на электромагниты реверсирующего золотника, смонтированного на гидростанции.

Кулачки *1* выполнены откидными для того, чтобы они могли воздействовать на звездочку *3* командоаппарата при движении стола только в одну сторону; при движении

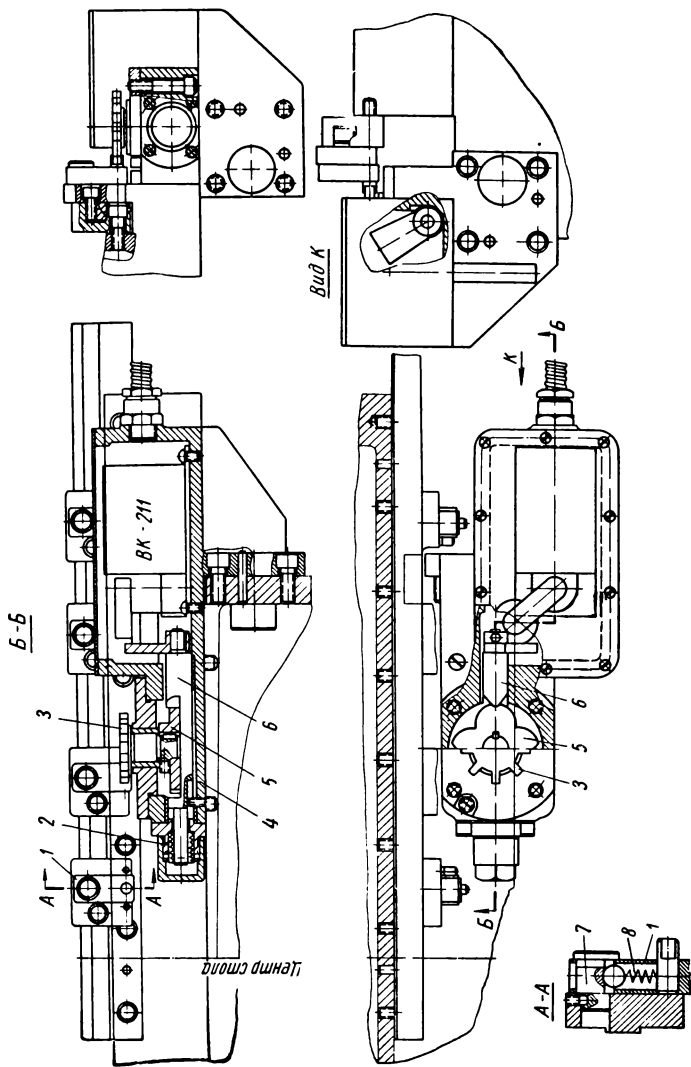


Рис. 183. Общий вид командопарага зажимного приспособления

метр 10 с устройством 11 для его выключения и маслоуказатель 6. Сверху бака находится отверстие для заливки масла, закрытое пробкой 4, и фильтр 5. Снизу имеется отверстие для спуска масла, закрытое пробкой 7. Сбоку бака имеется отсек 9, в котором монтируется электроаппаратура управления работой грузочного устройства.

На рис. 185 показано магазинное устройство для загрузки цилиндрических деталей диаметром от 12 до 36 мм. Магазинное

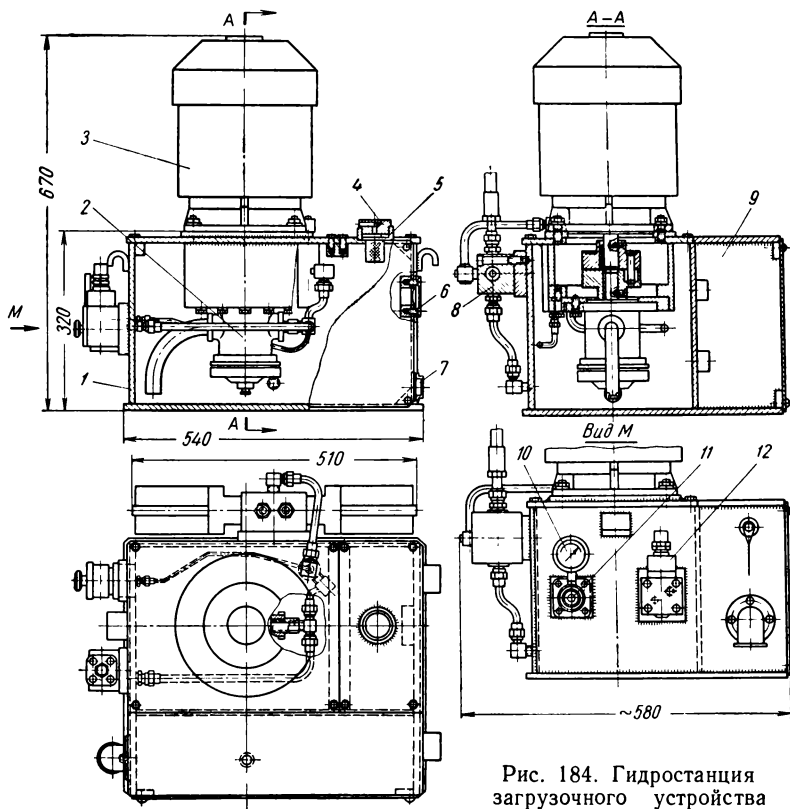


Рис. 184. Гидростанция грузочного устройства

устройство крепят на кронштейне 1, который, в свою очередь, монтируют на хоботе станка и закрепляют на нем при помощи сухаря 15, планки 14, шпильки 10 и гайки. Магазинное устройство может перемещаться относительно кронштейна в вертикальной плоскости, что необходимо для установки его по высоте, последняя производится винтом 16 при ослабленных винтах, крепящих магазинное устройство к кронштейну.

Лоток магазинного устройства состоит из двух призм 5 и 12. Призма 12 перемещается относительно призмы 5 при помощи

винта 13 при наладке на диаметр заготовок. Внизу магазинного устройства расположен отсекатель, состоящий из штыря 7, планки 9 и пружины 8.

Для контроля высоты установки детали в приспособлении служит винт 3, закрепленный в рычаге 2. Если деталь не оперлась на штыри подвижной губки, то при движении стола она нажмет на винт 3, который отрегулирован на требуемую высоту

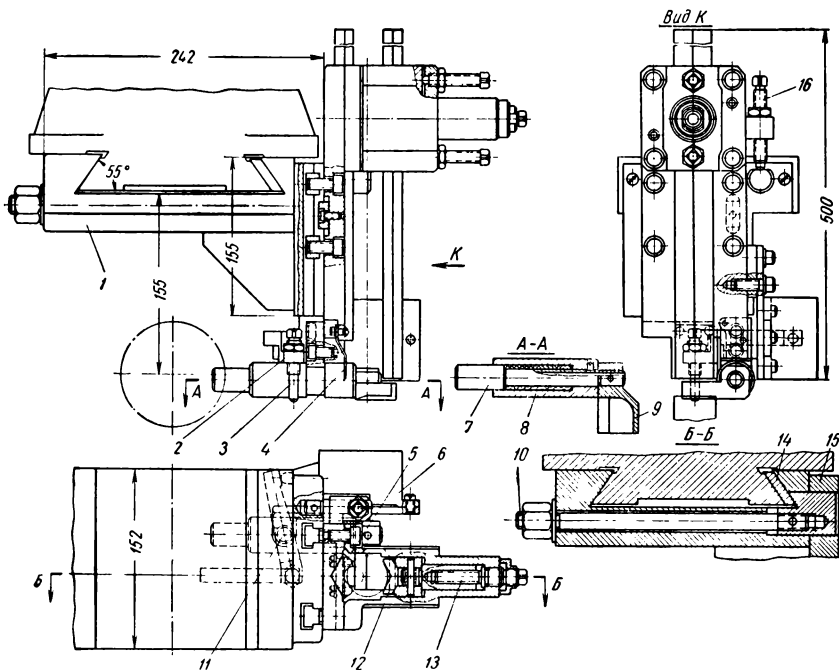


Рис. 185. Магазинное устройство для загрузки цилиндрических заготовок диаметром от 12 до 36 мм

установки детали, и рычаг 2, поворачиваясь на оси 11, воздействует на конечный выключатель 6 (ВК-411), давая команду на выключение подачи стола станка.

Машинное устройство работает следующим образом. Рабочий вручную укладывает заготовки между призмами 5 и 12. При подходе стола в положение «под загрузку» винт 31 (см. рис. 181) зажимного приспособления нажимает на штырь 7, открывая тем самым магазин. Деталь под действием собственного веса проваливается вниз и устанавливается между губками зажимного приспособления. В начале движения стола влево деталь зажимается в приспособлении, а оставшиеся в магазине детали отсекаются планкой 9 отсекателя.

Для предотвращения поломки магазина в случае, если деталь не опустилась на полную глубину в приспособление, имеется пластинчатая пружина 4, которая является как бы продолжением призмы 5. Застрявшая деталь отжимает пружину и затем нажимает на винт 3.

Перед установкой загрузочного устройства на станке мод. 6Н82Г для осуществления требуемого автоматического цикла работы была изменена электрическая схема станка. Обычно электрическая схема станка не допускала остановки стола «под загрузку» при действии станка в автоматическом цикле, кроме того, реверс стола был возможен только при переключении с рабочей подачи на быструю.

Требующийся автоматический цикл работы станка включает остановку, быстрый подвод, рабочую подачу, реверсирование, быстрый отвод, остановку.

Электрическая схема станка мод. 6Н82Г показана на рис. 186. (В штриховых рамках изображены дополнительные цепи управления, необходимые для работы станка с загрузочным устройством.)

Для осуществления требуемого цикла работы станка и обеспечения необходимой выдержки времени при остановке стола «под загрузкой» (2—3 сек) в цепь управления введено реле времени *PВ-10*, подключаемое в схему управления при помощи переключателя *ПУ*. Электродвигатель гидропривода *Г* включается вместе с электродвигателем шпинделя *Ш*. Выключателем *ВГ* можно отключить электродвигатель *Г*.

Реверсирование стола станка осуществляется нормальными реверсирующими кулачками, поставляемыми со станком. Начало движения влево дается столу рукояткой командоаппарата станка *1КА*. При этом осуществляется быстрый подвод стола с заготовкой под фрезу. Далее при помощи звездочки *ЗКА* командоаппарата станка контактор *ПБ* выключается, а с ним выключается и электромагнит *ЭБ* быстрого хода стола. Происходят рабочая подача стола и фрезерование заготовки.

Для осуществления реверса стол при своем движении переводит рукоятку *1КА* командоаппарата из положения «Влево» в положение «Вправо». Контакт *ПЛ* выключается, включается контактор *ПП*. Одновременно через контактор *ПП* включаются электромагнит *ЭБ* и реле времени *PВ*. Стол быстро отводится в исходное положение. На пути быстрого отвода одним упором переключается конечный выключатель *1КВ* командоаппарата приспособления, который выключает электромагнит *ЭП* и включает электромагнит *ЭО* золотника управления, при этом обрабатываемая деталь освобождается. Затем упором выключается электромагнит *ЭО* и включается электромагнит *ЭП*, губки приспособления сходятся и в таком положении приспособление подходит «под загрузку».

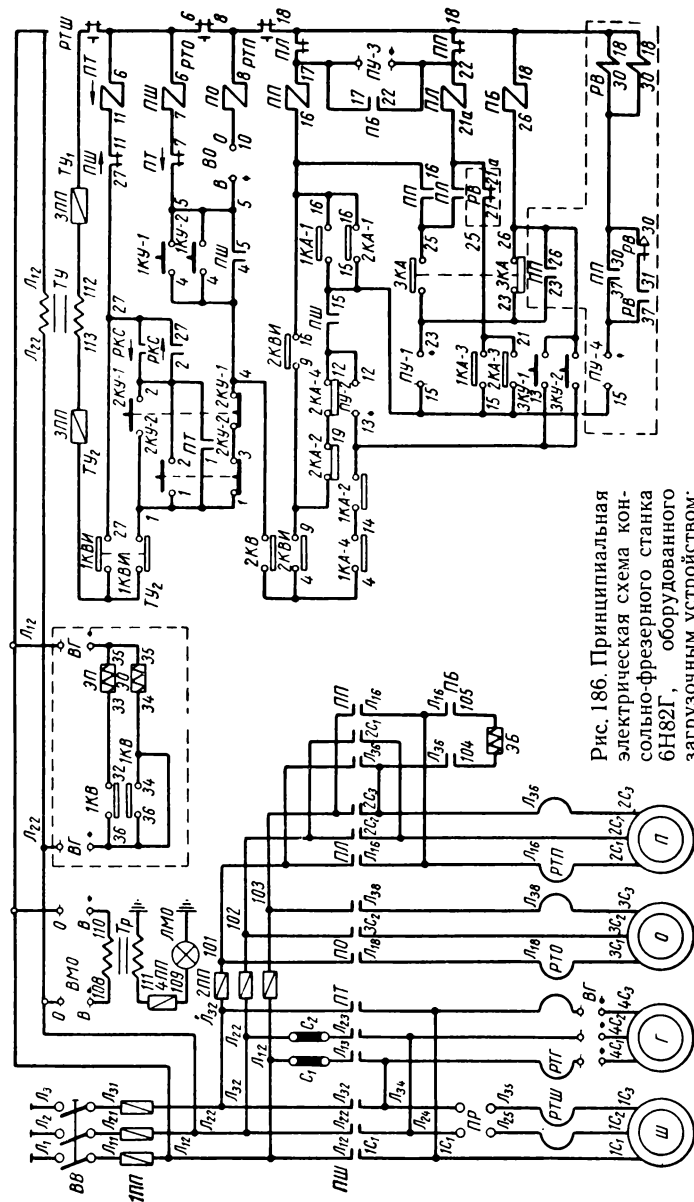


Рис. 186. Принципиальная электрическая схема кон- сольно-фрезерного станка 6Н82Т, оборудованного звукоуловителем.

ПШ — реверсивный пускатель электродвигателя; ПТ — реверсивный пускатель «работы» и «тормоз»; ПП, ПЛ — реверсивный пускатель электродвигателя подачи «вправо» и «влево»; ПО — пускатель насоса; ЭБ — электромагнит быстрого хода; РТ — телловое реле электродвигателя; ИПП — 4ПП — плавкие предохранители; ПУ — переключатель управления; ПР — переключатель реверсивный; IKA — командоаппарат продольной подачи стола; 2KA — командоаппарат поперечной и вертикальной подачи стола; 3KA — командоаппарат быстрого хода стола; IKY-1 — кнопки «Пуск», «Быстро» на станке; IKY-2 — 3KY-2 — кнопки «Пуск», «Стоп» и «Быстро» на консоли; IKB — выключатель электронасоса; IKA-1 — конечный выключатель при переключении скорости; 2КВИ — конечный выключатель импульса при переключении скорости; ВМО — включатель местного освещения; ЛМО — лампа местного освещения; С.С. — сопротивление тормоза; РКС — реле контроля скорости; Т.У. — трансформатор цепи управления; ЭП — ЭО — электромагниты подвода и отвода каретки выключателя для подвода и отвода каретки звукоуловителя; 2КВ — конечный выключатель гидропривода; РВ — реле времени; ВН — выключатель гидропривода; Ш — электродвигатель вращения шпинделя; Г — электродвигатель системы охлаждения; П — электродвигатель подачи

При быстром отводе стола звездочка командоаппарата станка должна быть переключена реверсирующим кулачком с быстрой подачи на рабочую. Но так как контактор *ПБ* заблокирован блоком-контактом контактора *ПП*, то стол будет двигаться ускоренно до исходного положения. Вернувшись в исходное положение (под загрузку), стол останавливается.

В это время реле времени *РВ*, отсчитав требуемое время, выключается своим нормально-закрытым контактом в точках 21—21а, включает контактор *ПЛ*, и новый цикл автоматически повторяется.

