

И. И. ДАШЕВСКИЙ, И. М. БУРЦЕВ, А. М. ЗАКРЕВСКИЙ

ПРОФИЛЬНОЕ ШЛИФОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ПРИБОРОВ



И. И. ДАШЕВСКИЙ, И. М. БУРЦЕВ,
А. М. ЗАКРЕВСКИЙ

ПРОФИЛЬНОЕ ШЛИФОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ПРИБОРОВ

ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА 43Т



Москва
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
1977



6П4.67

Д12

УДК 621.9

Рецензент инж. М. А. ОВОДОВ

Дашевский И. И., Бурцев И. М., Закревский А. М.

**Д12 Профильное шлифование деталей машин и приборов.
М., «Машиностроение», 1977.**

176 с. с ил.

В книге обобщен опыт профильного шлифования деталей машин и приборов на плоскошлифовальных, круглошлифовальных и профилишлифовальных станках в условиях серийного производства; показана возможность замены ручной слесарной обработки деталей профильным шлифованием с применением специальных и универсальных приспособлений.

Книга предназначена для рабочих-шлифовщиков, мастеров и технологов, работающих на машиностроительных и приборостроительных предприятиях.

Д $\frac{31207-105}{038(01)-77}$ — 105-77

6П4.67

ВВЕДЕНИЕ

Существует два основных метода шлифования фасонных профилей: профилированным шлифовальным кругом и с помощью управляемых движений шлифовального круга или обрабатываемой детали. Шлифование профилированным кругом осуществляется главным образом путем врезного шлифования. В данном случае на шлифовальном круге с помощью универсальных или специализированных приспособлений или копируемых профилирующих аппаратов профилируется контур, обратный контуру обрабатываемой детали. Будучи весьма производительным, метод врезного шлифования профилированным кругом ограничивается в применении шириной шлифовального круга и глубиной обрабатываемого контура.

При шлифовании с помощью управляемых движений шлифовального круга или детали обработка ведется узким кругом с профилем довольно простой формы. При этом круг перемещается посредством следящего устройства, в результате каждая точка профиля обрабатывается последовательно. Метод получил распространение главным образом в случаях, когда шлифуемый профиль шире применяемых в производстве шлифовальных кругов или обрабатывается на большую глубину, а также при обработке фасонных профилей в деталях из твердых сплавов или особо твердой керамики.

В условиях массового и крупносерийного производства для обработки ряда деталей применяются профилешлифовальные станки специального назначения, работающие в полуавтоматическом и автоматическом режиме. К ним относятся зубошлифовальные станки, станки для обработки элементов лопаток турбин, станки для шлифования кулачков, распределительного вала двигателей внутреннего сгорания и ряда других. Однако, как показала практика, на многих предприятиях при внедрении профильного шлифования в серийном производстве используют методы и оснастку, применяемые в инструментальных цехах в условиях единичного производства. Это влечет за собой увеличение трудоемкости обработки, повышение себестоимости деталей.

В настоящей книге приводится описание процессов профильного шлифования деталей применительно к условиям серийного производства в механических и инструментальных цехах машиностроительных и приборостроительных предприятий. Многие устройства и процессы, приведенные в книге, демонстрировались на ВДНХ СССР, на отраслевых выставках и награждены дипломами и медалями.

СТАНКИ ДЛЯ ПРОФИЛЬНОГО ШЛИФОВАНИЯ

Для профильного шлифования деталей машин и приборов в серийном производстве применяют главным образом универсальные плоскошлифовальные и круглошлифовальные станки повышенной точности, профишлифовальные станки с ручным и программным управлением и в некоторых случаях резбшлифовальные станки.

Для получения более низкой шероховатости обработки желательно применять станки со шпинделем шлифовального круга, установленным на опоры скольжения, и с принудительной подачей смазки в зазоры между шейками шпинделя и опоры. В случае использования в качестве опор шпинделей подшипников качения необходимо устанавливать прецизионные подшипники классов точности С, СА и А. Из плоскошлифовальных станков наиболее удобными являются станки с продольным ходом стола 600—800 мм, оснащенные плавно регулируемой гидравлической системой и независимым ручным, продольным и поперечным перемещением стола. Однако это не исключает при обработке крупногабаритных деталей применения станков больших размеров.

По точности станок должен отвечать следующим важнейшим требованиям:

- а) плоскостность рабочей поверхности стола до 0,004 мм на 500 мм длины, причем выпуклость не допускается;
- б) прямолинейность перемещения стола в вертикальной и горизонтальной плоскостях 0,003—0,004 мм;
- в) осевое биение шлифовального шпинделя не более 0,005 мм;
- г) перпендикулярность перемещения шлифовальной бабки направлению поперечного хода стола 0,01 мм на 300 мм;
- д) перпендикулярность оси вращения шпинделя продольному ходу стола 0,005 мм на 150 мм;
- е) непараллельность оси вращения шпинделя направлению поперечного перемещения стола в вертикальной плоскости не более 0,005 мм на 150 мм.

Плоскошлифовальный станок 3Г71. Поперечное и продольное перемещение стола на станке 3Г71 (рис. 1) может производиться как вручную, так и автоматически от гидросистемы. Вращение шлифовального шпинделя станка производится от отдельного электродвигателя. Вертикальная подача шлифовальной головки может производиться как вручную, так и автоматически через лопасти гидроцилиндра от гидропривода. Кроме того, шлифовальная головка может получить ускоренное перемещение от специального электродвигателя.

Включение станка в общую электросеть производится вводным пакетным выключателем, находящимся с тыльной стороны станка. На пульте управления электрической системы загорается лам-

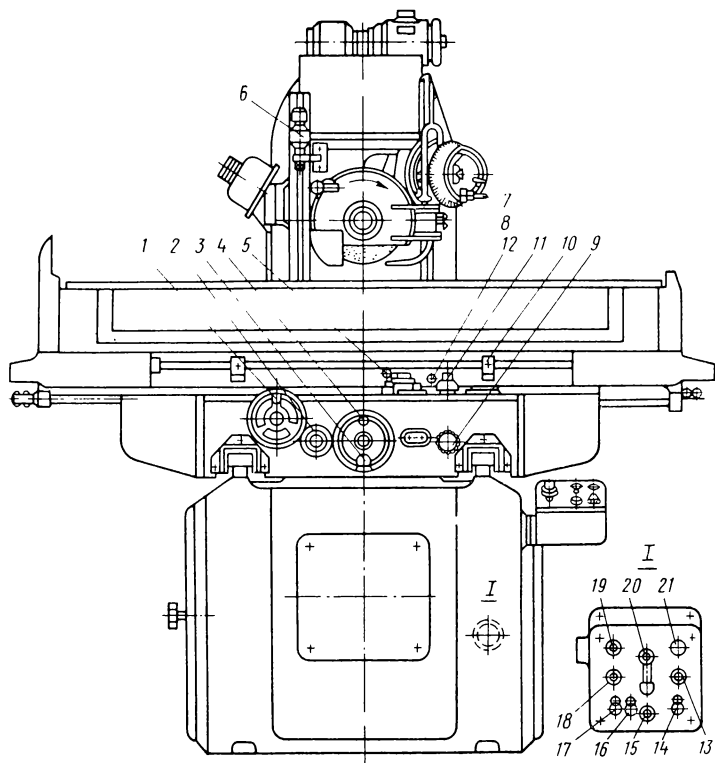


Рис. 1. Плоскошлифовальный станок 3Г71 с пультом управления:

1 — маховик продольного ручного перемещения стола; 2 — лимб установки величины автоматической поперечной подачи стола; 3 — лимб ручной поперечной микрометрической подачи стола; 4 — маховик ручной поперечной подачи стола; 5 — рукоятка ручного продольного реверсирования стола; 6 — ограничитель вертикальной подачи шлифовальной головки; 7 — маховик ручной вертикальной подачи шлифовального круга; 8 — рукоятка крана регулировки подачи охлаждающей жидкости; 9 — кнопка включения и реверсирования поперечной подачи; 10 — упоры продольного реверсирования стола; 11 — рукоятка пуска и останова стола и разгрузки гидропривода; 12 — рукоятка скорости движения стола; 13 — кнопка включения гидропривода; 14 — переключатель режима работы; 15 — лампа сигнализации о включении станка; 16 — переключатель освещения; 17 — кнопка-переключатель магнитной плиты; 18 — кнопка включения шпинделя; 19 — кнопка «Все стоп»; 20 — барабанный переключатель ускоренного перемещения шлифовальной головки; 21 — кнопка выключения гидропривода

почка 15 «Станок включен». Затем переключателем 14 устанавливается дальнейший режим работы станка «С плитой» или «Без плиты». При установке режима работы «С плитой» включается система блокировки. Шлифовальный круг и стол при выключенной магнитной плите не включаются, благодаря этому устраняется возможность срыва детали с плиты из-за ошибки шлифовщика.

Включение и выключение магнитной плиты производится кнопкой переключателя 17. Гидропривод станка включается кнопкой 13, а выключается кнопкой 21. Для пуска шпинделя служит кнопка 18. Расположенная на пульте рукоятка управляет барабанным переключателем 20 ускоренного передвижения шлифовальной головки. Кнопка 16 служит для включения местного освещения станка. Выключается станок кнопкой 19.

Наиболее ответственным узлом шлифовального станка является шлифовальная головка со шпинделем. В шлифовальной головке станка 3Г71 шпиндель вращается в двух бронзовых трехопорных подшипниках. Радиальные зазоры у подшипника регулируются осевым перемещением вкладышей, имеющих наружную коническую поверхность во втулках. Для перемещения втулок в головке предусмотрены косозубые колеса и червяки. Колеса соединены с подшипниками прямоугольной резьбой и упираются торцами во втулки. При вращении червяков косозубые колеса перемещают подшипники, уменьшая радиальные зазоры между контактными поверхностями подшипников и шейкой шпинделя. При этом промежуточные части вкладыша между контактными полосками деформируются и образуют вследствие большого зазора полости с пониженным давлением, в которые из масляной ванны по трубкам засасывается смазка. С левой стороны шлифовальной головки расположен указатель контроля уровня масла в ванне.

Зазор между косозубыми колесами и втулками выбирают, вращая гайку, которую по окончании регулировки подшипников стопорят винтами через прокладки. Подшипники также стопорят винтами. Возникающие на шпинделе осевые силы воспринимают упорные кольца. При регулировании осевого зазора кольцо перемещается винтами в осевом направлении, после чего винты стопорят гайками. Следует отметить, что регулировка осевого зазора значительно сложнее, чем радиального. В связи с этим в процессе работы осевое биение шлифовального круга возникает гораздо чаще, чем радиальное, поэтому часто при работе торцом круга на шлифуемой детали образуются погрешности формы по прямолинейности и перпендикулярности.

Шлифовальный круг на станке 3Г71 устанавливается между двумя фланцами, один из которых имеет конусное отверстие, соответствующее конусной шейке шпинделя станка, и закрепляется гайкой. После балансировки круг устанавливается на шпиндель и закрепляется специальным винтом. При вывинчивании винта он снимает фланцы с конуса шпинделя. Для успешной работы на плоскошлифовальных станках очень важно наличие у них ограничителей вертикальной подачи шлифовальной головки. Если их нет, то необходимо применять устройство (рис. 2), состоящее из закрепленной на верхней части станка планки 1 с Т-образным пазом. Это устройство установлено на корпусе шлифовальной

бабки микрометрического упора 2 и перемещается по планке нижнего упора 3. Устройство упоров изображено на рис. 3.

Станки для обработки профилей круглых деталей. Для шлифования цилиндрических деталей могут быть использованы универсальные круглошлифовальные, а в ряде случаев и резьбошлифовальные станки. На универсальных круглошлифовальных станках (рис. 4) передняя бабка 1 и шлифовальная головка 13 с кругом могут поворачиваться вокруг вертикальной оси и устанавливаться под любым углом с точностью до $\pm 5'$. Поскольку шлифовальный круг установлен под углом, можно наклонные участки профиля шлифовать периферией или боковыми сторонами без специального профилирования.

Для шлифования деталей небольшого диаметра применяют специализированные станки с двусторонней шлифовальной головкой. Можно также использовать модернизированные универсально-заточные станки типа 3А64М, которые удобны тем, что имеют поворотную шлифовальную головку с двусторонним шлифовальным шпинделем и поворотный стол. При применении универсально-заточных станков обработку вести необходимо кругами диаметром 250 мм, которые должны выступать за пределы шлифовальной головки. При этом частоту вращения шпинделя станка снижают до 1900 — 2000 об/мин и на головку устанавливают более надежные ограждения для защиты рабочего в случае разрыва шлифовального круга. Необходимо также оснастить станок специальной передней бабкой с приводом вращения детали и задней бабкой с центром, соосным центру передней бабки. Для упрощения процесса профильного шлифования на круглошлифовальных станках их оснащают индикаторным указателем продольного перемещения стола 6 и подставкой 5 для концевых мер, которые устанавливают между индикатором и подвижным упором.

Многие работы по профильному шлифованию могут быть выполнены и на резьбошлифовальных станках. К ним в первую очередь относится обработка контуров деталей, у которых профиль шлифуется на небольшую глубину и имеет маленькие ра-

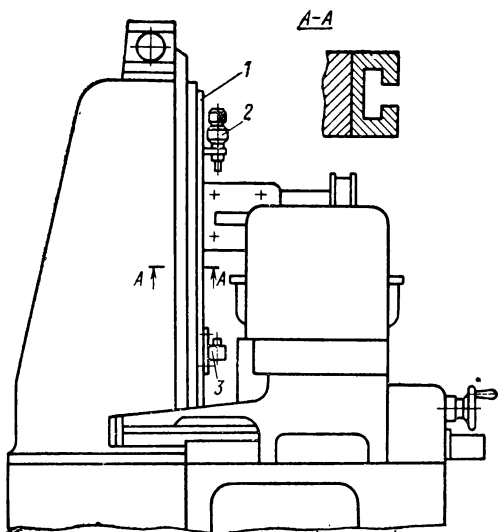


Рис. 2. Устройство для ограничения вертикальной подачи шлифовального круга

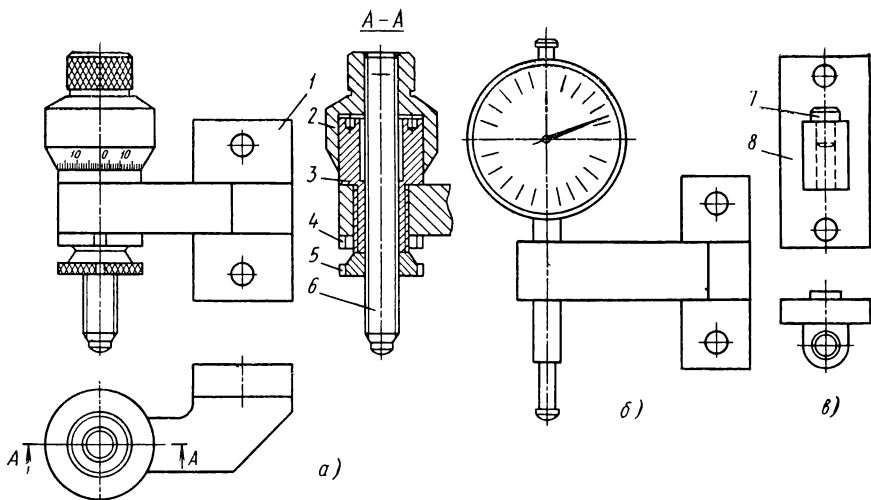


Рис. 3. Упоры ограничения вертикальной подачи шлифовальной головки на станке 3Г71:

a — микрометрический ограничитель; *б* — индикаторный ограничитель шлифовальной головки; *в* — нижний жесткий упор; 1 — корпус; 2 — лимб; 3 — втулка; 4 — упорная гайка; 5 — контргайка; 6 — микрометрический винт; 7 — подпятник; 8 — кронштейн