Если при загрузке станка заготовка зажата неправильно, то при быстром подводе стола к фрезе нажимается конечный выключатель *2КВ* и при этом выключается подача стола станка.

В остальном электросхема станка осталась без изменений.

Техническая характеристика загрузочного действия

Наибольшие размеры обрабатываемых действий:	
цилиндрических (диаметр и высота) в мм	45×60
прямоугольных (длина × ширина × высота) в мм	60×45×60
Регулируемая сила зажима в кг	До 4000
Давление в гидросети в кг/см ²	» 50
Ход зажимной каретки в мм	60
Время зажима, разжима и выбрасывания детали в сек	1—2
Мощность электродвигателя гидропривода в квт	1,7
Габаритные размеры зажимного приспособления (длина × ширина × высота) в мм	675×536×125
Вес загрузочного устройства в кг	83

При наладке загрузочного устройства необходимо заменить сменные губки зажимного приспособления в соответствии с конфигурацией и размерами обрабатываемых заготовок, заменить магазин или сменные призмы или отрегулировать расстояние между призмами магазина, установить кулачки управления циклом работы станка и приспособления в соответствии с требуемыми величинами быстрых и рабочих перемещений стола.

Длительная эксплуатация загрузочного устройства, установленного на станке мод. 6Н82Г на Московском заводе приспособлений, показала его надежность в работе. Внедрение загрузочного устройства полностью высвободило одного рабочего, дало возможность ввести многостаночное обслуживание, увеличило производительность станка на 54%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аврутин С. В. Плакаты «Фрезерное дело». Высшая школа. 1967.
2. Ананьин С. Г., Ачеркан Н. С., Богуславский Б. Л. и др. Металлорежущие станки. М., Машгиз, 1958.
3. Коробейников В. Г., Тетелютин Ю. А. и др. Автоматизация универсальных металлорежущих станков. М., Машгиз, 1960.

4. Кудряшов А. А. Металлорежущие станки для инструментального производства. М., Машгиз, 1961
 5. Малов А. Н. Механизация и автоматизация универсальных металлорежущих станков. М., Машгиз, 1961.
 6. Модернизация консольно-фрезерных станков. Руководящие материалы под ред. А. Е. Прокоповича. М., Машгиз, 1957.
 7. Руководство к станкам 6М81Г, 6М81, 6М11 Дмитровский завод фрезерных станков, 1965.
 8. Руководство к станкам 6М82Г, 6М82, 6М12П, 6М83Г, 6М83, 6М13П и их модификаций. Горьковский завод фрезерных станков, 1961.
 9. Семенов Е. С. Автоматизация горизонтально-фрезерного станка ТГ2. М., ВИНТИ, 1959.
 10. Средства механизации производственных процессов. Вып. 2, стр. 9, статья В. Л. Коссовского «Загрузочное устройство к консольно-фрезерным станкам». М., Цитеин, 1960.
 11. Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. 9, стр. 397. Станки фрезерной группы. М., Машгиз, 1948.
 12. Кинокурс «Фрезерные станки» Киевская студия научно-популярных фильмов, 1961 и 1962.
 13. Гаурнег G. Fräsmaschinen, VEB Verlag Technik, Berlin, 1961.
 14. Дгäбек Fr. Frézování, SNTL, Praha, 1961.
-

ГЛАВА VII

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММНОМ УПРАВЛЕНИИ ФРЕЗЕРНЫМИ СТАНКАМИ

1. ПРИНЦИПЫ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Понятие о программном управлении станками

Сущность программного управления заключается в том, что управление рабочими органами станка в процессе обработки происходит автоматически в заданной последовательности без участия человека, по заранее разработанной программе. За рабочим остаются только функции наладки и подналадки станка и общего наблюдения за его работой.

Программа работы станка может быть задана:

а) кулачками, путевыми и конечными выключателями, как это имеет место в автоматизации цикла перемещений стола, или при помощи предварительного (преселективного) набора последовательности необходимых автоматических перемещений при помощи установки штеккеров в соответствующие гнезда, переключения тумблеров или нажима кнопок на панели программного управления, которые заранее устанавливают любую очередность срабатывания элементов, входящих в цикл программы, воздействуют на шаговые искатели и включают соответствующие реверсивные электродвигатели подачи через магнитные муфты;

б) копирами, как это имеет место в копировальных приспособлениях и копировально-фрезерных станках;

в) магнитной лентой;

г) перфорированными карточками и лентами.

Системы программного управления станками

Системы, с помощью которых осуществляется автоматическое программное управление движениями рабочих органов станков в процессе обработки, можно разделить на две группы.

К первой группе относятся системы разомкнутого управления (рис. 187, а). *Задающее звено 1* является носи-

телем или хранителем программы; оно может быть копром в копировально-фрезерном приспособлении, кулачком, переставляемым по пазу стола станка, и т. д. Задающее звено при помощи *передающего звена 2* сообщает *исполнительным органам 3* станка требуемые движения. Передаточным звеном в копировально-фрезерных приспособлениях является ролик, обкатывающийся по копиру; передаточным звеном в системе управления автоматическим циклом перемещений стола фрезерного станка является рукоятка управления продольными перемещениями стола. Исполнительным органом в копировально-фрезерном приспособлении является шпиндель фрезы; в системе управления автоматическими циклами перемещений стола — соответствующие электродвигатели быстрых и рабочих подач стола и т. д.

Ко второй группе относятся системы замкнутого управления (рис. 187, б). В системе замкнутого управления имеется измерительное устройство, которое непрерывно или периодически определяет действительное положение исполнительного органа станка. Как только возникнет отклонение действительного положения исполнительного органа от того положения, которое он должен был бы иметь согласно программе, измерительное устройство дает сигнал в виде электрического импульса по так называемой цепи *обратной связи 4*, устраняющей это отклонение, которое принято называть *рассогласованием*. При системах замкнутого управления исключается влияние ряда факторов, вызывающих неточности положения исполнительного органа, а следовательно, неточность обработки.

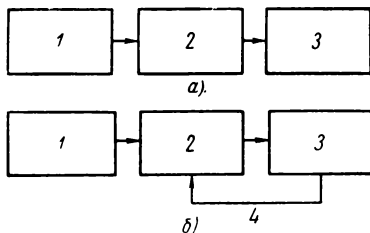


Рис. 187. Схемы систем управления:

а — разомкнутого; б — замкнутого;
 1 — задающее звено; 2 — передающее звено; 3 — исполнительный орган;
 4 — обратная связь

2. СТАНКИ С ПРЕСЕКТИВНЫМ НАБОРОМ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Выше были рассмотрены устройства для автоматизации цикла перемещений стола, применяемые в отечественных серийных консольно-фрезерных станках, а также конструкции механизмов для автоматизации этих перемещений, рекомендуемые при модернизации фрезерных станков выпуска прежних лет. Во всех этих устройствах и механизмах программа задавалась кулачками, которые после установки в заданных местах на столе станка воздействуют на путевые и конечные выключатели и вызывают включение, переключение и выключение движений исполнительных органов и соответственно рабочие и быстрые (прямые и обратные) перемещения стола и остановку его.

Стремление автоматизировать вспомогательные операции и тем самым сократить немашинное время станка привело к созданию системы *предварительного (преселективного) набора* всех элементов и порядка работы станка (включение и выключение рабочих и быстрых подач, включение, реверсирование и остановка шпинделя, отвод фрезы от обработанной поверхности, повторение цикла или остановка) при помощи кнопок, штеккеров и тумблеров, размещенных на пульте управления станка, для обеспечения очередности переходов, и кулачков на съемных планках для установления длины перемещений.

Консольный вертикально-фрезерный станок мод. 6В13П

Отечественные машиностроительные заводы изготавливают вертикально-фрезерные станки мод. 6В13П* (рис. 188), имеющие

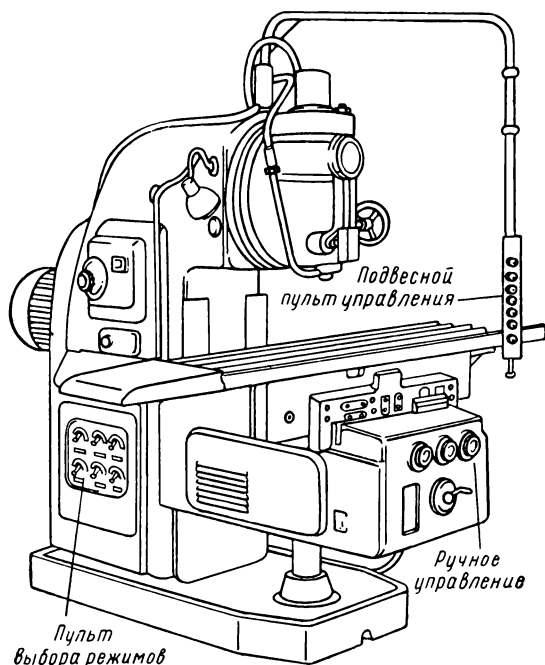


Рис. 188. Консольный вертикально-фрезерный станок с кнопочным программным управлением мод. 6В13П

кнопочное устройство на подвесном пульте, при помощи которого станок можно настроить на замкнутый маятниковый и чередующийся (скачкообразный) циклы на продольном и поперечном

* «Станки и инструмент», № 5. М., Машгиз, 1960.

ходу, а также на фрезерование замкнутых прямоугольных контуров и канавок.

Конструкция механических узлов, коробки скоростей и коробки подач аналогична базовому станку мод. 6Н13П, поэтому мы ограничимся описанием электрооборудования станка мод. 6В13П, позволяющего автоматизировать цикл работы.

В кинематическую схему станка для включения соответствующих подач и торможения шпинделя введено шесть *электромагнитных муфт*, которые питаются током 24 в от селенового выпрямителя и выключаются контактами соответствующих реле. Три электромагнитные муфты расположены на валах продольной, поперечной и вертикальной подач, две в коробке подач для включения рабочей подачи и быстрого хода, одна муфта установлена на первом валу коробки скоростей и работает в качестве тормоза шпинделя.

Электросхема станка в сочетании с кинематической позволяет вести работу в четырех режимах.

1. Нормальная работа с управлением от кнопок.

2. Работа станка на полуавтоматическом чередующемся или маятниковом цикле.

3. Полуавтоматическая работа станка при контурном прямоугольном фрезеровании в горизонтальной плоскости.

4. Фрезерование с ручным управлением.

При первом режиме управление станком ведется исключительно с пульта управления кнопками. При втором и третьем режимах кнопкой управления дается только импульс на одно из движений, а в дальнейшем идет автоматическая работа от кулачков, установленных по продольной и поперечной линейкам и действующих на соответствующие командоаппараты — кулачковые переключатели.

На рис. 189 показаны панели управления станком.

Набор программы осуществляется с пульта выбора режимов (рис. 189, а), расположенного на панели левой дверки. Имеющиеся переключатели выполняют следующие функции.

Переключатель УП1 имеет три положения: «Нормально», что соответствует первому и второму режимам; «Быстро» и «Контур рабочий», что соответствует третьему режиму (фрезерование по контуру с началом цикла при быстром движении стола или фрезерование по контуру с началом цикла при рабочей подаче стола).

Переключатель УП2 имеет два положения: «Со шпинделем», что соответствует вращению шпинделя на рабочих подачах и быстром ходе стола, и «Без шпинделя», что соответствует выключению и останову шпинделя на быстром ходе стола.

Переключатель УП3 имеет два положения: «Правое вращение фрезы» и «Левое вращение фрезы».

Переключатель УП4 имеет два положения: «Без стола», соответствующее включению электродвигателя шпинделя

без подачи стола для проверки биения инструмента при наладке и «Со столом», что соответствует включению шпинделя и подачи при всех режимах.

Для управления всеми движениями на станке смонтированы два дублированных пульта управления (рис. 189, б), каждый из

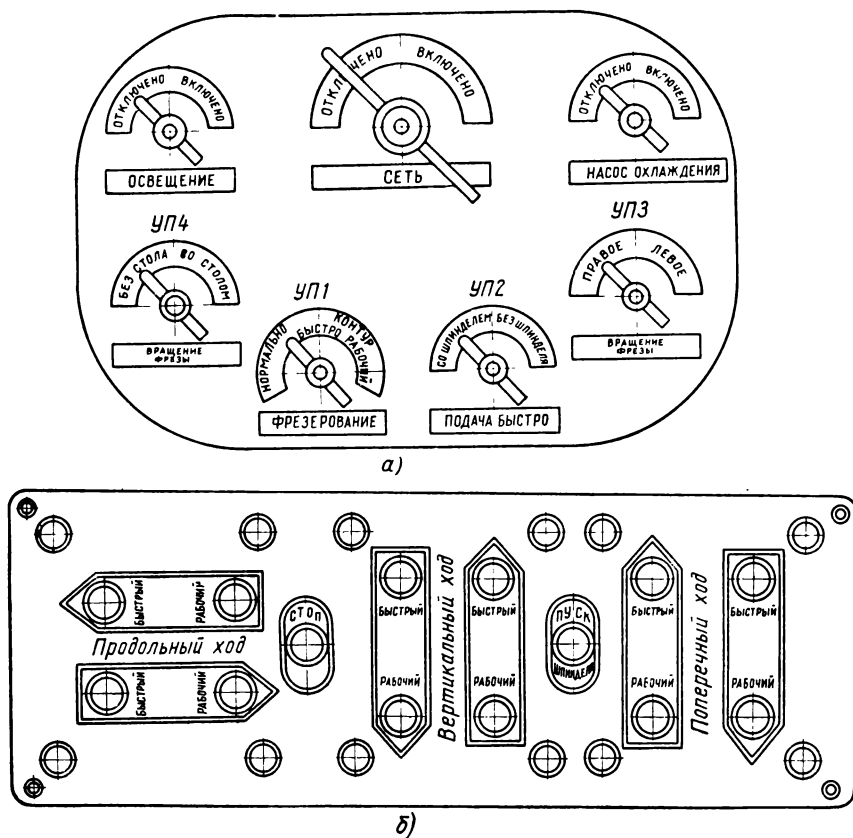


Рис. 189. Панели управления станком мод. 6В13П:

а — пульт выбора режимов; б — пульт управления

которых состоит из 12 кнопок управления, сгруппированных по три блока из четырех кнопок в каждой, одной кнопки «Стоп», отключающей все движение, и одной кнопки «Пуск шпинделя», используемой при необходимости независимого запуска электродвигателя шпинделя.

Левый блок кнопок обеспечивает продольное перемещение стола, средний — вертикальное перемещение консоли и правый — поперечное перемещение салазок. Каждый из блоков дает прямые

и обратные рабочие и быстрые перемещения. При переходе с работы одним блоком на другой необходимо предварительно нажать на кнопку «Стоп», так как схема обеспечивает работу только одной из подач. На панели пульта имеются надписи, указывающие назначение кнопок, кроме того, включению каждой из кнопок соответствует загорание светового сигнала.

При полуавтоматическом фрезеровании функции кнопок выполняют два командоаппарата (кулачковые переключатели), расположенные один на салазках и один на консоли, контакты которых замыкаются кулачками, установленными на продольной и поперечной линейках. Для предупреждения ошибочных действий рабочего при контурном фрезеровании предусмотрена блокировка, допускающая включение подачи в начале цикла только в одном необходимом по условиям работы направлении («Рабочий вправо», «Быстрый вправо»), после чего все кнопки управления блокируются до завершения фрезерования по заданному контуру.

Для работы с режимом ручного управления на консоли имеются три шестигранника: слева — для продольного перемещения стола, в центре — для вертикального и справа — для поперечного. Шестигранники скрыты в лимбах для безопасности работы. Рукоятка ручных перемещений имеет специальное устройство, благодаря которому при вставленной рукоятке отключается то механическое перемещение стола, на шестигранник которого насажена рукоятка. Это движение может быть включено лишь после того, как рукоятка будет снята. Для того чтобы рукоятка не могла соскользнуть во время работы станка, в нее вмонтирован шариковый стопор.

На станке можно обрабатывать криволинейные поверхности, для чего надо включить одну из подач от кнопок, а другую осуществлять одновременно от рукоятки.

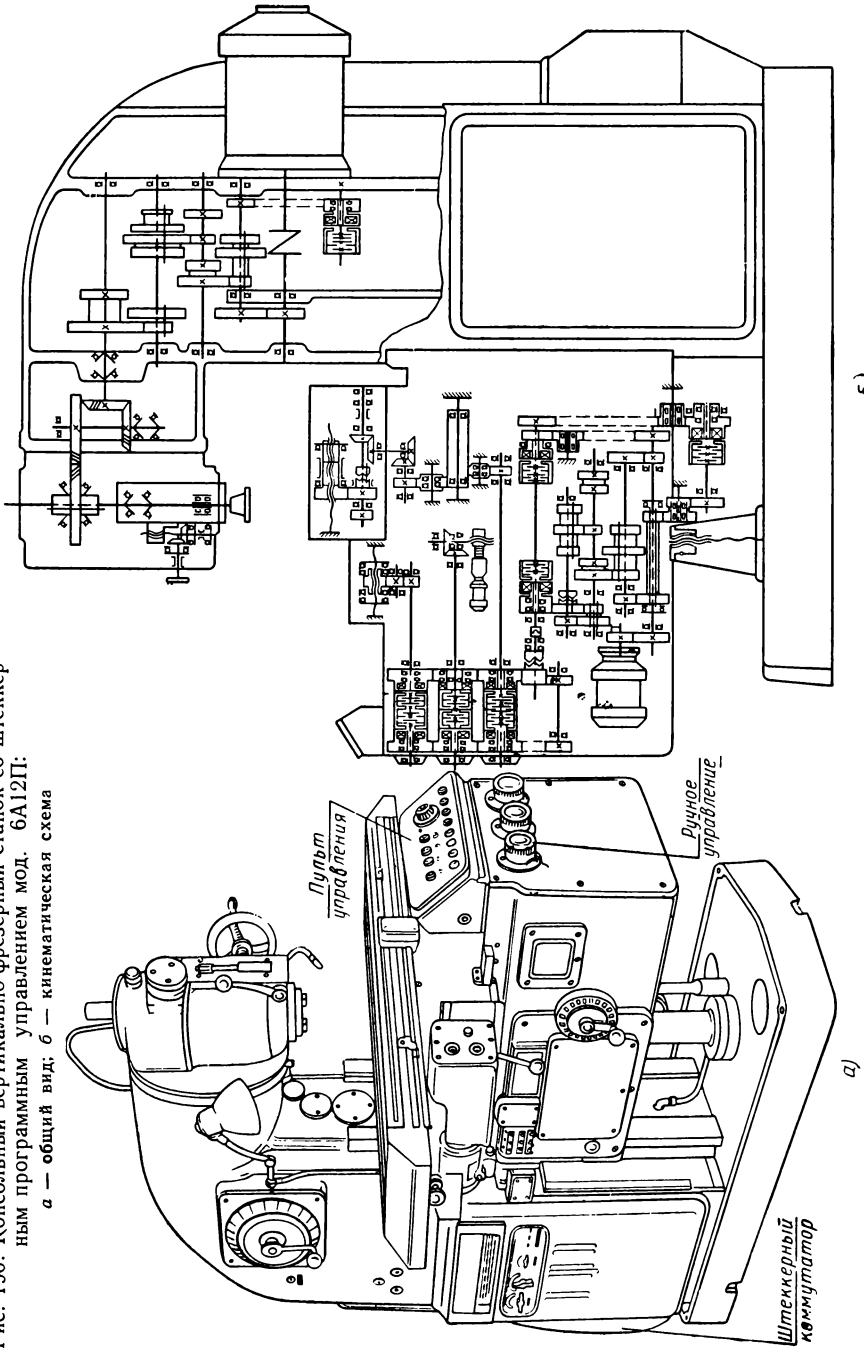
Программирование работы на станке мод. 6В13П производится следующим образом. При помощи переключателей УП1—УП4 предварительно выбирают режим работы, например нормальное фрезерование УП1, без вращения шпинделя при быстром ходе УП2, правое вращение фрезы УП3 с движением стола при вращении фрезы УП4. После предварительного выбора режима управление станком производится или при помощи кнопок, или концевыми переключателями по кулачкам, прилагаемым к станку и устанавливаемым на продольных и поперечных планках.

Консольный вертикально-фрезерный станок с штеккерным программным управлением 6А12П

В настоящее время отечественной промышленностью серийно выпускается консольный вертикально-фрезерный станок 6А12П с штеккерным программным управлением (рис. 190).

Рис. 190. Консольный вертикально-фрезерный станок со штеккерным программным управлением мод. 6А12П:

а — общий вид; б — кинематическая схема



Система управления состоит из трех следующих узлов: устройства ввода программы, промежуточных электрических устройств и исполнительных устройств, обеспечивающих непосредственное исполнение команд.

Ввод программы осуществляется с помощью штеккерного коммутатора, расположенного непосредственно на станке. Программируемые элементы работы: направление перемещения; тип перемещения — быстрая (установочная), рабочая и медленная (ползучая) подачи; последовательность переходов; автоматический отвод фрезы от обработанной поверхности; повторение

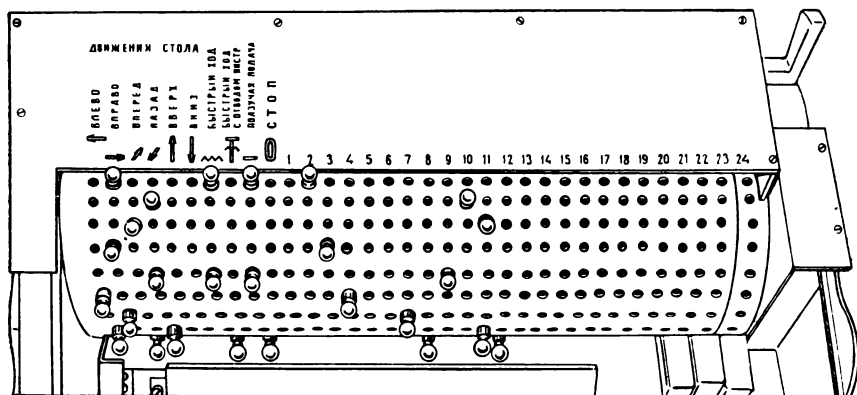


Рис. 191. Штеккерный коммутатор станка 6А12П

программы или остановка. Для ограничения перемещений исполнительных органов применяют электрические путевые датчики, на которые воздействуют переставные кулачки, по типу применяемых для управления циклом стола на консольно-фрезерных станках серии М. Исполнительным звеном системы являются быстродействующие электромагнитные муфты.

Штеккерный коммутатор (рис. 191) выполнен в виде барабана, на котором при помощи штеккеров набирается программа. Считывание программы с барабана осуществляется путем замыкания штеккерами соответствующих контактов, расположенных над барабаном. Барабан представляет собой пустотелую трубу, на которой имеется 26 рядов гнезд (по 34 гнезда в каждом ряду).

Над барабаном крепится панель, на которой над 10 гнездами символами обозначены шесть направлений движения стола (влево, вправо, вперед, назад, вверх, вниз), быстрый ход с автоматическим отводом фрезы от обработанной поверхности или без него, замедленная (ползучая) подача перед началом рабочей подачи и ввод в действие конечного выключателя (стоп). Таким образом, первые

10 гнезд предназначены для программирования последовательности выполнения этапов обработки.

Остальные 24 гнезда каждого ряда пронумерованы порядковыми цифрами 1—24 соответственно числу переходов, допускаемых в этом станке¹ и включающих в действие штеккером любой из 24 конечных выключателей.

Поворот барабана на один шаг производится через храповой механизм при каждом срабатывании электромагнита от команды, подаваемой кулачком, установленным в пазу стола или консоли конечного выключателя.

Процесс программирования сводится к соответствующей расстановке штеккеров в гнездах коммутаторного барабана и кулачков на соответствующих прорезях стола. Ограничение заданных команд, т. е. получение необходимого размера обрабатываемой детали, осуществляется путевыми датчиками, имеющими открытые контакты, два из которых являются конечными выключателями, остальные используются для работы по программе. Контроль правильности расстановки кулачков и точная их настройка производятся в процессе обработки первой детали и осуществляются по световым табло кнопочной станции, которые загораются, когда кулачки занимают положение, соответствующее моменту переключения.

Промежуточные электрические устройства представляют систему реле, управляющих исполнительными устройствами в зависимости от того, в какие гнезда вставлены штеккеры, и включающих тем самым ту или иную электромагнитную муфту, которых в станке имеется 10.

Привод шпинделя осуществляется от фланцевого электродвигателя мощностью 4,5 *квт* через упругую соединительную муфту, восемнадцатиступенчатую коробку скоростей с диапазоном 40—2000 *об/мин* и зубчатую передачу. Торможение шпинделя осуществляется электромагнитной муфтой (время торможения 2—4 *сек*).

Привод подачи осуществляется от фланцевого электродвигателя мощностью 1 *квт* через восемнадцатиступенчатую коробку подач на шесть ведущих зубчатых колес электромагнитных муфт, попарно сидящих на трех горизонтальных валах консоли. При включении одной из шести электромагнитных муфт на любом из трех валов вращение передается через зубчатую передачу механизма на продольную поперечную или вертикальную рабочие подачи.

Быстрое перемещение стола, салазок и консоли осуществляется через укороченную кинематическую цепь при включении электро-

¹ В станках 6Л12П и 6Л82Г этого же завода возможно только 10 переходов. Система программного управления этими станками описана в журнале «Станки и инструмент», № 5, за 1966 г.

магнитной муфты быстрого перемещения. Замедленное перемещение стола, салазок и консоли также осуществляется через независимую цепь при включении электромагнитной муфты замедленного хода. Муфты рабочих подач, быстрого хода и замедленной подачи смонтированы в коробке подач (рис. 190, б).

Механизм опускания и подъема стола и устройство для выборки зазора в ходовой паре при фрезеровании по подаче выполнены аналогично механизмам, имеющимся в станках 6Л12П и 6Л182П. Конструкция этого механизма описана в журнале «Станки и инструмент», № 4 от 1963 г.

Система автоматики предусматривает возможность работы станка в неавтоматическом режиме с применением кнопочного управления. Кнопки расположены на пульте и могут включать рабочую подачу, быстрый ход и ползучую подачу одновременно по двум и трем направлениям. Назначение каждой кнопки указано соответствующим символом на световых табло, сигнализирующих о том, какое из движений включено в данный момент. Переключателем цепей управления устанавливается один из пяти режимов станка: «кнопочное управление I», «кнопочное управление II», «настройка программы», «работа по программе» и «работа по программе с повторением».

При работе в режиме «кнопочное управление I» вращение шпинделя включается при нажатии на кнопку «Подача», а при последующем нажатии на кнопки направления движения стол перемещается в выбранном направлении. Работа в режиме «кнопочное управление II» отличается от работы в режиме «кнопочное управление I» тем, что перемещение стола происходит только во время нажатия кнопки направлений движения и прекращается при их освобождении. Процесс управления станком при этом заключается в последовательном или одновременном нажатии на кнопки в различных сочетаниях.

Режим «настройка программы» используется для расстановки кулачков и проверки выбранной программы на каждом этапе.

На рис. 192 показаны простейшие прямоугольные циклы обработки деталей по программе, возможные к выполнению на данном станке.

Фрезерные станки фирмы Ф. Вернер

На рис. 193 показан консольный вертикально-фрезерный станок мод. FV2D с размерами стола 450×1800 мм; одна из гамм, состоящая из десяти различных моделей с размерами стола от 300×1000 до 600×2500 мм, выпускаемых фирмой Ф. Вернер. Этот станок снабжен щтеккерным программирующим устройством, позволяющим набирать нажимом 15 кнопок на командном пульте любую из 12 различных последовательностей автоматических перемещений стола в продольном, поперечном и вертикальном

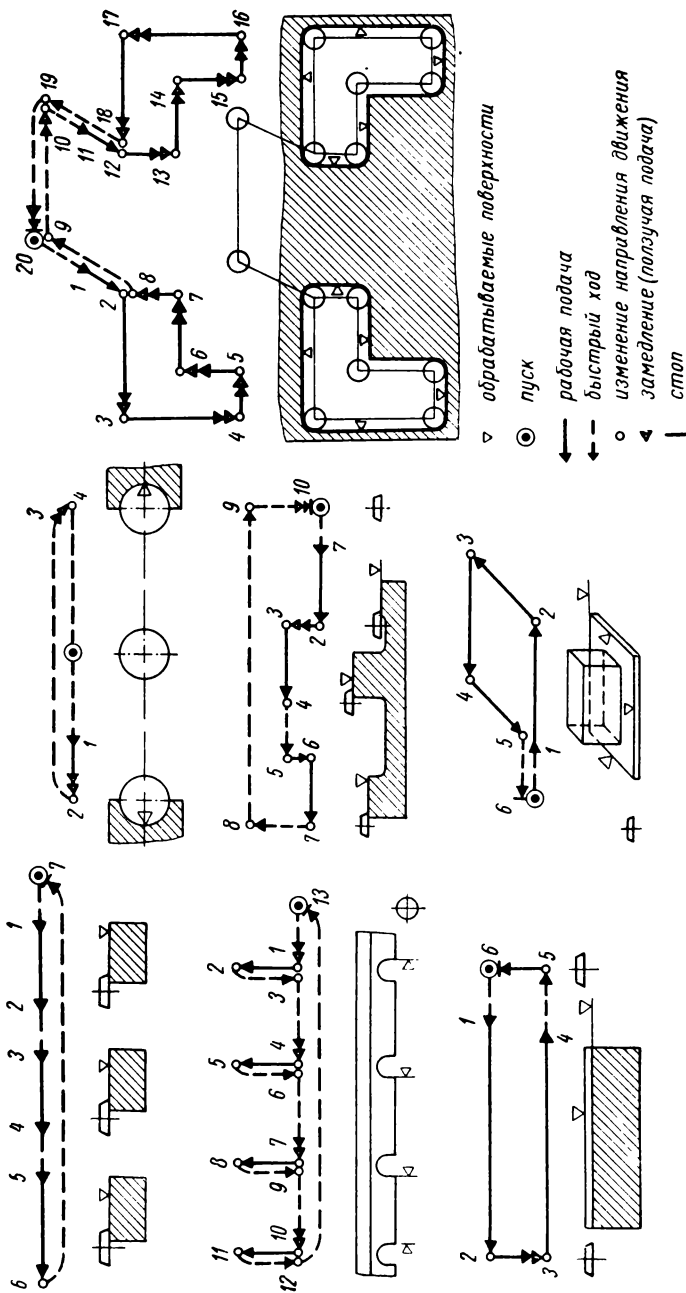


Рис. 192. Простейшие прямоугольные циклы обработки деталей, возможные на станке 6A12П: 1 — обработка трех деталей по чередующемуся циклу; 2 — обработка по маятниковому циклу; 3 — фрезерование ряда последовательно расположенных гнезд; 4 — обработка трех разновысоких поверхностей; 5 — обработка в два перехода; 6 — обработка по замкнутому наружному контуру; 7 — обработка детали сложного контура

направлениях с повторением в случае необходимости выбранной программы без вмешательства рабочего.