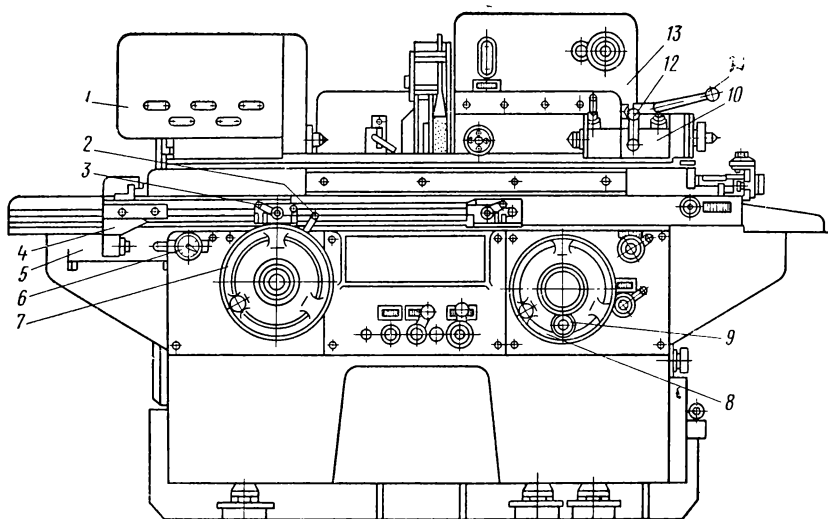


Рис. 4. Универсальный круглошлифовальный станок для профильного шлифования:

1 — передняя бабка; 2 — рукоятка реверса стола; 3 — рукоятка упора; 4 — передвижной упор ограничения продольного хода стола; 5 — подставка для концевых мер; 6 — индикаторный указатель продольного перемещения стола; 7 — маховик продольной подачи стола; 8 — маховик механизма подачи шлифовальной бабки; 9 — рукоятка переустановки лимба врезной подачи шлифовальной бабки; 10 — задняя бабка; 11 — рукоятка отвода пиноли задней бабки; 12 — рукоятка зажима пиноли задней бабки; 13 — шлифовальная головка

диусы закруглений с жесткими допусками. Преимущество резбошлифовальных станков при обработке таких деталей состоит в том, что шлифовальный круг имеет сравнительно большой диаметр и лучше сохраняет острые кромки. На резбошлифовальных станках можно шлифовать и плоские детали, например замки

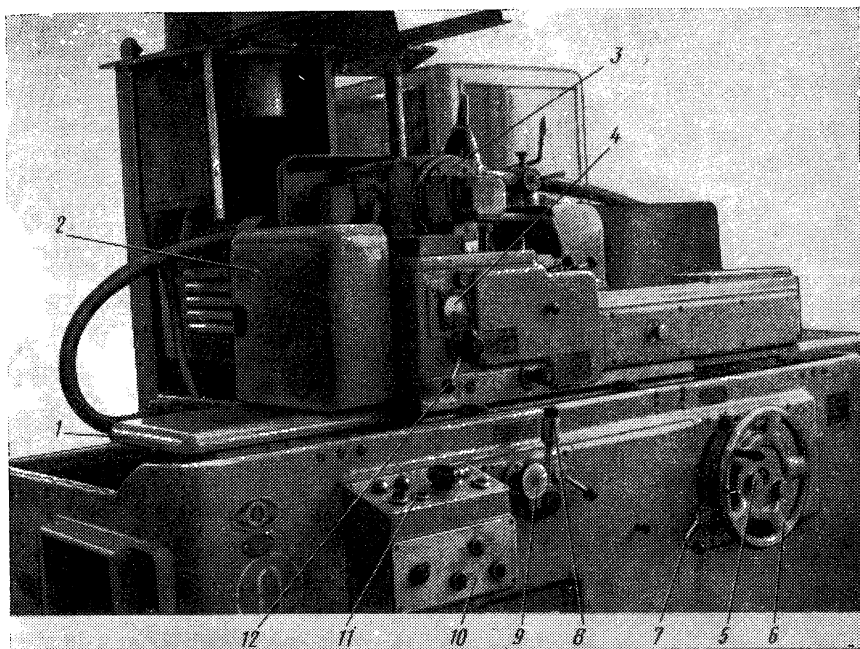


Рис. 5. Резбошлифовальный станок 5822:

1 — стол; 2 — передняя бабка; 3 — шлифовальная головка; 4 — тахометр частоты вращения детали; 5 — лимб тонкой поперечной подачи; 6 — маховик поперечного перемещения шлифовальной головки; 7 — рукоятка быстрого отвода и подвода шлифовального круга; 8 — рукоятка пуска и реверс стола и детали; 10 — пульт управления электродвигателями; 9 — винт с лимбом для ввода шлифовального круга в обрабатываемый профиль; 11 — пульт кнопочного управления станком; 12 — рукоятка включения затывочного движения

у лопаток турбин. Для этого используется приспособление для плоского шлифования, имеющее возвратно-поступательное движение стола. Для профильного шлифования целесообразно использовать в первую очередь резбошлифовальные станки, имеющие устройства для ручного профилирования шлифовального круга, а также устройства для накатывания профиля на круге роликом.

Станок 5822 (рис. 5) работает одно- и многопрофильным кругом и имеет достаточную степень автоматизации. Основные данные станка: наибольший диаметр обрабатываемых деталей 150 мм; наибольшее расстояние между центрами 500 мм; диаметр шли-

фовального круга 300—400 мм; наибольшая конусность шлифования наружной поверхности 1 5.

При шлифовании профилей, которые шире шлифовального круга, или, если профиль должен быть обработан на большую глубину, или когда из-за формы профиля нельзя применять врезное шлифование, используются станки, где обработка ведется с помощью управляемых движений шлифовального круга и обрабатываемой детали. При работе на таких станках не нужно применять сложных устройств для правки круга — шлифование профиля любой сложности производится кругом одной геометрической формы, удобной для правки. Метод шлифования профилей с помощью управляемых движений круга и детали применяется на профилешлифовальных станках разных конструкций: копировально-шлифовальных станках при шлифовании по копиру, выполненному в произвольно увеличенном масштабе (от 1 1 до 1 100), причем согласование масштаба копира с размером детали производится путем изменения соотношения длины плеч у пантографа; оптических профилешлифовальных станках с экраном (например, мод. 395М), на который контур обрабатываемой детали проецируется с увеличением в 50 раз; на оптических профилешлифовальных станках с пантографом и микроскопом (или микроскопом, заблокированным с проектором) и т. п.