Командный пульт размещен на передней стенке электрошкафа (см. рис. 193), расположенного слева от станка. Этот пульт изображен отдельно на рис. 194, а. На нем имеется программирующая панель, на которой расположены 12 вертикальных рядов, соответствующих 12 последовательностям (переходам) с 15 кнопками в каждом ряду. Каждая из 15 кнопок горизонтального ряда управляет определенным движением. Так, кнопки

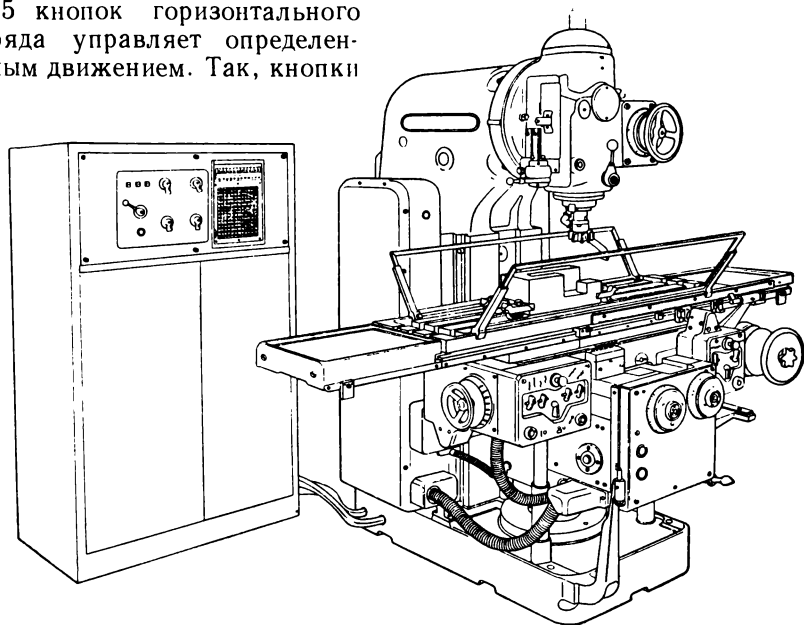


Рис. 193. Консольный вертикально-фрезерный станок мод. фирмы Ф. Вернер

ряда 1 при нажатии включают вращение шпинделя (при вторичном нажатии кнопки вращение шпинделя выключается); кнопки рядов 2 и 3 включают быстрый продольный ход влево и соответственно вправо; кнопки рядов 4 и 5 — рабочую продольную подачу влево и вправо, кнопки 6, 7, 8 и 9 — аналогично поперечную подачу на себя и от себя; кнопки рядов 10, 11, 12 и 13 — аналогично вертикальную подачу вниз и вверх; нажатие кнопки 14 прерывает выполнение программы в любом месте, что применяется при наладке станка; кнопки ряда 15 отключают станок по окончании цикла (если программа содержит все 12 переходов, то релейная связь вернет станок к выполнению операции сначала, если кнопка 15 не будет нажата).

Над программирующей панелью имеются сигнальные лампы в прямоугольном обрамлении с последовательной нумерацией

переходов. В течение автоматического цикла работы эти лампочки показывают выполняемый переход данной операции.

В станках других моделей программирующая панель может иметь до 20 последовательностей (переходов), т. е. 20 вертикальных рядов; на командном пульте можно смонтировать четыре такие панели и таким образом выполнять за установку заготовки до 80 фрезерных переходов.

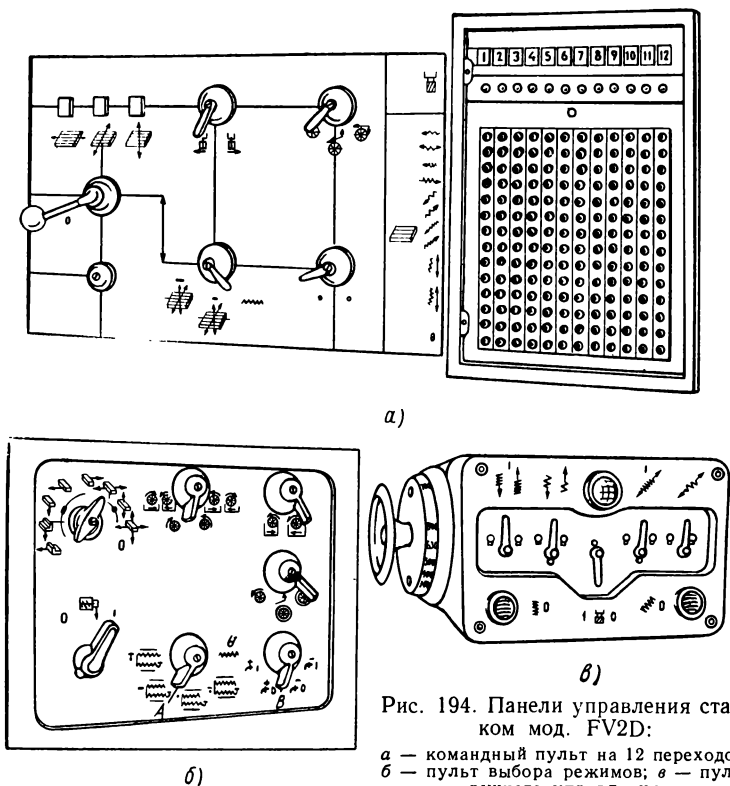


Рис. 194. Панели управления станком мод. FV2D:

а — командный пульт на 12 переходов;
 б — пульт выбора режимов; в — пульт ручного управления

Кроме программирующей панели, на командном пульте (рис. 193) смонтирована главная панель, в которой имеются общий выключатель станка в сеть, селекторные лимбы направления и скорости вращения шпинделя станка, а также величин подач и выключатель системы охлаждения.

Выбор режима программы производится преселективно на пульте режима (рис. 194, б). Поворотом кнопок А и В можно получить 16 различных циклов работы с автоматической делительной головкой. Пульт ручного управления, изображенный на рис. 194, в, расположен на консоли станка и снабжен

лимбом набора величин подач, кнопками включения рабочих подач или быстрого хода и тумблерами включения и реверсирования каждого из трех перемещений стола, салазок и консоли.

Особенность программного управления станками этой модели заключается в том, что заданная последовательность относительных перемещений заготовки и инструмента с заранее установлен-

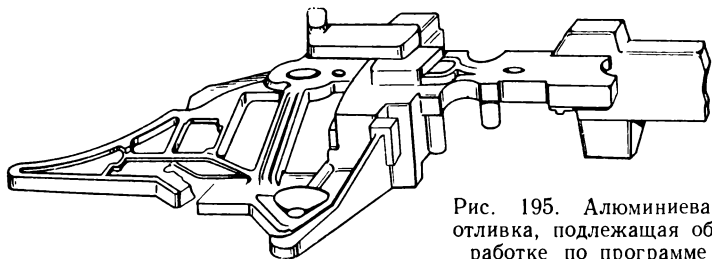


Рис. 195. Алюминиевая отливка, подлежащая обработке по программе

ными скоростями и подачами как бы «записывается» на панели включением соответствующих кнопок. Длина хода в каждом из трех направлений движения стола определяется положением передвижных кулачков на столе, консоли и салазок. Расположение включенных кнопок на программирующей панели может

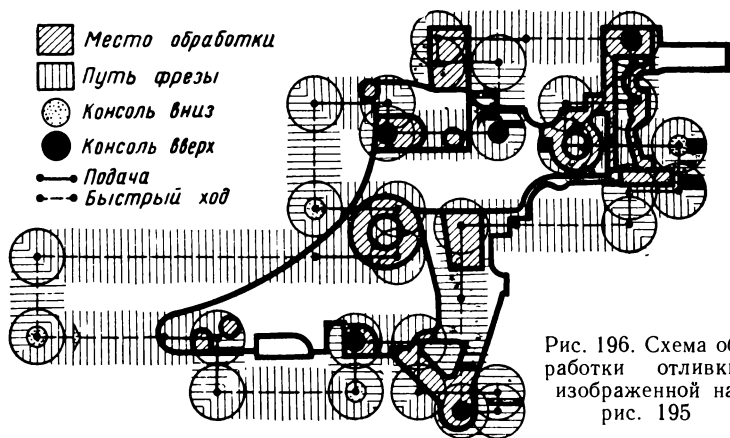


Рис. 196. Схема обработки отливки, изображенной на рис. 195

быть перенесено на шаблон, а положение кулачков зафиксировано на планках. Храня эти шаблоны и планки на складе, можно в любой момент быстро восстановить всю наладку при повторном заказе на обработку определенных заготовок, что весьма важно при серийном производстве.

На рис. 196 приведена схема обработки сложной алюминиевой отливки под давлением, изображенной на рис. 195. Обработка производится по программе, записанной на трех панелях, каждая

из которых имеет 20 вертикальных рядов, т. е. при 60 переходах. Время обработки составляет 3—4 мин вместо 12 мин при работе с ручным управлением¹

3. КОПИРОВАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Общие определения

Развитие конструкции копировально-фрезерных станков идет по трем основным направлениям.

1. Создание универсальных копировально-фрезерных станков, предназначенных для обработки всевозможных деталей сложной формы: кулачков, штампов, пресс-форм и т. п.

2. Создание специальных копировально-фрезерных станков, предназначенных для обработки определенных видов деталей, например, гребных винтов, лопаток турбин, самолетных узлов и т. п.

3. Оснащение универсально-фрезерных станков органически встроенными копировальными системами, что позволяет, помимо обычных универсальных фрезерных работ, производить на них обработку сложных деталей методом копирования.

Кроме того, создаются копировальные устройства, которые пристраиваются к универсальным станкам и обеспечивают выполнение на них копировальных работ.

По характеру обрабатываемых деталей различают копировально-фрезерные станки для обработки плоских криволинейных поверхностей (*контурное фрезерование*) и для обработки объемных поверхностей или рельефов (*объемное фрезерование*). Как и все станки с программным управлением, копировально-фрезерные станки имеют *задающее звено* (копир, шаблон, модель, эталонную деталь, чертеж), которое является носителем или хранителем программы и связано через *передающее* (копировальное) *звено* (щуп, копировальный палец, копировальный ролик, фотоэлемент и т. д.) с *исполнительным органом*, который несет режущий инструмент.

В соответствии с двумя группами систем (разомкнутые и замкнутые) программного управления существуют две принципиальные схемы работы копировально-фрезерных станков: *без следящей системы и со следящей системой*.

В станках без следящей системы согласование взаимного положения щупа (копировального пальца или ролика) и режущего инструмента осуществляется с помощью *жесткой связи* между задающим звеном и исполнительным органом.

¹ «Экспресс-информация» ВНИТИ. Серия «Станкостроение», № 17, 1960.

На рис. 197, а показана принципиальная схема копировально-фрезерного станка без следящей системы. Перемещение копировального шпинделя (головки) 1 производится в двух взаимно перпендикулярных направлениях при помощи приводов 7 и 7а так, что щуп (копировальный палец), жестко закрепленный в копировальной головке, постоянно находится в контакте с копиром 5. Приводы 7 и 7а могут быть ручными и механическими. Привод 7 может также осуществляться от нажима копира 5. Перемещение копировальной головки 1 передается шпиндельной головке 2 при помощи жесткой связи, обозначенной на рис. 197, а

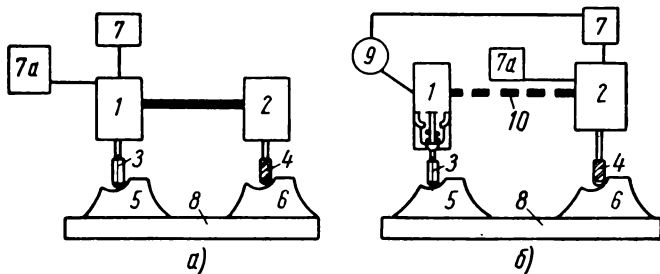


Рис. 197. Основные схемы копировально-фрезерных станков:
а — без следящей системы; б — со следящей системой

жирной линией, или непосредственно. Режущий инструмент 4 обрабатывает заготовку 6, расположенную, как и копир 5, на столе 8 станка.

На рис. 197, б приведена принципиальная схема копировально-фрезерного станка со следящей системой. Копировальный шпиндель крепится в корпусе 1 копировальной головки шарнирно. Нижний конец этого шпинделя несет щуп 3, верхний конец перемещает подвижную часть чувствительного элемента головки (электрические контакты, якорек индуктивных катушек, гидравлические золотники и т. п.). Чувствительный элемент копировальных головок построен так, что, когда щуп 3 (под давлением копира 5, с одной стороны, и под действием пружины копиравальной головки—с другой) устанавливается в некоторую среднюю позицию, его положение согласовано с положением режущего инструмента 4, и привод 7 останавливается. Отклонение щупа от этого положения характеризует появление так называемого рассогласования между положением щупа 3 на копире 5 и инструмента 4, которое вызывает подачу команды приводу 7 для ликвидации этого рассогласования. Так как изменение положения инструмента должно осуществляться при малых перемещениях щупа и слабых усилиях, на которые привод 7 не может реагировать, то применяют промежуточное усилительное устройство 9. Управление построено таким образом, что щуп 3 через усилитель-

ное устройство 9 действует на привод 7, который вызывает перемещение шпиндельной головки 2 и далее при помощи системы обратной связи 10 контролирует положение фрезы относительно шупа.

Таким образом, если шуп 3 нажимом копира 5 перемещается вверх от своего среднего положения при обработке повышающихся участков контура, то корпус копировальной головки 1 и с ним фреза 4 поднимаются кверху; если же шуп давлением пружины копировальной головки опускается ниже своего среднего положения (при обработке опускающихся участков контура), то корпус копировальной головки 1 и фреза 4 также опускаются вниз.

При такой системе управления приводом 7, осуществляющим копировальное (вертикальное) движение фрезерной головки, и при перемещении ее горизонтально от привода 7а будет автоматически происходить обработка контура, задаваемого копиром.

Копировально-фрезерные станки без следящей системы

Простейшими копировально-фрезерными станками без следящей системы являются станки, в которых передаточным звеном от копира к фрезе является шарнирный механизм, называемый *пантографом*.

Копировально-фрезерные станки с пантографом применялись раньше только для гравировальных работ и фрезерования плоских контуров. В настоящее время выпускаются копировально-фрезерные станки с пантографом, на которых можно производить также и объемное фрезерование.

На копировально-фрезерном станке мод. 6461 с пантографом (рис. 198) можно производить разнообразные копировальные работы по любым копирам, в том числе гравирование, а также обрабатывать кузнечные штампы, пресс-формы и различные рельефные детали путем объемного фрезерования. Без пантографа станок может быть использован как обычный фрезерный станок. На станине 1 жестко установлена стойка 7, которая несет ось поворота 6 пантографа. Шпиндель 5 фрезерной головки и копировальный шпиндель 14, несущий шуп, вращается в подшипниках, выполненных в плечах пантографа 9. Рычаг 10 связывает вертикальные перемещения фрезерного и копировального шпинделей. Этот рычаг направляется тремя радиальными шарикоподшипниками, расположенными в стойке 7 станка, что дает ему возможность свободно покачиваться вокруг вертикальной и горизонтальной осей и вместе с тем свободно перемещаться в продольном направлении. Таким образом, при объемном копировании оба шпинделя станка всегда будут сохранять перпендикулярность к столам. Упоры 13 предназначены для ограничения вертикального перемещения шупа.

При обработке плоского контура копировальный шпиндель 14 закрепляется в пантографе клеммой 12, при этом рычаг 10 вместе с устройством, соединяющим его со шпинделем, снимается. На

рычаге 8 устанавливается колодка, по которой скользит шип фрезерного шпинделя 5. Рабочий стол 4 и стол копира 16 имеют установочные перемещения в горизонтальном и вертикальном направлениях по направляющим станины.

Шпиндель приводится во вращение от электродвигателя мощностью $N = 0,4$ квт с $n = 1480$ об/мин, на валу которого установлен трехступенчатый шкив 19. Со шкива вращение передается

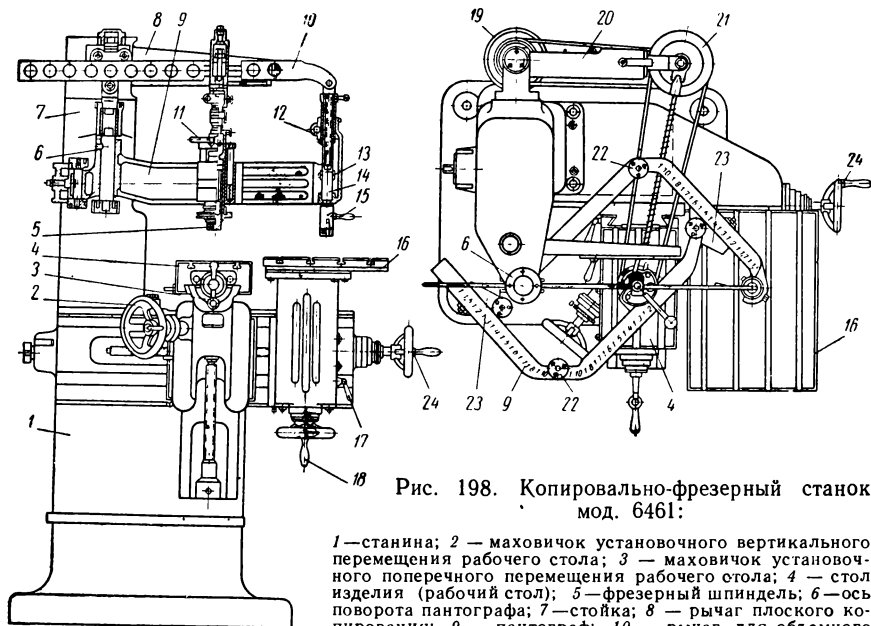


Рис. 198. Копировально-фрезерный станок мод. 6461:

1—станина; 2 — маховичок установочного вертикального перемещения рабочего стола; 3 — маховичок установочного поперечного перемещения рабочего стола; 4 — стол изделия (рабочий стол); 5 — фрезерный шпиндель; 6 — ось поворота пантографа; 7 — стойка; 8 — рычаг плоского копирования; 9 — пантограф; 10 — рычаг для объемного копирования; 11 — рукоятка быстрого подъема шпинделя; 12 — клемма для зажима втулки шупа при плоском копировании; 13 — ограничитель вертикального перемещения шупа; 14 — шпиндель шупа; 15 — ручка для обода шупа по копиру; 16 — стол копира; 17 — рукоятка для закрепления стола копира; 18 — маховичок вертикального перемещения стола копира; 19 — трехступенчатый шкив электродвигателя привода шпинделя; 20 — качающийся рычаг с устройством для натяжения ремня; 21 — промежуточный шкив; 22 — шарниры; 23 — передвижные ползушки для установки масштаба копирования; 24 — маховичок установочного продольного перемещения рабочего стола

пятиступенчатому промежуточному шкиву 21, сидящему на качающемся рычаге 20, и далее двухступенчатому шкиву фрезерного шпинделя 5. Шпиндель станка получает таким образом шесть ступеней скоростей в диапазоне 1750—9600 об/мин.

Схема пантографа станка мод. 6461 показана на рис. 199. Масштаб копирования пантографа

$$i = \frac{l_1}{l_2},$$

где l_1 — расстояние между осью шпинделя фрезы и осью вращения пантографа;

l_2 — расстояние между осью шпинделя щупа и осью вращения пантографа.

Изменение масштаба копирования достигается перемещением ползушек 23 по плечам пантографа. Для наиболее распространенных масштабов на плечах пантографа имеются соответствующие риски с цифрами. Станок мод. 6461 позволяет получить масштабы уменьшения от 1 1,5 до 1 10 (масштаб 1 1 невозможен).

Другого рода копировально-фрезерные станки без следящей системы не имеют пантографа и у них между копировальным

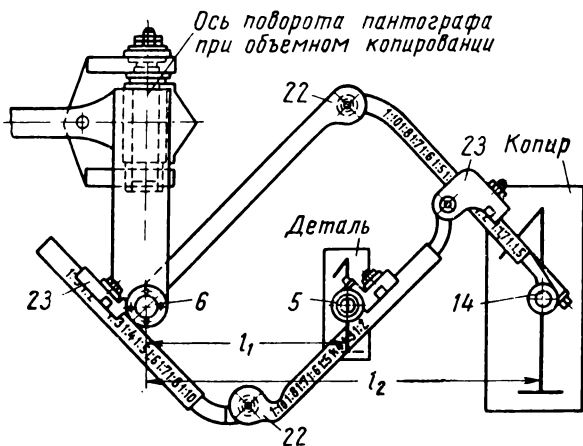


Рис. 199. Схема пантографа станка 6461 (обозначения те же, что и на рис. 198)

пальцем и фрезерным шпинделем имеется жесткая связь. В некоторых станках привод подачи выполнен ручным, рабочий при помощи рукоятки обводит копировальный шпиндель со щупом по копиру подобно станкам с пантографом; в других станках одна из подач (продольная, поперечная или круговая) осуществляется от привода через коробку подач, а другая либо вручную прижимом копировального пальца к копиру, либо от пружины.

Вследствие больших усилий, необходимых для контакта между щупом и копиром, которые вызывают их износ и потерю точности, усложняют работу и снижают производительность, копировально-фрезерные станки без следящей системы в последнее время не находят широкого применения.

Методы фрезерования криволинейной поверхности

Для получения криволинейной поверхности, т. е. при контурном фрезеровании, нужно давать столу станка одновременно продольную и поперечную подачи. На рис. 200 показано, как из сочетания продольной подачи $s_{прод}$ с поперечной $s_{поп}$ получается

результатирующая подача по контуру s_p . Таким образом, величина результирующей подачи s_p каждый определенный момент определяется как равнодействующая продольной $s_{n\text{прод}}$ и поперечной $s_{n\text{поп}}$ подач.

Одна из подач (например, продольная подача на рис. 200) может быть постоянной, а другая (например, поперечная) может меняться в зависимости от профиля копира. Обычно постоянную подачу станка называют *задающей* подачей, а переменную подачу называют *следящей*. В копирувально-фрезерных станках со следящим приводом скорости задающей и следящей подач могут быть

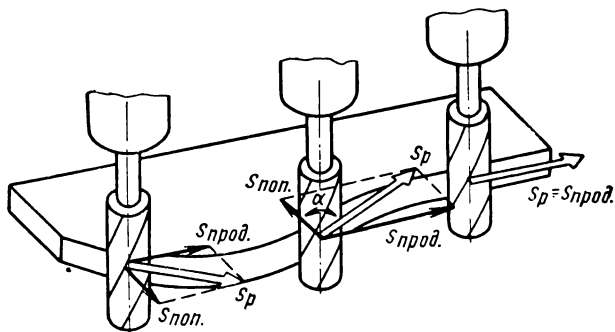


Рис. 200. Схема фрезерования криволинейного контура

переменными. Они регулируются автоматически так, чтобы обеспечить почти неизменную скорость результирующей подачи по контуру. Для сохранения постоянства результирующей скорости перемещения копирующего органа по заданному профилю необходимо, чтобы с изменением угла наклона профиля скорости обеих подач удовлетворяли следующему условию:

$$v_3 = v_p \sin \alpha; \quad v_c = v_p \cos \alpha;$$

при этом, если обрабатываемый профиль имеет плавные переходы и угол α , составленный осью копирувальной фрезы и касательной к профилю, лежит в пределах от 45° до 90° , то задающая подача может иметь постоянную скорость.

Общая характеристика следящей системы

Следящая система, связывающая задающее звено (копир) с исполнительным органом (стол, каретка, шпиндельная бабка фрезы), состоит из копирувального устройства, осязывающего копир и преобразовывающего рассогласование между положением щупа и режущего инструмента в командный сигнал, используемый для управления механизмом подач станка; усилительного устройства, предназначенного для усиления и преобразования командного сигнала, полученного от

щупа, а также для управления приводом подач; д в и г а т е л е й привода подач; п е р е д а ч и, кинематически связывающей двигатели с исполнительным органом; с и с т е м ы о б р а т н о й с в я з и, осуществляющей контроль за перемещением режущего инструмента, и щупа.

В зависимости от принципа действия и конструкции копировальной головки и характера привода подач стола станка копировально-фрезерные станки со следящей системой подразделяются на *электрические* (копировальная головка и привод подач электрические); *фотоэлектрические* (копировальная головка фотоэлектрическая, привод подач электрический); *гидравлические* (копировальная головка и привод подач гидравлические); *электрогидравлические* (копировальная головка электрическая, привод подач гидравлический); *пневмогидравлические* (копировальная головка пневматическая, привод подач гидравлический); *пневоэлектрические* (копировальная головка пневматическая, привод подач электрический).

Копировально-фрезерные станки с электрической следящей системой

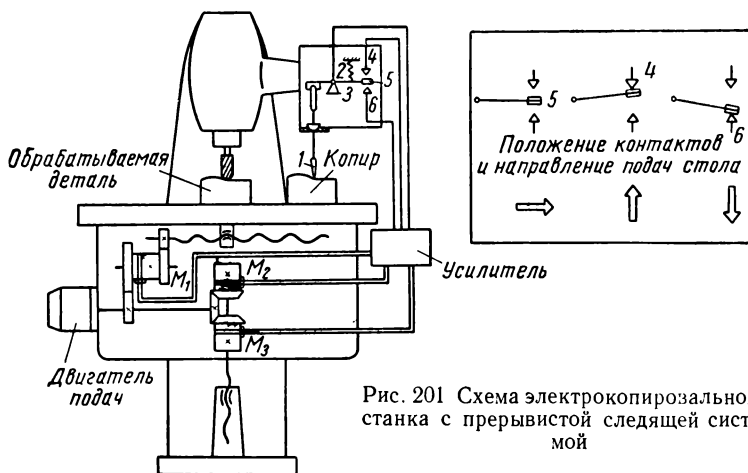
В настоящее время на копировальных станках нашли наибольшее распространение следующие электрические системы управления: прерывистая с электроконтактным датчиком и электромагнитными муфтами в приводе подач и непрерывная с индуктивным датчиком и приводом подач от регулируемых двигателей постоянного тока.

Системы с электроконтактным датчиком и электромагнитными муфтами просты, удобны в эксплуатации и надежны в работе. Эти положительные качества позволили им занять прочное место в металлорежущих станках.

Работа системы с электроконтактным датчиком изображена на рис. 201. Электроконтактный датчик 5 имеет два электрических контакта 4 и 6, служащие для включения исполнительных органов механической коробки подач. Включение горизонтальной или вертикальной подач производится электромагнитными муфтами M_1 , M_2 и M_3 . В начальный момент работы стол станка устанавливается таким образом, что копировальный палец 1 оказывается над копиром, а фреза над заготовкой. При этом копировальный палец 1 опущен вниз под действием пружины 2. Рычаг 3 электроконтактного датчика повернут так, что замыкает контакт 4 и тем самым включает электромагнитную муфту M_2 , управляющую вертикальной подачей стола вверх. При включении вертикальной подачи стол поднимается вверх до тех пор, пока копировальный палец 1 упрется в поверхность копира. Приподнимаясь, копировальный палец растягивает пружину 2, поворачивает рычаг 3 и размыкает контакт 4, в результате чего муфта M_2 выключается и, следовательно, отключается вертикальная подача.

В этот момент автоматически включается электромагнитная муфта M_1 и стол получает продольную подачу.

При движении по горизонтальному участку копира вертикальная подача остается выключенной. Когда копируемый палец попадает на восходящий участок копира, он перемещается вверх



и поворачивает рычаг 3 до соприкосновения с контактом 6. При этом электромагнитная муфта M_3 включается и консоль опускается вниз. Одновременно выключается продольная подача стола. Таким

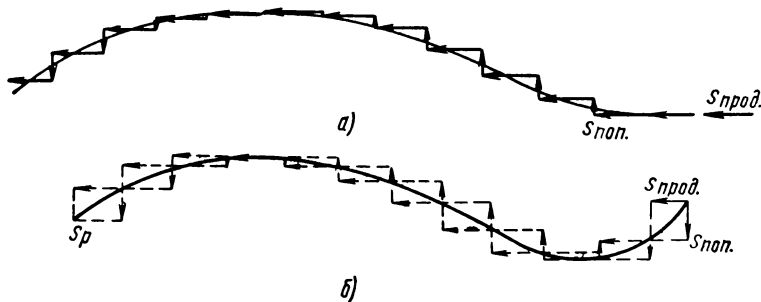


Рис. 202. Траектория движения центра фрезы при копировании:
а — с прерывистой следящей системой; б — с непрерывной следящей системой

образом, копирование в рассмотренной схеме получается в результате попеременного включения вертикальной и продольной подач стола. При этом скорость движения стола получается *неравномерной*, а траектория движения фрезы *ступенчатой* (рис. 202, а). Чем чаще будут происходить переключения подач, тем меньше будет ступенек в траектории движения фрезы.

Быстрота переключения, а следовательно, точность копирования зависят от скорости срабатывания электромагнитных муфт. Современные системы электроконтактного управления позволяют получить почти бесступенчатую траекторию движения фрезы при подаче до 250 мм/мин и обрабатывать с высокой точностью штампы, прессформы и другие сложные изделия.

Дмитровским заводом фрезерных станков выпускается копировально-фрезерный станок мод. 6М11К по этой схеме.

В станках с непрерывной системой управления применяют индуктивные датчики, которые при помощи усилителей управляют регулируемыми электродвигателями подачи постоянного тока. Автоматическим изменением числа оборотов электродвигателей достигается плавное непрерывное изменение скорости движения фрезы вдоль контура детали (рис. 202, б). Непрерывные системы управления сложнее систем с прерывистым управлением и обеспечивают высокую точность копирования *только при обработке деталей с плавным изменением контура*. Они не пригодны для деталей, имеющих резкие изменения профиля, так как на этих участках необходимо резкое изменение скоростей вращения двигателей подачи, что невозможно вследствие большой инерции вращающихся масс роторов этих двигателей.

На рис. 203 показан общий вид электрокопировального фрезерного станка мод. 6441Б Ленинградского станкозавода им. Свердлова с бесконтактным индуктивным датчиком и регулируемыми электродвигателями подачи. Принцип работы индуктивного датчика заключается в изменении индуктивного сопротивления катушек трансформатора при изменении воздушного зазора между сердечником и якорем, перемещающимся при отклонениях щупа.

По направляющим станины 1 в продольном направлении перемещается стол 2. На столе установлен угольник, на верхней части 4 которого закреплен копир, а на нижней части 3 — заготовка. С правой стороны станины находится заодно отлитая с ней стойка 6 с направляющими, по которой вертикально перемещается траверса 7, несущая шпindelную бабку 8. Бабка 8 перемещается вместе с фрезерным шпindelем 9 в горизонтальном направлении по траверсе 7 вдоль оси шпинделя. На корпусе шпindelной бабки на кронштейне установлена копировальная головка 5 со щупом.

Во время работы станка, когда стол 2 перемещается в горизонтальном направлении, щуп 6 все время прижимается пружиной к копиру, прикрепленному к рабочей поверхности угольника 4 стола. Под давлением копира щуп перемещается, замыкая при этом соответствующие электрические контакты и включая вращение электродвигателей подачи в прямом или обратном направлении. Благодаря этому фреза меняет свое положение относительно поверхности обработки, точно следуя за движением щупа по копиру.