Копировально-шлифовальный станок 3П95. Основные данные станка: обрабатываемый профиль 150×60 мм; наибольшая высота шлифуемой детали 50 мм; наибольшая длина и ширина копира 350×150 мм; наибольший угол поворота стола копира 35°; масштаб копирования от 1 1 до 1 100; наибольший диаметр шлифовального круга 150 мм.

На рис. 6 показаны элементы станка. На станине 5 смонтирован стол 4, шлифовальная головка 3, связанная с одним из звеньев пантографа 2 и двойным параллелограммом 1, и стол 8 для закрепления копира. Стол 4 поворачивается вручную вокруг вертикальной оси, что позволяет свободно закреплять на нем шлифуемые детали и приспособление с алмазом для правки круга, а затем устанавливать их в нужном положении относительно шлифовального круга. Стол может перемещаться, кроме того, в горизонтальной плоскости и совершать возвратно-поступательные движения в вертикальном направлении. Стол 8 служит для закрепления на нем копира 9 и линейки для правки шлифовального круга. Стол можно перемещать в поперечном и продольном направлениях при помощи маховиков 6, 7 и ходовых винтов. Для контроля за точным перемещением стола с копиром предусмотрены шкалы и нониусы, позволяющие измерять перемещения стола с точностью до 0,01 мм. Основными кинематическими звеньями станка являются пантограф и двойной параллелограмм, которые связывают перемещение шлифовальной головки с перемещением копирного пальца 10 по шаблону-копиру. Вершина шлифовального круга описывает при этом профиль, геометри-

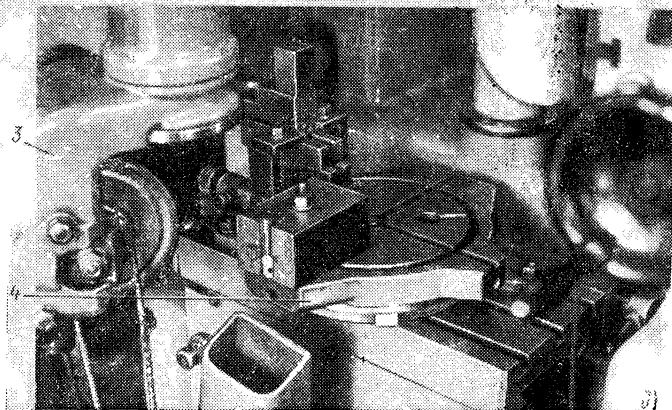
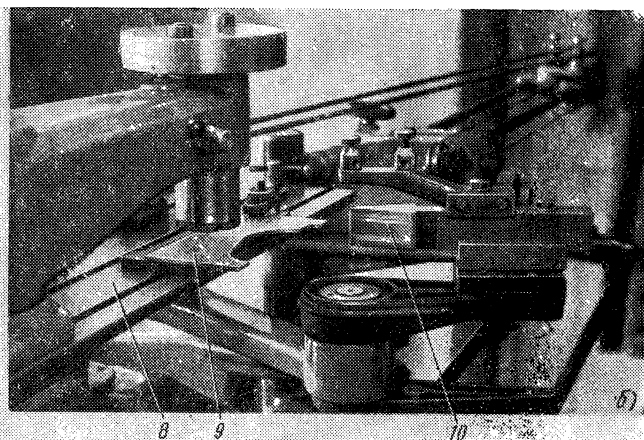
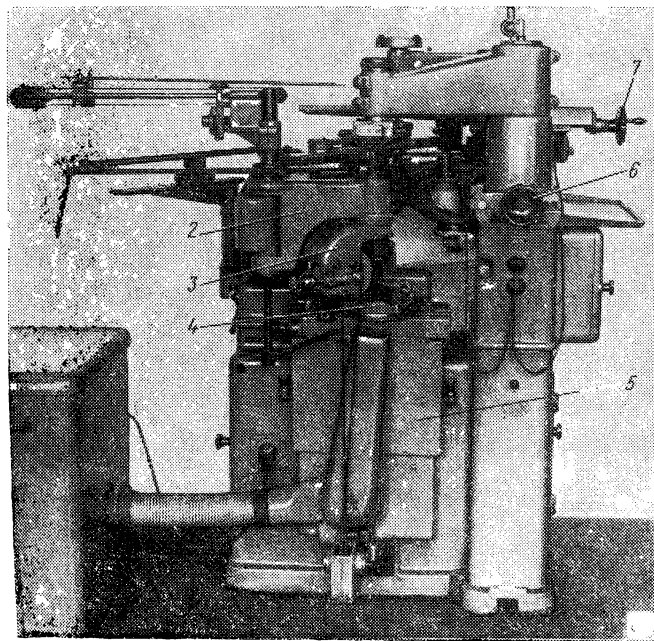


Рис. 6. Копировально-шлифовальный станок 3П95:
 а — вид сзади; б — вид сверху; в — стол изделия и шлифовальная
 головка

чески подобный профилю копира в уменьшенном масштабе. Передаточное число пантографа (от копира к детали) можно подобрать любое в пределах от 1 : 1 до 1 : 100. Практически в зависимости от размера обрабатываемой детали чаще всего применяют отношения 1 : 4—1 : 20.

Обходя профиль копира 7 (рис. 7), копирный палец 6 при продольном перемещении одновременно совершает колебательные движения. Эти движения передаются шлифовальному кругу через систему рычагов 1 и 2 вспомогательного параллелограмма.

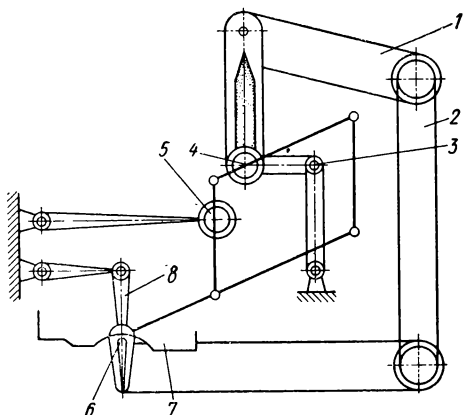


Рис. 7. Схема регулирования передаточного отношения пантографа и передачи движения копирного пальца шлифовальному кругу

Передаточное отношение пантографа от копирного пальца к шлифовальному кругу регулируется изменением соотношения длины плеч параллелограмма в звеньях 4 и 5 и поворотом шарниров 3 и 8.

Оба звена снабжены шкалами с делениями. Для более точной установки передаточного отношения применяют наборы концевых мер, которые вставляют между установочным ползуном и упором на штанге пантографа. Копир закрепляют на столе, на котором установлена откидная упорная линейка, служащая упором для копирного пальца при правке шлифовального

круга алмазом. Копиры обычно изготавливают из алюминиевых латунных или стальных листов толщиной 1—2 мм. Вершина копирного пальца, закрепленного на удлиненном плече пантографа, должна точно совпадать с поворотной осью его державки. Копирный палец изготавливается с высокой точностью, так как от этого зависит точность профилирования шлифовального круга

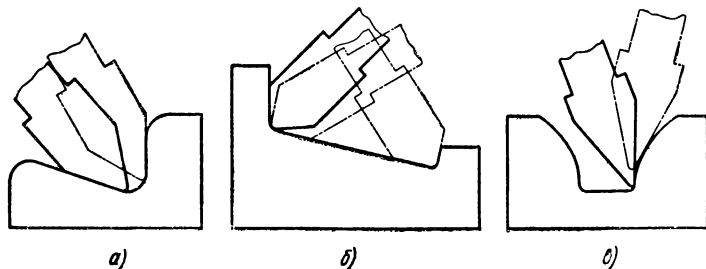


Рис. 8. Формы копирных пальцев:

а, б — для дуг различных радиусов; в — для глубоких узких профилей

и правильность воспроизведения профиля копира на обрабатываемой детали.