Привод фрезы осуществлен от двухскоростного электродвигателя переменного тока мощностью $2,1 \text{ кВт}$ через шестиступенчатую коробку скоростей с двумя блоками зубчатых колес. Диапазон регулирования скоростей составляет $75\text{—}950 \text{ об/мин}$. Для привода подач в станке применены три электродвигателя постоянного тока мощностью $0,37 \text{ кВт}$ каждый с $n = 1000 \text{ об/мин}$ и областью регулирования $1 : 15$, что позволяет величину каждой из трех подач

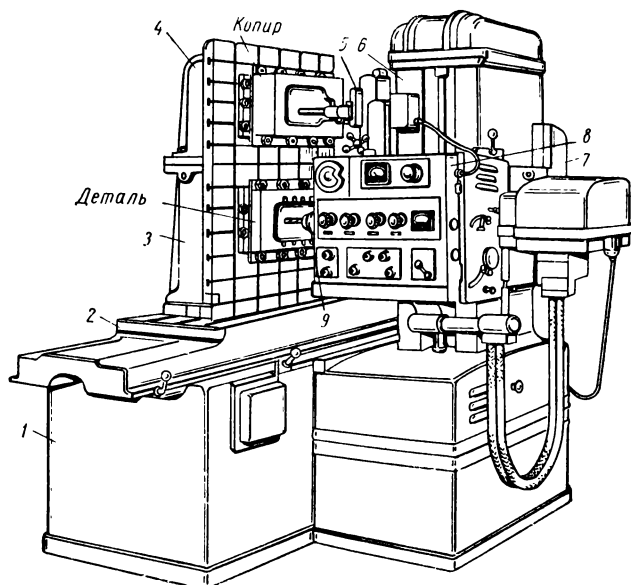


Рис. 203. Электрокопировальный фрезерный полуавтомат 6441Б завода им. Свердлова

устанавливать бесступенчато в пределах $20\text{—}300 \text{ мм/мин}$ при помощи зубчатого редуктора.

На рис. 204, *a* представлена схема следящего привода станка мод. 6441Б.

Чувствительным элементом следящей системы является индуктивная копировальная головка (рис. 204, *б*), состоящая из двух индуктивных катушек *A* и *B*, между которыми на плоской пружине *1* подвешен якорь *2*. Якорь *2* связан со щупом, обходящим копир. Всякое изменение положения якоря *2* вызывает изменение воздушного зазора *a* или *b* и в соответствии с этим изменение напряжения в катушках *A* и *B*.

На рис. 204, *в* показаны индуктивные токи на катушках *A* и *B* при разных положениях якоря *2*. При среднем положении якоря *2* зазоры *a* и *b* равны и напряжение индуктивного тока $U = 0$; при перемещении якоря влево зазор *a* становится меньше зазора *b*

и тогда напряжение индуктивного тока $U = U_A - U_B$, где U_A и U_B — токи, индуцированные соответственно в катушках A и B ; при перемещении якоря вправо зазор a становится больше зазора b и напряжение индуктивного тока $U = U_B - U_A$. Постепенное осевое перемещение щупа при слежении по копиру вызывает плавное изменение напряжения U , подаваемого в усилитель (см. рис. 204, а). Изменение напряжения и, следовательно, токов возбуждения

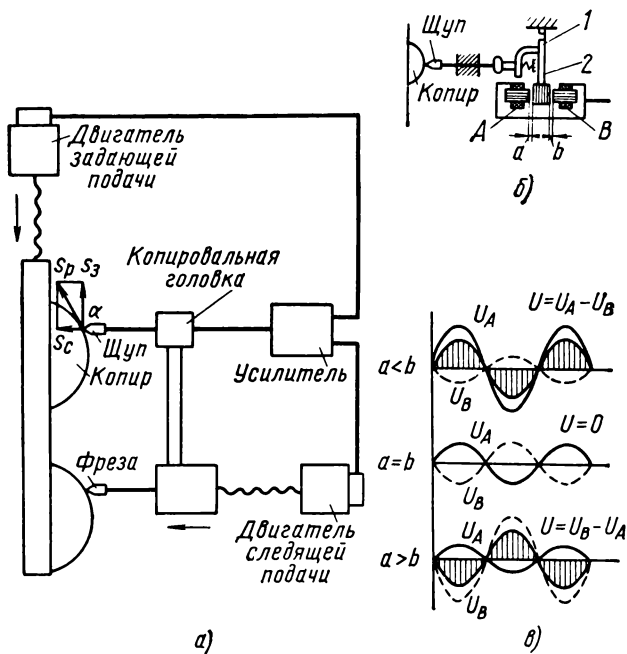


Рис. 204. Схема работы следящего привода станка 6441Б:
 а — схема привода; б — схема индуктивной головки; в — изменение напряжения при разных зазорах между якорем и катушками

вызывает изменение числа оборотов электродвигателей подачи. Таким образом, в этом станке щуп управляет движениями исполнительных органов станка не в результате прерывистого замыкания и размыкания контактов, а путем плавного регулирования величины подачи.

Движение щупа вдоль контура копира осуществляется путем геометрического сложения двух взаимно перпендикулярных перемещений стола (подач). Направление задающей подачи s_z неизменно. Направление второй подачи s_c , перпендикулярной к направлению задающей подачи, может изменяться при каждом изменении наклона профиля. Эта подача является следящей.

В схеме, изображенной на рис. 204, *а*, задающей подачей является вертикальная подача, следящей — поперечная.

Обычно в универсальных станках типа 6441Б, рассчитанных на обработку разнообразных деталей, как правило, применяется взаимно связанное регулирование обеих подач. При этом скорость задающей подачи автоматически уменьшается с увеличением скорости следящей подачи.

При обработке замкнутого контура необходимо изменять периодически и направление задающей подачи. На рис. 205 показана схема непрерывного обхода замкнутого контура. Изменение направления задающей подачи производится в точках А, Б, В и Г. Поэтому направление задающей подачи составляет острый угол с касательной к контуру на всем протяжении обхода.

Обработка объемных (трехмерных) поверхностей (рис. 206) производится *строчками*, для чего в станке предусмотрена периодическая подача в плоскости, перпендикулярной к плоскости задающей и следящей подач.

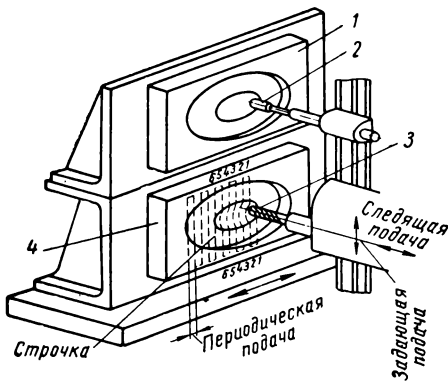


Рис. 206. Схема обработки трехмерной поверхности по строчкам:

1 — копия; 2 — щуп; 3 — фреза; 4 — заготовка

ной бабке вместе со щупом и фрезой сообщится задающее перемещение в обратном направлении. Следящим перемещением здесь будет поперечная подача. При этом фреза, ведомая щупом, профрезерует в заготовке вторую строчку, соответствующую сечению 2—2. Затем стол станка опять автоматически переместится на величину строчки, а шпиндельная бабка со щупом и фрезой получат

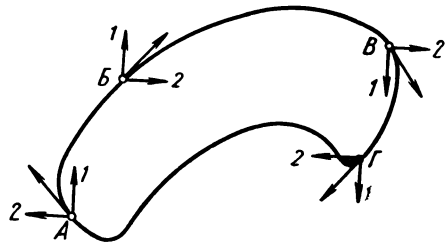


Рис. 205. Схема обработки замкнутого контура:

1 — задающая подача; 2 — следящая подача; А, Б, В и Г — точки изменения направления задающей подачи

Принцип фрезерования строчками заключается в следующем. После того как щуп 2 пройдет в вертикальном направлении путь, равный ширине копира 1, и соответственно фреза 3 выберет в заготовке 4 одну строчку, соответствующую сечению 1—1 (рис. 206), стол станка автоматически переместится в продольном направлении на величину строчки и шпиндельной

задающее перемещение в прямом направлении, при этом фреза снова обрабатывает строчку, соответствующую сечению $З-З$, и т. д. до тех пор, пока щуп не обойдет всю поверхность копира, и фреза не воспроизведет весь рельеф копира на заготовке.

Таким образом, обработка трехмерных поверхностей происходит в результате трех перемещений: вертикального перемещения шпиндельной бабки с траверсой по неподвижной стойке; поперечного перемещения шпиндельной бабки по траверсе; продольного перемещения стола по станине.

Копировальные станки, обладающие возможностью обработки объемных (трехмерных) поверхностей в результате перемещений инструмента в трех направлениях, называют также *трехкоординатными копировально-фрезерными*, а сам процесс копирования объемных поверхностей — *трехкоординатным копированием*.

Некоторые трехкоординатные копировально-фрезерные станки имеют два автоматических перемещения по контуру и ручную подачу на строчку.

На станке мод. 6441Б трехкоординатное копирование можно осуществить автоматически двумя методами.

При фрезеровании по первому методу, который называется обработкой *вертикальными строчками*, копир ощупывается в плоскостях, перпендикулярных к поверхности стола. При этом движение задающей подачи осуществляется вертикальным перемещением траверсы по неподвижной стойке, а следящей — поперечным перемещением бабки по траверсе. В конце каждого прохода (или строчки) траверсы происходит продольное перемещение стола с копиром и заготовкой на величину периодической подачи, после чего траверса движется автоматически в обратном направлении.

При фрезеровании по второму методу, который называется обработкой *горизонтальными строчками*, копир ощупывается в плоскостях, параллельных поверхности стола. Движение задающей подачи осуществляется продольным перемещением стола по станине, а следящей подачи — поперечным перемещением бабки по траверсе. В конце каждой строчки происходит автоматическое перемещение траверсы вместе со щупом и фрезой в вертикальном направлении, которое является периодической подачей. После этого стол начинает автоматически двигаться в обратном направлении.

На рис. 207 схематически показаны оба эти метода.

Так как шероховатость поверхности, обработанной строчками, определяется величиной периодической подачи и радиусом закругления зуба фрезы, то при чистовой обработке величина периодической подачи измеряется десятками долями миллиметра.

При обработке некоторых объемных поверхностей можно применить *контурный обход по строчкам* (рис. 208). После обработки контура в сечении *аа* фреза и щуп подаются в вертикальном направлении на величину периодической подачи и обрабатывают

контур в сечении *бб*; затем *вв* и т. д. Постепенно углубляясь по копиру, получают ступенчатую поверхность детали, которая затем сглаживается на зачистном проходе. При несложных, но глубоких профилях такой метод обработки оказывается очень производительным.

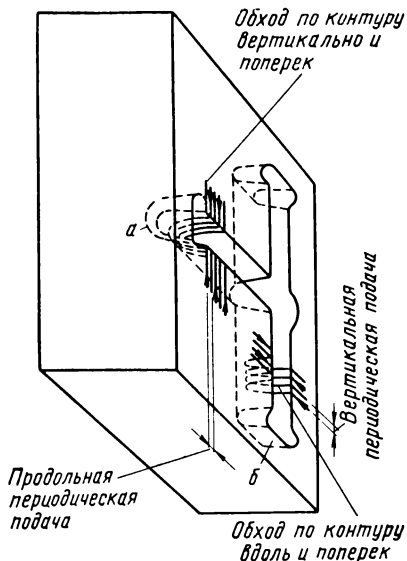


Рис. 207 Два метода фрезерования трехмерных поверхностей, осуществляемые на станке 6441Б:

а — метод вертикальных строчек; *б* — метод горизонтальных строчек

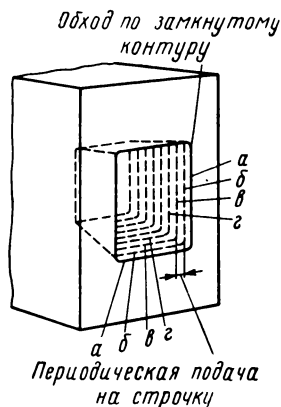


Рис. 208. Схема обработки трехмерной поверхности методом контурного обхода

Копировально-фрезерные станки с гидравлической следящей системой

Принципиальная схема работы гидравлической следящей системы копировально-фрезерного станка приведена на рис. 209. Следящий привод имеет золотник 7, который управляет гидравлическим цилиндром 2 вертикальной подачи стола станка. Золотник, в свою очередь, связан рычагом со щупом и повторяет движения щупа при обходе им копира 5.

Станок с гидравлической следящей системой работает следующим образом. На столе станка 6 закреплены заготовка 4 и копир 5. Стол получает продольную подачу с постоянной скоростью от гидравлического цилиндра, не показанного на рис. 209; эта подача является задающей. Следящая подача осуществляется от перемещения поршня 3 в цилиндре 2, связанного с консолью стола.

От насоса 1, приводимого в действие электродвигателем, не показанным на схеме, масло подается одновременно в цилиндр 2, т. е. исполнительному органу системы, и следящему золотнику 7—

командному чувствительному элементу копировальной головки. Пружиной 8 следящий золотник прижимается вверх, прикрывая кольцевую щель *A* между золотником и золотниковой втулкой.

В момент соприкосновения шупа с копиром золотник перемещается и прикрывает кольцевую щель *A*, через которую масло получает выход в резервуар. При увеличении высоты щели все масло, подаваемое насосом, будет сливаться в резервуар. Наступит состояние равновесия, при котором следящая подача будет равна

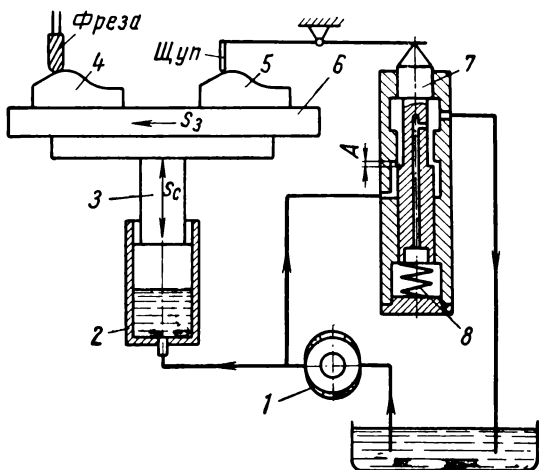


Рис. 209. Схема работы следящей системы гидрокопировального станка

нулю. При перемещении шупа по поднимающемуся контуру копира будет изменяться высота щели *A*, что вызывает соответствующее перемещение стола, так как некоторая часть масла ввиду частичного перекрытия кольцевой щели *A* и сокращения количества масла, сливаемого в резервуар, будет подаваться от насоса 1 непосредственно в цилиндр 2. По мере уменьшения кольцевой щели *A* количество масла, поступающего в цилиндр следящей подачи, будет увеличиваться и тем самым будет увеличиваться величина подачи и, наоборот, при увеличении щели *A* следящая подача будет уменьшаться.

Гидравлический цилиндр, управляемый золотником, заставляет стол совершать движения, соответствующие контуру копира.

Гидрокопировально-фрезерные станки, работающие при постоянной задающей подаче и меняющейся следящей, являются простейшими и применяются для обработки незамкнутых профилей простой формы. Их называют *однокоординатными копировально-фрезерными станками*. Гидрокопировально-фрезерные станки, работающие при меняющихся задающей и следящей пода-

ча, позволяют обрабатывать плоские детали сложных контуров, в том числе замкнутых. Станки для обработки таких деталей называют *контурными копировально-фрезерными* или *двухкоординатными копировально-фрезерными станками*.

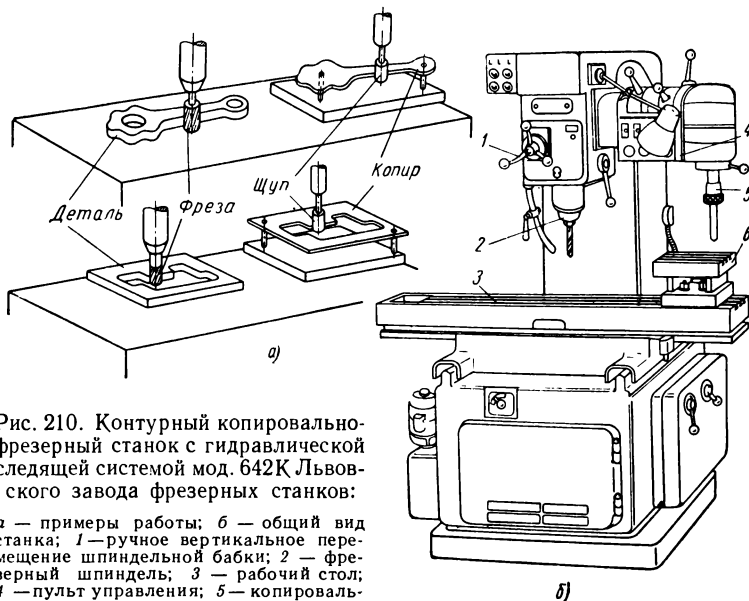


Рис. 210. Контурный копировально-фрезерный станок с гидравлической следящей системой мод. 642К Львовского завода фрезерных станков:

а — примеры работы; б — общий вид станка; 1 — ручное вертикальное перемещение шпиндельной бабки; 2 — фрезерный шпиндель; 3 — рабочий стол; 4 — пульт управления; 5 — копировальная головка со щупом; 6 — стол копира

На рис. 210, а приведена схема двухкоординатного фрезерования замкнутого контура, а на рис. 210, б — общий вид контурного копировально-фрезерного станка мод. 642К.

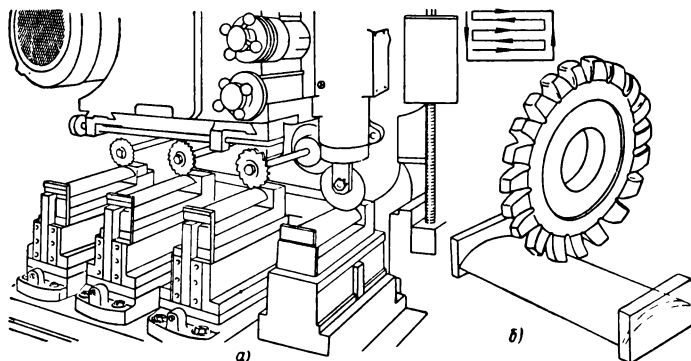


Рис. 211. Фрезерование турбинных лопаток на трехшпindleльном гидроконтрольном станке:

а — общий вид; б — схема обработки

Для обработки сложных поверхностей, как, например, гребные винты, лопатки газовых и паровых турбин, детали обшивки крыла современных скоростных самолетов и т. д. применяют *трехкоординатные копировально-фрезерные станки с гидравлической следящей системой*. Система трехкоординатного управления состоит из двух независимых следящих гидравлических устройств — двухкоординатного для обхода по контуру и однокоординатного для периодической подачи на строчку.

На рис. 211, *а* показано фрезерование турбинных лопаток на трехшпиндельном гидроконтрольном станке, а на рис. 211, *б* — схема обработки.

4. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Общая характеристика систем программного управления

Обработка деталей на копировально-фрезерных станках требует применения копиров, изготовление которых иногда обходится дорого. Поэтому замена копира программой, записанной на магнитную или перфорированную ленту с применением даже дорогих электронно-вычислительных машин, может дать существенную экономию средств и, что особенно важно, времени на подготовку производства новых изделий.

В простейших системах программного управления для изготовления программ применяют запись при обработке первой детали вручную. Программа чаще всего записывается на магнитную ленту от тех же датчиков перемещений, которые затем используются для контроля при воспроизведении программы.

В других системах программного управления исходный документ для обработки в виде чертежа или просто таблицы цифр переводится соответствующим кодом на перфокарту или перфоленту, с помощью которой он вводится в систему автоматического управления, и все дальнейшие операции обработки и управление станком осуществляются автоматически.

Особенностью систем программного управления является полная автоматизация воспроизведения программы, т. е. управления станком. В программу включается запись не только формы детали, но и всех других движений станка — главного движения и всех вспомогательных движений и сигнализации.

Воспроизводящие системы по своей структуре и свойствам близки к системам копировального управления и отличаются от них по своей входной управляющей части ввиду того, что управление осуществляется не от копира, а от записанной программы.

Точность воспроизводящих устройств

Для оценки точности воспроизводящих устройств систем программного управления применяют следующие показатели.

1. Разрешающая способность — наименьшее перемещение, которое может быть зафиксировано измерительной системой, как дискретное, т. е. прерывистое.

2. Точность — полоса расстояний по обеим сторонам от требуемого положения, внутри которой останавливается управляемая часть станка после того, как она была выведена из этой полосы.

3. Повторная точность или повторяемость — точность, которую можно придать после того как управляемая часть станка направляется повторно к тому же заданному положению.

4. Чувствительность — способность системы управления реагировать на отклонение управляемой части станка от заданного положения; она выражается наибольшим расстоянием, на которое нужно сместить управляемую часть станка (величина наибольшего рассогласования), чтобы видеть появление корректирующего действия системы управления.

Для пояснения этих показателей рассмотрим, как понимать, что некоторая система программного управления имеет, например, разрешающую способность 25 *мк*, точность 10 *мк* и повторную точность 5 *мк*. Это означает следующее: система может задать любое перемещение, кратное 25 *мк*, например, 105, 125. После перемещения в заданное положение управляемая часть остановится где-нибудь в пределах ± 10 *мк* от заданного положения, например 105, 129 *мм*. При повторной установке станок остановится в пределах ± 5 *мк* от заданного положения (105, 125 *мм*), т. е. 105, 120—105, 130 *мм*.

Системы, в которых программа записана на магнитную ленту

Принцип работы систем, основанных на записи движений на магнитную ленту, схематично изображен на рис. 212. Магнитная лента 1, состоящая из двух слоев: нижнего нейтрального, являющегося лишь подложкой, и верхнего — ферромагнитного, перемещается мимо записывающей головки 2. При пропускании через катушку головки переменного тока лента намагничивается. Если теперь эту ленту перемещать мимо другой головки — воспроизводящей, то в катушках последней будет получен такой же ток, какой был пропущен через катушки записывающей головки.

Чтобы использовать этот принцип для автоматизации процесса обработки, нужно изготовить первую деталь с помощью ручного управления и записать выполненные движения на магнитную

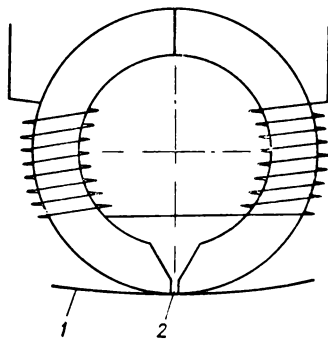


Рис. 212. Принцип записи на магнитную ленту

ленту. В дальнейшем эта лента вставляется в управляющее устройство станка, и электрические сигналы, считанные с ленты с помощью воспроизводящей головки, заставляют исполнительные органы станка совершать записанные движения. В результате получается деталь, идентичная первой детали, изготовленной с помощью ручного управления.

На рис. 213 приводится простейшая схема работы программного устройства с помощью магнитной ленты.

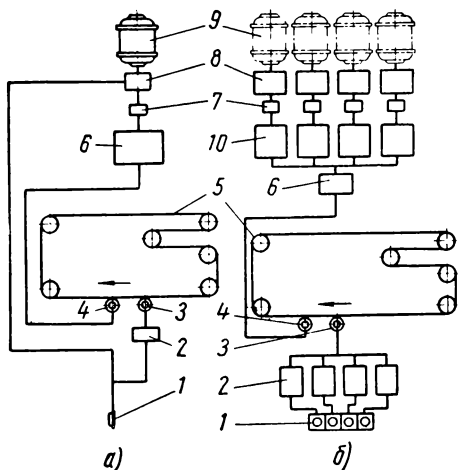


Рис. 213. Схема управления переключениями с помощью магнитной ленты:

а — одноканальная; б — четырехканальная

При изготовлении первой детали рабочий нажимает на кнопку 1 (рис. 213, а). При этом с помощью магнитного пускателя 8 включается электродвигатель 9 и совершается нужное движение исполнительного органа станка. При нажатии кнопки 1 включается также генератор 2, который подает ток в записывающую головку 3. Благодаря этому одновременно с движением исполнительного органа станка происходит намагничивание ленты 5 на соответствующем участке. Так производится запись.

При работе лента перемещается мимо воспроизводящей головки 4 и в катушках последней возбуждается ток,

который через усилитель 6 подается на реле 7, которое замыкается на время, в течение которого происходила запись, и включает на это время электродвигатель 9, что и обуславливает воспроизведение первоначального движения исполнительного органа станка.

В случае необходимости записи и воспроизведения не одного, а нескольких различных движений, выполняемых отдельными электродвигателями, применяют *многоканальную* запись и воспроизведение программы.

На рис. 213, б показана схема четырехканального управления. При обработке первой детали рабочий нажимает в нужной последовательности на требуемые промежутки времени каждую из четырех кнопок 1, которые включают, в свою очередь, один из электродвигателей 9 и одновременно один из генераторов 2. Каждый из генераторов дает ток определенной частоты, который поступает в катушку записывающей головки. В результате на ленте 5 получаются участки, намагниченные токами различной частоты.

При воспроизведении записанной программы ток от воспроизводящей головки 4 через усилитель 6 поступает в фильтры 10, каждый из которых пропускает в реле 7 ток определенной частоты. Каждое реле 7, сработав под действием тока, включает через магнитный пускатель 8 соответствующий электродвигатель.

В системах, основанных на изображенном на рис. 213 принципе, магнитная лента выполняет заданные программой переключе-

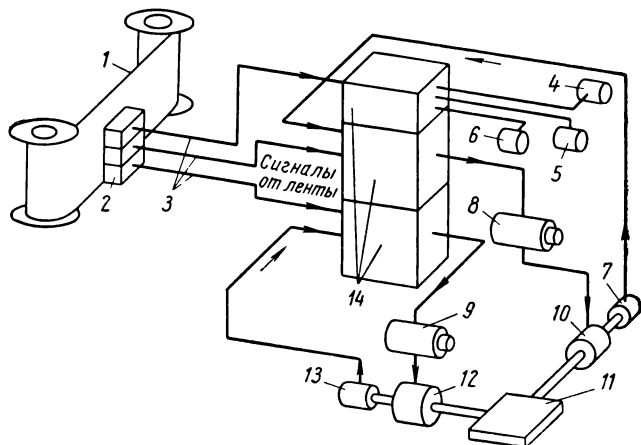


Рис. 214. Схема управления движениями с помощью магнитной ленты:

1 — магнитная лента; 2 — головка; 3 — каналы передачи сигналов; 4 — электродвигатель вращения шпинделя; 5 — насос охлаждающей жидкости; 6 — масляный насос; 7 — сельсин; 8 и 9 — усилители; 10 — электродвигатель поперечной подачи; 11 — стол станка; 12 — электродвигатель продольной подачи; 13 — сельсин; 14 — электронная установка

чения, но не выполняет функций контроля за правильностью воспроизведения программы. В этих схемах отсутствует *обратная связь*.

В последние годы созданы такие системы, в которых лента не только вызывает нужные переключения исполнительных органов станка, но и следит за выполнением заданных программой движений. Одна из таких схем показана на рис. 214.

Каждая из подач стола имеет свой электродвигатель 10 или 12 и сельсин 7 или 13, а также отдельный канал управления (третий канал предназначен для включения вращения электродвигателя привода фрезы насосов охлаждающей жидкости и масла).

Движения по каждой подаче, выполненные при обработке первой детали, преобразуются с помощью сельсинов в электрические сигналы (импульсы), которые записываются на магнитную ленту. При воспроизведении программы сигналы, получаемые от магнитной ленты, сравниваются с полученными от сельсинов сигналами, определяющими действительное положение исполнительного

органа. На выходе сравнивающего устройства образуется ток, напряжение которого зависит от разности сигналов, полученных от ленты и сельсинов. Это напряжение подается в обмотку возбуждения электродвигателей подачи.

Системы управления, основанные на записи движений на магнитную ленту, позволяют эффективно использовать преимущества программного управления в условиях мелкосерийного производства.

Системы, в которых программа записана в виде чисел

Общий принцип работы систем, основанных на методе числового управления, заключается в том, что программа движения исполнительных органов станка записывается в виде чисел в носитель программы (программоноситель), каким обычно является перфокарта или перфолента. Программоноситель вставляют во входное устройство станка, где производится его считывание, заключающееся в том, что записанные в нем числа преобразуются в электрические сигналы, которые после соответствующих усилений и преобразований управляют движениями исполнительных органов станка.

Программа работы станка, представленная в виде чисел, — это совокупность чисел, определяющих движения исполнительных органов. Эти числа можно разбить на две группы.

К первой группе относятся числа, определяющие траекторию каждого из движений, т. е. текущие координаты движения центра фрезы по контуру. Эти числа устанавливают исходя из чертежа детали. Так, например, чтобы обработать контур детали, который представлен плоской кривой, изображенной жирной линией на рис. 215, а, центр фрезы должен в процессе обработки совершать движение относительно детали по траектории, изображенной пунктиром на рис. 215, а. Так как движение центра фрезы относительно заготовки складывается из двух взаимно перпендикулярных движений стола, подобно рассмотренному на рис. 200 движению центра фрезы, как результирующему от задающей и следящей подач, то каждая точка траектории центра фрезы на рис. 215, а может быть представлена в виде двух координат (X и Y), соответствующих направлениям задающей и следящей подач.

Подобно рассмотренным на рис. 202 случаям движение фрезы может происходить с прерывистой или непрерывной следящей подачей. Для случая прерывистой следящей подачи траектория центра фрезы может быть представлена в виде ломаной линии, проходящей через так называемые опорные точки 1, 2, 3 и т. д. (рис. 215, б). В пределах каждого из отрезков этой линии движение получается по прямой путем сочетания двух подач направленных по осям X и Y

Минимальное перемещение исполнительного органа станка в направлении каждой из подач, соответствующее одному электрическому импульсу, называется *элементарным шагом*. Величина элементарного шага зависит от разрешающей способности и точности системы. Каждый импульс вызывает перемещение исполнительного органа станка на элементарный шаг, а частота следования импульсов определяет скорость перемещения исполнительного органа станка.

Чтобы записать программу движения исполнительных органов станка, нужно определить координаты опорных точек 1, 2, 3

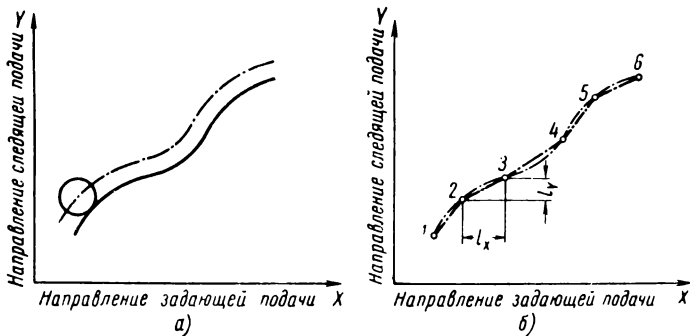


Рис. 215. Траектория движения центра фрезы:

а — действительная; б — аппроксимированная ломаной линией

и т. д.; для каждого из прямолинейных отрезков определить значения l_x и l_y ; разделить l_x и l_y на элементарный шаг и получить частоту следования импульсов.

Замкнутые и открытые контуры большинства деталей (примерно 90%) образуются сочетанием дуг окружностей и касательных к ним прямых. На рис. 216 приведен чертеж такой детали с указанием начала координат и разбивкой на участки.

Ко второй группе относятся числа, определяющие скорости движений рабочего и холостого хода. Эти числа устанавливаются по режимам резания.

Программу, представленную в числовом виде, можно записать в натуральной форме. Это значит, что каждой единице записываемого числа соответствует одно отверстие. Например, чтобы записать на перфоленте число 100, надо пробить на ней последовательно 100 отверстий. Чтобы сократить длину перфоленты, запись осуществляется в виде кода.