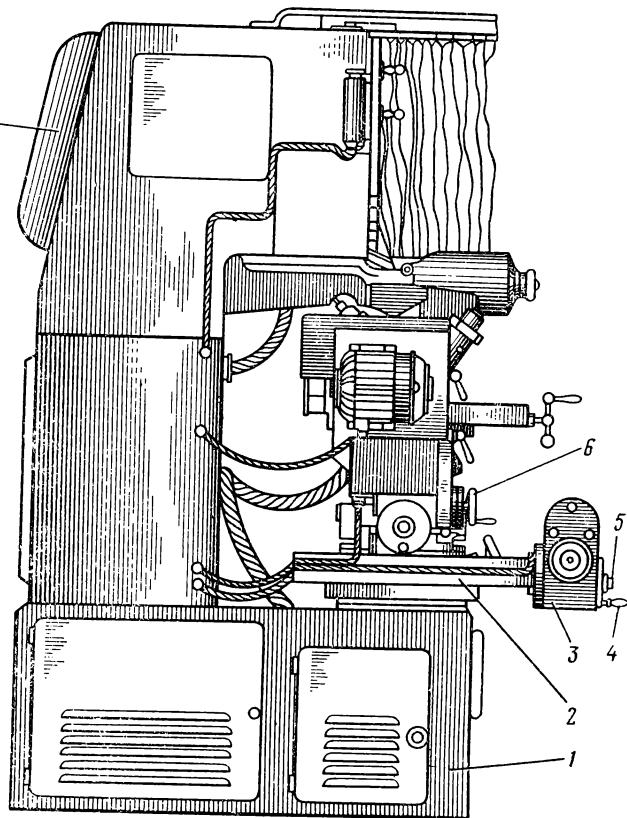
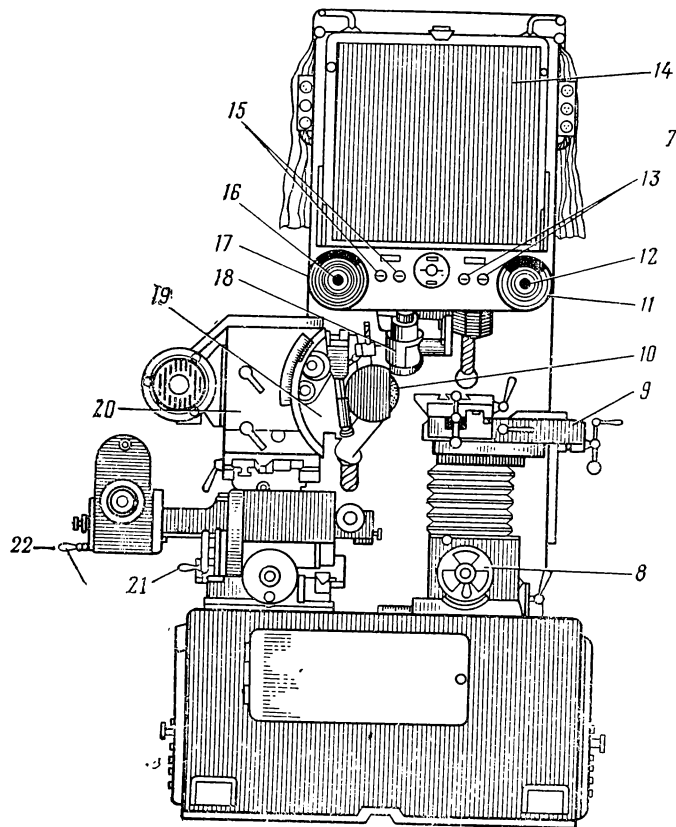
Формы копирных пальцев, выполненных применительно к профилю копиров различных очертаний, показаны на рис. 8. Копирный палец должен быть подобран таким образом, чтобы можно было его вершиной последовательно обвести все точки профиля копира; соответственно этому шлифовальный круг отшлифует все точки профиля детали. Профили стандартных копирных пальцев обычно имеют углы 60 и 35°, а радиусы закруглений при вершине угла копирного пальца выбирают в зависимости от масштаба копирования и допустимого радиуса профиля шлифовального круга. Профиль шлифовального круга должен иметь такой же угол, что и профиль копирного пальца. Шлифовальный круг правят алмазом. Его вставляют в державку, закрепленную в специальном приспособлении. Приспособление устанавливают на квадранте круглого стола, находящегося слева от закрепленной обрабатываемой детали.

Оптический шлифовальный станок 395М имеет следующие технические данные: наибольший размер обработки без перемещения детали 10×10 мм, при перемещении с координатным столом 150×60 мм; наибольшая толщина шлифуемой детали 48 мм; увеличение оптической системы 50; размер экрана 500×500 мм; наибольший диаметр шлифовального круга 125 мм.

На станине 1 станка (рис. 9) смонтированы подъемный механизм 8 с закрепленным на нем координатным столом 9 и шлифовальный суппорт 2 с установленной на нем шлифовальной головкой 20. На тумбе станины установлен проектор 7. На лицевой стороне проектора имеется экран 14, на котором в увеличенном в 50 раз виде с помощью оптического проекционного устройства проецируются обрабатываемая деталь и шлифовальный круг 10. Шлифовальный шпиндель установлен на салазках, совершающих в процессе шлифования прямолинейные возвратно-поступательные движения вдоль корпуса редуктора 19.

На задней стенке корпуса шлифовальной головки 20 закреплен электродвигатель, который через плоскоременную передачу вращает шлифовальный шпиндель. Возвратно-поступательное движение салазок шпинделя осуществляется кулисным механизмом, приводимым в движение тем же ремнем, что и шкив шлифовального шпинделя. Промежуточный шкив, получающий вращение от этого ремня через коробку скоростей, передает движение эксцентриковому валу, палец которого, вращаясь в пазу кулисы, обеспечивает возвратно-поступательное движение маточной гайки, движущейся совместно с салазками шлифовального шпинделя. Величина хода салазок шлифовального шпинделя изменяется поворотом эксцентрикового валика от 0 до 50 мм.

Шлифовальная головка 20 расположена на поворотном диске, в результате чего шлифовальный круг можно поворачивать в обе стороны от +10 до -10° относительно шлифуемой детали, закреп-



ленной на координатном столе станка. Салазки шлифовального круга при необходимости можно устанавливать под нужным углом к горизонтальной и вертикальной плоскостям. Это достигается перемещением угловых шкал по дуговым участкам. Перемещение шлифовального круга, необходимое для обработки профиля детали, производится с помощью верхних и нижних салазок суппорта шлифовальной головки. Перемещение верхних салазок может производиться вручную с помощью маховика 6 и нижних салазок с помощью маховика 22. При этом за один оборот маховика салазки перемещаются на 0,02 мм. Замедленная подача салазок необходима для точной подачи шлифовального круга на деталь, так как при профильном шлифовании допуски на точность обработки отдельных элементов профиля весьма жесткие. Верхние и нижние салазки суппорта шлифовальной головки перемещаются вручную или автоматически регулятором 3. Каждые салазки имеют свой редуктор и электродвигатель постоянного тока. Винтом 5 можно изменить передаточное число планетарного механизма или включить ручное управление рукоятками 4 и 21.