Для кодирования программ применяют *двоичную систему счисления*. Сущность ее достаточно проста. Если в обычно применяемой десятичной системе счисления на основании числа берется величина 10, которая в каждом разделе имеет десять цифр — от

0 до 9, то за основание числа в двоичной системе берется величина 2 и каждый разряд имеет только две цифры: 0 или 1.

В десятичной системе единица следующего разряда в 10 раз больше единицы предыдущего. Если же принять запись по двоичной системе, то единица, стоящая на последнем — самом правом месте, — тоже обычная единица, но единица следующего разряда — на втором месте справа — уже не в 10 раз больше ее, а только в 2 раза и означает двойку, третья единица — четверку, четвертая — восьмерку, пятая — шестнадцать и т. д. Таким образом, в двоичной системе счисления следующий разряд больше предыдущего в 2 раза. В табл. 52 наглядно видно, как происходит перевод обычных чисел на язык программного управления.

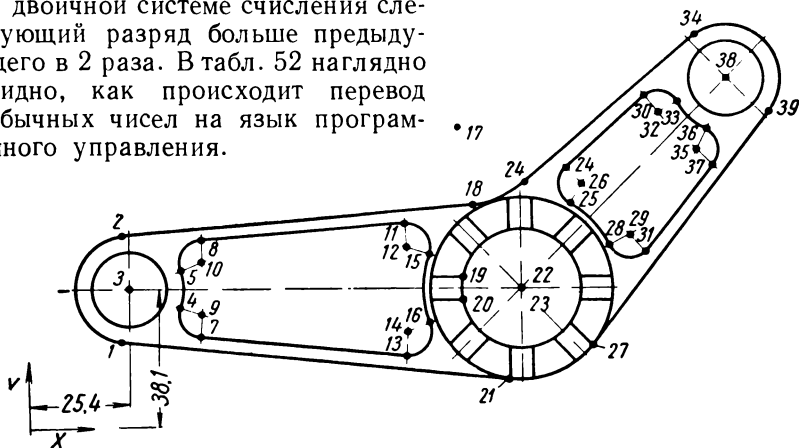


Рис. 216. Разбивка на участки контура детали, состоящего из прямых и дуг окружностей

Желая записать какое-нибудь число, например, *одна тысяча семнадцать* по десятичной системе, мы разлагаем его на составные части, соответствующие разрядам этой системы, а затем уже производим запись: тысяча — одна (ставим единицу в разряде тысяч), сотни отсутствуют (ставим нуль в разряде сотен), десятков — один (ставим единицу в разряде десятков), единиц — семь (ставим семерку в разряде единиц). Получается запись *1017*.

При записи какого-либо числа по двоичной системе мы также разлагаем его на разряды, но разряды здесь будут иные, следовательно, и запись иная. Так, в числе *семь* четверок — одна, двоек — одна, единиц — одна ($7 = 4 + 2 + 1 = 2^2 + 2^1 + 2^0$), следовательно, в каждом из этих разрядов ставим по единице; получается 111. В числе *десять* одна восьмерка и одна двойка; здесь отсутствуют четверки и единицы, поэтому число десять запишется как 1010. Число *одна тысяча* представляется так: $512 + 256 + 128 + 64 + 32 + 8 = 2^9 + 2^8 + 2^7 + 2^6 + 2^5 + 2^3$ и записывается 1111101000. Число *одна тысяча семнадцать* запишется по двоичной системе 111111001, так как оно состоит из $512 + 256 + 128 +$

Таблица 52

Числа	Запись по десятичной системе				Запись по двоичной системе									
	Разряды				Разряды									
	$1000=10^3$	$100=10^2$	$10=10^1$	$1=10^0$	$512=2^9$	$256=2^8$	$128=2^7$	$64=2^6$	$32=2^5$	$16=2^4$	$8=2^3$	$4=2^2$	$2=2^1$	$1=2^0$
1				1										1
2				2										0
3				3										1
4				4								1		0
5				5								1		1
6				6								1		0
7				7								1		1
8				8							1	0		0
9				9							1	0		0
10			1	0							1	0		1
15			1	5							1	1		1
17			1	7							1	0		1
20			2	0							0	0		0
50			5	0				1			0	0		0
100		1	0	0			1	1			0	1		0
1000	1	0	0	0	1	1	1	1	0		1	0		0
1017	1	0	1	7	1	1	1	1	0	1	0	0		1

$$+ 64 + 32 + 16 + 8 + 1 = 2^9 + 2^8 + 2^7 + 2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^3 + 2^0.$$

Применение двоичной системы счисления для записи программы позволяет осуществить управление станком, основанное на принципе двух состояний: «Да» и «Нет». Цифра 1 соответствует состоянию «Да», цифра 0 — состоянию «Нет». Таким образом, цифра 1 соответствует наличию отверстия в перфокарте или перфоленте, а цифра 0 — отсутствию отверстия. Пользуясь этим методом, можно любое число, включенное в программу, принять и передать в виде закономерного чередования импульсов напряжения (сигналов).

Основными типами задающих документов при числовой записи программы являются перфолента и перфокарта, которые представляют собой полоски плотной бумаги и целлулоида с пробитыми в них отверстиями (перфорациями), выражающими числа, кодированные по двоичной системе счисления. Отверстия могут иметь круглую или прямоугольную форму.

Количество дорожек или каналов в перфоленте и перфокарте зависит от количества движений, включенных в программу.

В некоторых системах программного управления данные, записанные на перфоленте, преобразуются с помощью специального

устройства в электрические сигналы и записываются на магнитную ленту, являющуюся задающим документом, считываемым в управляющем устройстве станка. Устройство, предназначенное для переноса программы с перфоленты на магнитную ленту, может обслуживать несколько станков.

Консольный вертикально-фрезерный станок 6Н13ПР

В настоящее время все большее распространение получают в фрезерных станках с программным управлением системы так называемого управления с шаговым (импульсным) приводом подачи, когда двигатель работает в режиме прерывистого шагового движения. При большой частоте импульсов в единицу времени это движение может рассматриваться как непрерывное движение. Импульсы могут подаваться от магнитной ленты или перфорированных карт или лент.

Для этой цели в ЭНИМСе создан маломощный электрический шаговый двигатель ЭШД, работающий с гидравлическим усилителем, что позволило значительно продвинуть разработку промышленных образцов фрезерных станков с программным управлением.

Принцип электрического шагового двигателя заключается в следующем. Предположим, что ротор ЭШД имеет число зубцов $z = 16$, а на статоре ЭШД размещено 48 электромагнитов (полюсов) в три ряда, т. е. по 16 электромагнитов в каждом ряду, причем каждый ряд электромагнитов сдвинут относительно другого на $\frac{1}{3}$ шага ротора. Обмотки в каждом ряду соединены последовательно; обмотки получившихся таким образом секций соединены звездой. Подавая ток в обмотки электромагнитов, получим вращение с угловым шагом $\alpha = \frac{360^\circ}{3z} = \frac{360^\circ}{3 \cdot 16} = 7,5^\circ$ Электрические импульсы, поступающие с магнитной ленты, перфоленты или перфокарты, после усиления используются для поворота ЭШД на один угловой шаг. Так как ЭШД связан с ходовым винтом подачи стола кинематической цепью, то передаточное отношение от ЭШД к винту выбирают так, чтобы один импульс соответствовал перемещению стола на 0,0025 или 0,005 мм.

На рис. 217 приведена электрическая структурная схема вертикально-фрезерного станка мод. 6Н13ПР с программным управлением от электрических шаговых двигателей, который экспонировался на всемирной Брюссельской выставке 1960 г., где был отмечен высшей наградой.

Программное управление здесь осуществляется по трем координатам: вертикальное перемещение пиноли шпинделя; продольное перемещение стола и поперечное перемещение салазок. Для каждого перемещения установлены гидравлические двигатели, управляемые от следящего устройства. Управление поворотом кранового золотника следящего устройства осуществляется ЭШД.

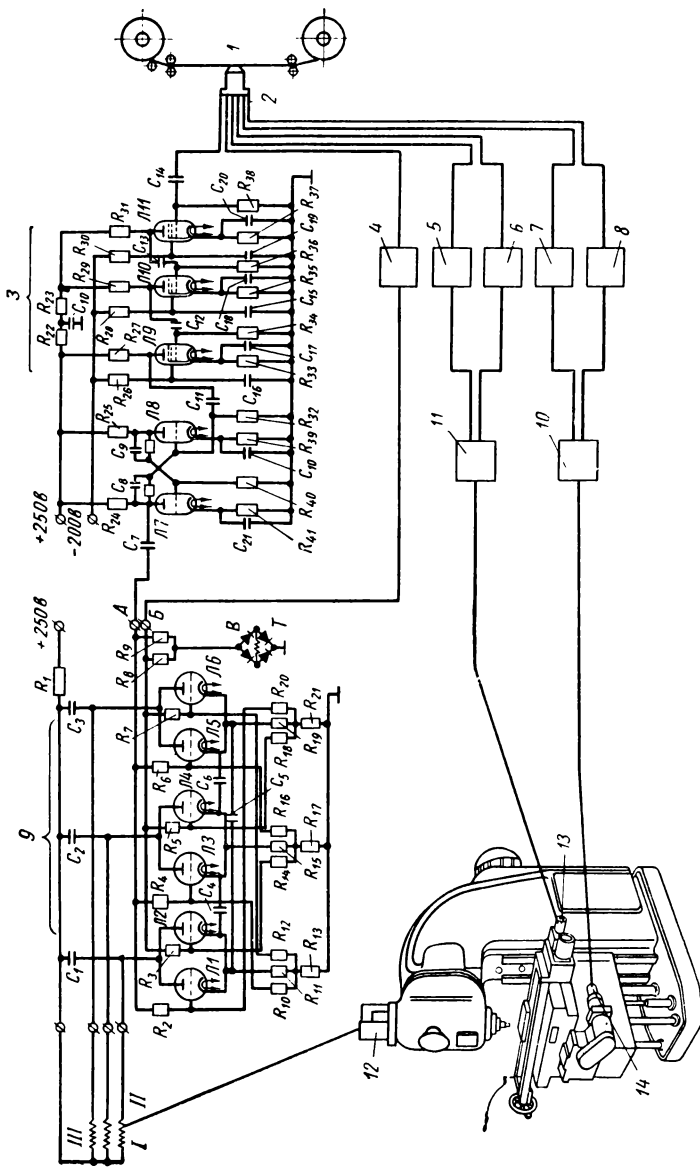


Рис. 217 Электрическая структурная схема вертикально-фрезерного станка 6Н13ПП с программным управлением:

Л1—Л11 — тиристоры; С1 и С21 — конденсаторы; R1—R41—сопротивления; Т, Л1 и Л11—обмотки электрического шагового двигателя; А и В — переходные клеммы; В — выпрямитель; Т — трансформатор

Примечание:

Управление ЭШД производится от магнитной ленты 1 шириной 19 мм, которая помещается в кассете лентопротяжного устройства. Емкость кассеты составляет около 500 м ленты по длине; скорость перемещения ленты (скорость считывания) принята 100 мм/сек. Таким образом, одна кассета обеспечивает непрерывную работу станка в течение 1,5 ч. На магнитной ленте размещены шесть каналов (дорожек) — по две дорожки на каждую координату перемещения исполнительного органа станка. Одна дорожка из каждой двух соответствует вращению ЭШД по часовой стрелке, а другая — против. Магнитная головка 2, считывающая запись ленты, имеет шесть катушек, в которых наводится импульс-сигнал по импульсам, записанным на магнитной ленте. Этот сигнал подается на трехкаскадные электронноламповые усилители 3, 4, 5, 6, 7 или 8 и затем в формирователи. Каждый формирователь выдает импульсы строго определенной формы величины и длительности. Отформированный импульс подается на вход узла распределения импульсов 9; 10 или 11. Узел распределения импульсов предназначен для подачи импульсов по фазам ЭШД (12, 13 и 14), который обеспечивает перемещения исполнительных органов станка через золотники гидравлического следящего устройства.

Каждый импульс, считанный с магнитной ленты, вызывает перемещение исполнительного органа станка на 0 05 мм, а частота следования импульсов определяет собой скорость этого перемещения, достигающего 300 мм/мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аврутин С. В. Фрезерное дело. Высшая школа, 1964.
 2. Булгаков А. А. Программное управление металлорежущими станками. Госэнергоиздат, 1959.
 3. Иванов А. П. Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении. М., Машгиз, 1960.
 4. Кувшинский В. В. Фрезерование. М., Машгиз, 1958.
 5. Терехов Г. А. и Шувалов Ю. А. Автоматизация технологических процессов механической обработки и сборки в машиностроении. М., Машгиз, 1960.
 6. Цейтлин Н. И. Металлорежущие копировальные станки. М., Машгиз, 1951.
 7. Чернышев А. В. и Яхин А. Б. Автоматизация обработки на металлорежущих станках. М., Машгиз, 1959.
 8. Яхин А. Б. Автоматизация станочных операций. Трудрезервиздат, 1957.
 9. Станкостроение и автоматизация технологических процессов в машиностроении, ЦБТИ МС и ИП, 1957
 10. Z á h o ř J., E l š l e ě g r V. Kopírování no obráběcích stroyich, SNTL, Praha, 1961.
-

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	3
Введение	6
Глава I. Методы рационализации фрезерных работ	7
1. Задачи снижения себестоимости на каждой операции	7
2. Составляющие времени на обработку. Классификация затрат рабочего времени	10
3. Пути сокращения времени на обработку	15
4. Совмещение обработки по времени	30
5. Автоматизация фрезерных работ	36
<i>Литература</i>	41
Глава II Назначение рационального режима резания при фрезеровании	42
1. Факторы, определяющие уровень режима резания	42
2. Факторы, влияющие на выбор режима резания	58
3. Выбор режима резания	71
<i>Литература</i>	82
Глава III Рациональная конструкция и эксплуатация фрез	83
1. Зубья фрезы	83
2. Конструктивное оформление фрез	100
3. Закрепление фрез	131
4. Эксплуатация фрез	143
<i>Литература</i>	151
Глава IV Точность обработанной детали	152
1. Точность размеров	152
2. Точность геометрической формы	164
3. Качество поверхности	166
<i>Литература</i>	172
Глава V Основы выбора высокопроизводительных фрезерных приспособлений	173
1. Основные сведения о приспособлениях	173
2. Установочные элементы приспособлений	176
3. Зажимные детали и механизмы	191
4. Направляющие детали и механизмы	211
5. Поворотные устройства	215
6. Универсально-наладочные приспособления	229
<i>Литература</i>	234
Глава VI. Рациональное использование фрезерных станков	235
1. Основные сведения о фрезерных станках	235
	331

2. Элементы механизации и автоматизации фрезерных станков	251
3. Примеры модернизации фрезерных станков	268
<i>Литература</i>	288
<i>Глава VII Основные сведения о программном управлении фрезерными станками</i>	290
1. Принципы программного управления	290
2. Станки с преселективным набором программного управления	291
3. Копировально-фрезерные станки	304
4. Фрезерные станки с программным управлением	320
<i>Литература</i>	330



Сергей Владимирович Аврутин

РАЦИОНАЛЬНАЯ РАБОТА ФРЕЗЕРОВЩИКА

Редактор издательства *Л И Максимова*

Технический редактор *Б И Модел*

Корректор *Е. А. Давыдкина*

Переплет художника *Р В Петрова*

Сдано в производство 19/XII 1966 г. Подписано к печати 4/X 1967 г.
 Т-08143. Тираж 20 000 экз. Печ. л. 20,75 Бум. л. 10,38. Уч.-изд. л. 22,0
 Темплан 1967 г. № 234. Формат 61×90¹/₁₆. Цена 1 р. 03 к. Зак. № 1392

Издательство «МАШИНОСТРОЕНИЕ», Москва, Б-66, 1-й Басманный пер. 3

Ленинградская типография № 6 Главполиграфпрома
 Комитета по печати при Совете Министров СССР
 Ленинград, ул. Моисеенко, 10