Автоматическое управление верхними салазками шлифовальной головки осуществляется рукояткой 16, нижними салазками — рукояткой 12. Тумблер 17 служит для изменения направления автоматического движения верхних салазок шлифовальной головки, а тумблер 11 — нижних салазок. Пуск и останов шлифовального шпинделя производят кнопками 15, а запуск и выключение генератора — кнопками 13. В процессе подготовки к шлифованию обрабатываемые детали призматической формы крепят на рабочей плоскости координатного столика, с помощью которого деталь перемещается относительно объектива оптической системы станка 18. Для получения четкого изображения увеличенного контура детали на экране верхнюю плоскость профиля обрабатываемой детали устанавливают в фокус объектива вертикальным перемещением столика.

Пользуясь продольным и поперечным перемещением суппорта, можно установить нужный участок обрабатываемого профиля в поле зрения проектора. Затем к этому участку подводят шлифовальный круг. На экран проектора помещают точно выполненный чертеж с 50-кратным увеличением профиля обрабатываемого участка. Таким образом, на экране виден требуемый профиль, обрабатываемый профиль и профиль круга. Вращая рукоятки продольной и поперечной подач и одновременно следя за изображением на экране обрабатываемого профиля и режущей кромки круга, шлифовальный круг направляют таким образом, чтобы он описывал заданный чертежом контур. В результате получается профиль, геометрически подобный профилю, изображенному на чертеже с размерами, уменьшенными в 50 раз. Если обрабатываемый профиль укладывается целиком в квадрат 10×10 мм, соответствующий размерам чертежа 500×500 мм, то весь профиль

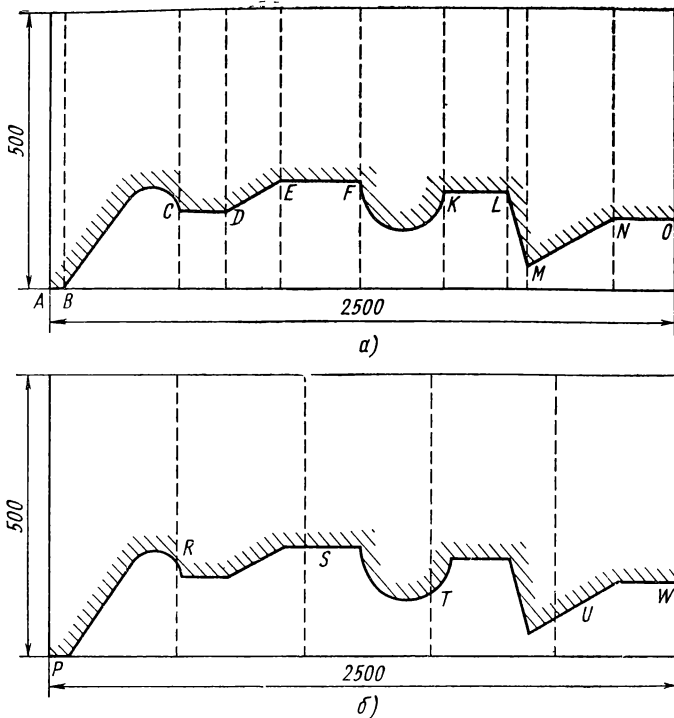


Рис. 10. Профиль детали, разделенный на участки для последовательной обработки:

a — линии соответствуют характерным точкам профиля; *б* — линии соответствуют разделению профиля на равные части по 10 мм

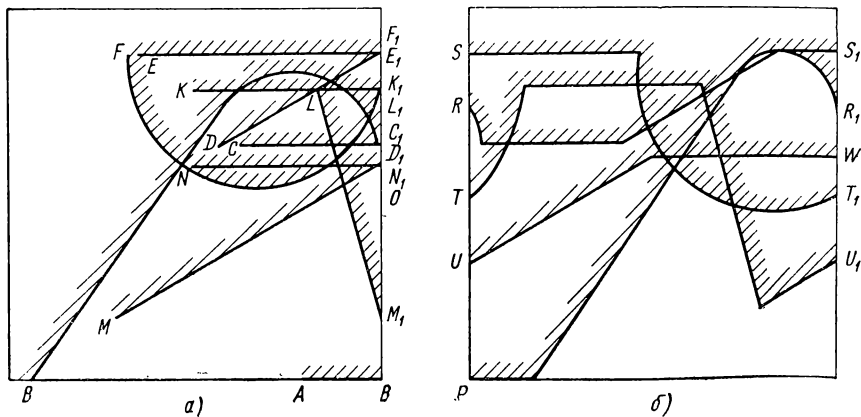


Рис. 11. Участки профиля:

a — вычерченные последовательно по характерным точкам; *б* — равные участки профиля
вычерченные последовательно

может быть обработан без перестановки кареток координатного стола. Такие случаи встречаются в практике очень редко. Обычно высота профиля и, в особенности, его длина имеют гораздо большие размеры. В таких случаях прибегают к следующему приему. Разбивают профиль детали по его длине и высоте на участки, которые вписывались бы в последовательно расположенные по горизонтали и вертикали квадраты 10×10 мм. Согласно проведенной разбивке, увеличенные в 50 раз участки вычерчивают на чертеже 500×500 мм таким образом, чтобы чертежи, вычерченные участками, можно было совместить в одно целое.

На рис. 10 изображен увеличенный в 50 раз профиль детали, длина которого равна 50 мм, а высота не выходит за пределы 10 мм. В данном случае профиль необходимо разделить только в горизонтальном направлении, так как в вертикальном направлении перемещать суппорт не нужно. Разбивка может быть произведена двумя способами. По первому способу (рис. 10, а) линии раздела могут быть сделаны по характерным точкам сопряжения отдельных участков профиля. Затем эти участки от первого A до последнего O вычерчиваются последовательно в совмещенном виде в квадрате 500×500 мм (рис. 11, а). При втором способе (см. рис. 10, б) вся длина профиля детали, равная 50 мм, разделена на пять равных частей длиной по 10 мм. В этом случае для построения профиля по частям в совмещенном виде (рис. 11, б) необходимо вычислить ординаты точек P, R, S, T, U, W , которые соответствуют линиям деления профиля на равные части. Эти вычисления приходится делать потому, что на рабочем чертеже обычно задаются координаты только характерных точек профиля, а не промежуточных. При возможности вычисления без особых затруднений ординат точек, разделяющих профиль на равные отрезки, предпочтительно пользоваться вторым способом, так как при нем для перехода от обработки одного участка к обработке следующего за ним все время наращивают концевые меры равной длины.

На рис. 12 изображен профиль детали, который не только по длине, но и по высоте не укладывается в квадрат 10×10 мм. В данном случае профиль следует разделить и по длине и по высоте на участки, равные или меньшие 10 мм. После такого деления все участки от первого до последнего вычерчивают последовательно в порядке, удобном для дальнейшего совмещения на листе размером 500×500 мм (рис. 13). На всех точках перехода от одного участка к другому стрелками указываются направления перемещения координатного стола для соответствующего участка с закрепленной на нем обрабатываемой деталью. Дополнительно цифрами могут обозначаться размеры наборов концевых мер длины, которые вставляют в гнезда поперечных и продольных кареток координатного стола для соответствующего перемещения с целью обработки последующего участка профиля детали. Для лучшей ориентации шлифовщика при переходе от обработки одного

участка профиля к другому на границах этих переходов в пределах масштаба, допускаемого чертежом, вычерчиваются начальные и конечные изображения контуров соседних участков (рис. 14).

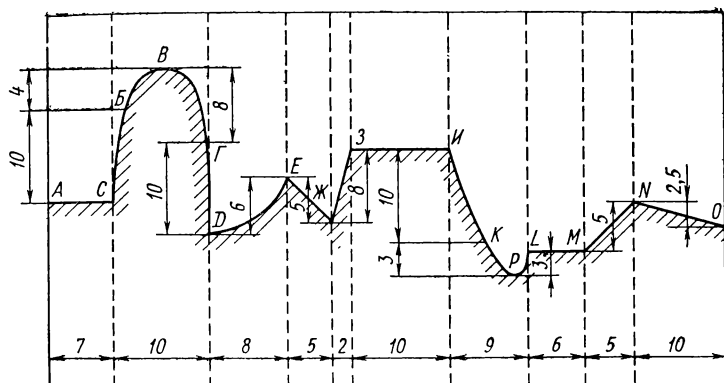


Рис. 12. Профиль, обрабатываемый по частям при поперечном и продольном перемещении суппорта

Таким образом, шлифовщик работает, руководствуясь не только размерами увеличенного чертежа, но и совпадением контуров, граничащих с обрабатываемым участком.

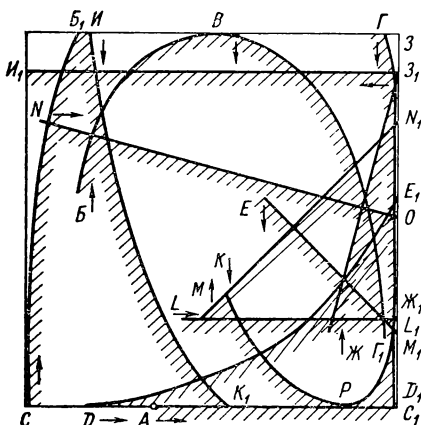


Рис. 13. Профиль, вычерченный по участкам, совмещенным на укороченной длине детали

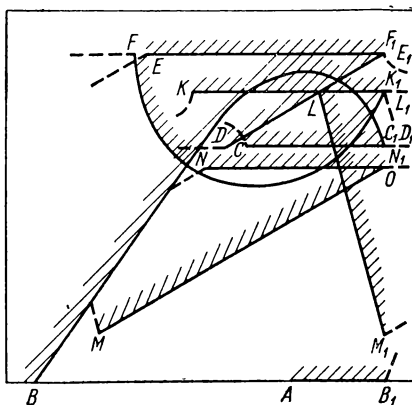


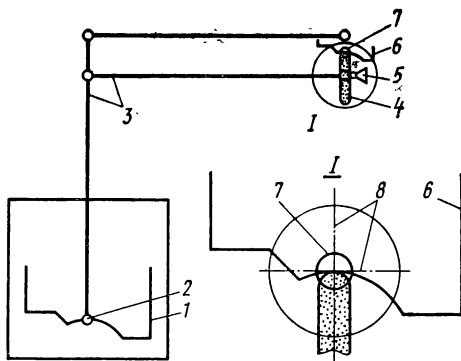
Рис. 14. Профиль, вычерченный с совмещением граничных участков

Профилешлифовальные станки с пантографом и микроскопом применяются при шлифовании кулачков, прокатных роликов, шаблонов, фасонных резцов и других деталей, имеющих открытый, доступный для обработки шлифовальным кругом, профиль. Станки этой конструкции позволяют при одном положении координатного стола обрабатывать профиль детали размером 10×10 мм,

совмещая профиль с увеличенным в определенном масштабе чертежом обрабатываемого профиля. При обработке деталей, у которых длина и глубина профиля превышают указанные размеры, необходимо перемещать салазки координатного стола относительно оптической системы с помощью набора концевых мер столько раз, сколько отрезков размером по 10 мм поместится на всей длине обрабатываемого профиля. Если по длине или глубине профиля может поместиться n отрезков длиной 10 мм (последний отрезок даже при длине менее 10 мм считается полным отрезком), то для обработки всего профиля деталь необходимо

Рис. 15. Кинематическая схема пантографа к профилешлифовальному станку с микроскопом:

1 — вычерченный с 50-кратным увеличением профиля детали; 2 — игла пантографа; 3 — плечи пантографа; 4 — шлифовальный круг; 5 — неподвижная шарнирная точка пантографа; 6 — профиль детали; 7 — окружность, проведенная из точки перекрестий микроскопа; 8 — перекрестие нитей микроскопа



переместить $n-1$ раз. Соответственно этому должны быть вычерчены контуры отдельных участков, с которыми нужно согласовывать обрабатываемые участки профиля.

Кинематическая схема и конструкция этих станков очень схожи со станками типа 395М. Их различие — в конструкции оптической системы и наличии пантографа. Проектор и микроскоп являются измерительной системой станков. Увеличение пантографа равно 50. Если иглой 2 пантографа (рис. 15) обвести изображенный на чертеже увеличенный в 50 раз профиль 1 детали, то точка пересечения нитей микроскопа опишет такой же, но уменьшенный профиль 6, являющийся профилем обрабатываемой детали. Пользуясь этим, профиль детали шлифуют до тех пор, пока его увеличенное изображение не совпадет с перекрестием 8 нитей микроскопа. На профилешлифовальных станках типа «Mikromat» микроскоп заблокирован с проектором, и поэтому во время работы можно наблюдать за положением шлифовального круга относительно обрабатываемой детали и перекрестий нитей микроскопа как через окуляр микроскопа, так и на экране проектора. Прямолинейные участки профиля можно шлифовать при автоматическом перемещении продольных и поперечных салазок. При обработке криволинейных участков шлифовщик одновременно работает двумя рукоятками, перемещающими продольные и поперечные салазки шлифовальной головки станка, периодически передвигает иглу пантографа по увеличенному в 50 раз чертежу

детали и, кроме того, следит по проектору за тем, чтобы режущая кромка шлифовального круга совпадала с точкой пересечения нитей микроскопа.

Оптический профишлифовальный станок с программным управлением. Несмотря на широкие технологические возможности оптических профишлифовальных станков трудоемкость обработки на них сложных профилей весьма значительна. Автоматизация шлифования сложных контуров может быть достигнута применением профишлифовальных станков с программным управлением. В настоящее время на ряде предприятий страны эксплуатируются созданные в ГДР оптические профишлифовальные станки с программным управлением типа SWPO80NCI. За основу этого станка принят оптический профишлифовальный станок типа «Mikromat» мод. SWPO80.

Станок оснащен специальными суппортами для обработки деталей в прямоугольных и полярных координатах и приставкой программного контурного управления. Эти усовершенствования позволили в значительной мере автоматизировать процесс шлифования, в связи с чем шлифовщик может совместить работу на станке с выполнением других работ. Но главное — повысилась точность шлифования; значительно сократилось общее время обработки детали. Программная обработка на этом станке осуществлена не полностью, а частично — по отдельным элементам цикла: последовательность обработки; величина, направление и скорость перемещения суппортов. Профилирование круга и установка его в точку перекрестий нитей микроскопа выполняются вручную, так как автоматизация этих операций привела бы к значительному усложнению программы и снизила эффективность процесса. В систему оптического профишлифовального станка с программным управлением входят шкаф управления и пульт обслуживания (рис. 16).

Техническая характеристика оптического профишлифовального станка SWPO80NC с программным управлением

Размеры шлифуемой поверхности, (мм) при обработке:	
по прямоугольным координатам	250×70
с помощью углового перемещения суппорта и круглого стола	160
Наибольшая высота шлифуемого профиля, мм	78
Углы поворота салазок коробки привода вокруг горизонтальной оси (для задних углов), град:	
вниз	0—30
вверх	0—3
Углы поворота коробки привода вокруг вертикальной оси (для шлифования боковых углов), град	+10 — —10
Наибольший диаметр шлифовального круга, мм	160
Увеличение микроскопа и проектора, крат	25
Передаточное отношение пантографа	50 : 1
Диаметр экрана проектора, мм	200
Точность повторения при позиционировании (повторное позиционирование одной точки из одного направления), мм	±0,002

Главными узлами станка являются: шлифовальный суппорт; суппорт заготовки с приспособлением для закрепления деталей; пантограф с микроскопом, проектором и осветительными устройствами; подъемный механизм координатного стола.

Шлифовальный суппорт (рис. 17) состоит из шлифовального шпинделя, верхних и нижних салазок, коробки

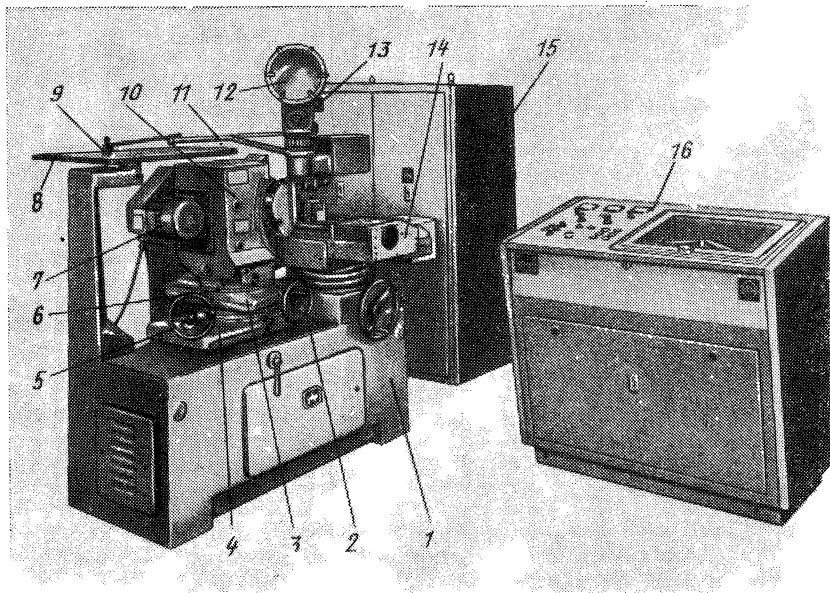


Рис. 16. Оптический профишлифовальный станок SWPO80NC с программным управлением:

1 — станина; 2 — маховик перемещения верхних салазок; 3 — верхние салазки шлифовального суппорта; 4 — нижние салазки шлифовального суппорта; 5 — маховик перемещения нижних салазок; 6 — лимб углового поворота коробки привода; 7 — электродвигатель шлифовального шпинделя и возвратно-поступательного движения шлифовальных салазок; 8 — стол крепления чертежа для пантографа при работе в ручном режиме; 9 — постоянный магнит для настройки нулевого положения при шлифовании с программным управлением (при работе в ручном режиме заменяется иглой пантографа); 10 — коробка привода; 11 — пантограф; 12 — проектор; 13 — микроскоп; 14 — суппорт заготовки; 15 — шкаф управления; 16 — пульт обслуживания

привода, коробки передач, шлифовальных салазок и механизма возвратно-поступательного движения. Он предназначен для сообщения шлифовальному кругу всех движений, необходимых для обработки профиля детали, и установки шлифовального круга в нужное положение относительно шлифуемого профиля. Электродвигатель шлифовального шпинделя и возвратно-поступательного движения закреплен на коробке привода. Коробку можно повернуть на 10° в каждую сторону вокруг вертикальной оси в круглых

направляющих поворотной плиты, связанных с верхними салазками. В коробке передач находится механизм возвратно-поступательного перемещения шлифовальных салазок. По направляющим коробки привода шлифовальную головку можно повернуть (по шкале и нониусу) вниз на угол 30° и вверх на угол 3° . Шлифовальный шпиндель с кругом закреплен на салазках. Шлифовальный круг закрыт защитным кожухом, к которому присоединен шланг пылесоса. При обработке контура детали вершина

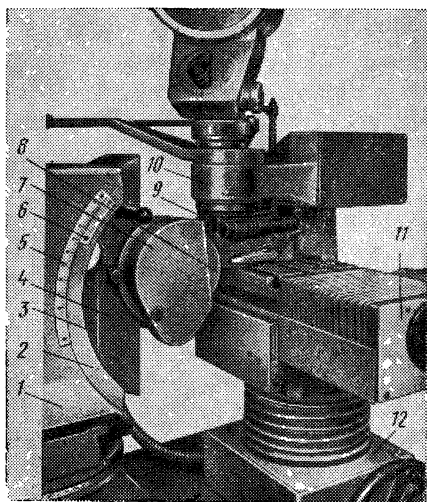


Рис. 17. Шлифовальный суппорт станка:

1 — коробка привода; 2 — поворотная плита шлифовальной головки; 3 — коробка передач; 4 — шлифовальные салазки; 5 — шкала; 6 — нониус установки угла поворота шлифовальной головки; 7 — защитный кожух шлифовального круга; 8 — шлифовальный круг; 9 — верхнее осветительное устройство; 10 — кронштейн установки оптической системы станка; 11 — суппорт заготовки; 12 — коробка подъемного механизма координатного стола

шлифовального круга должна совпадать с точкой пересечения нитей микроскопа. Перемещение круга в нужное положение производится рукоятками вдоль направляющих продольных и поперечных салазок.

Оптическая система станка состоит из микроскопа и проектора, которые дают увеличение в 25 раз. С микроскопом связан пантограф. Передаточное отношение пантографа равно 50. При работе станка в автоматическом режиме с применением программного управления пантографом пользуются для установки нулевого положения. После этого положение пантографа фиксируется магнитом (рис. 18). Микроскоп сблокирован с проектором, поэтому во время работы можно наблюдать за положением шлифовального круга как на экране проектора, так и с помощью микроскопа. В трубке микроскопа находится пластина, на которой выгравированы перекрестие нитей и несколько окружностей. При наблюдении в микроскоп просматривается зона, соответствующая площади круга диаметром 8 мм. В проекторе эта зона видна на экране диаметром 200 мм. Для просматривания детали

в проходящем свете пользуются нижним осветительным устройством. При этом на экран проектора или в поле зрения микроскопа видно изображение обрабатываемой детали и шлифовального круга в виде теневых силуэтов. Если элементы обрабатываемой детали выходят за пределы шлифуемого профиля и препятствуют прохождению света, работа производится в отраженном свете верхнего осветительного устройства. При этом в микроскопе видно цветное изображение просматриваемого объекта. С помощью проектора удобно наблюдать за процессом обработки, находясь в отдалении от станка. Это позволяет организовать многостаночное обслуживание.

Подъемный механизм предназначен для перемещения координатного стола с закрепленной на нем деталью в вертикальной плоскости. Деталь устанавливается относительно оптической системы так, чтобы ее профиль был четко виден, т. е. попал в фокусную плоскость микроскопа. Подъемный механизм состоит из направляющей стойки, к фланцу которой крепится основание поперечных салазок координатного стола. С фланцем колонки соединен винт, который приводится во вращение маховиком посредством гайки и двух конических зубчатых колес. При вращении маховика винт перемещает направляющую стойку и стол в вертикальном направлении. После установки координатного стола с обрабатываемой деталью по высоте направляющая стойка стопорится рукояткой. Стойка защищена от пыли кожухом.

Суппорты заготовки Профилешлифовальный станок SWP080NC оснащен двумя суппортами заготовки. Первым суппортом пользуются при обработке деталей в прямоугольных координатах X и Y . Вторым суппорт применяется при шлифовании профилей с полярной (круговой) системой отсчета координат. Суппорт для обработки по прямоугольным координатам выполнен как координатный стол, в верхней части которого имеются три продольных Т-образных паза. В эти пазы вводят головки болтов

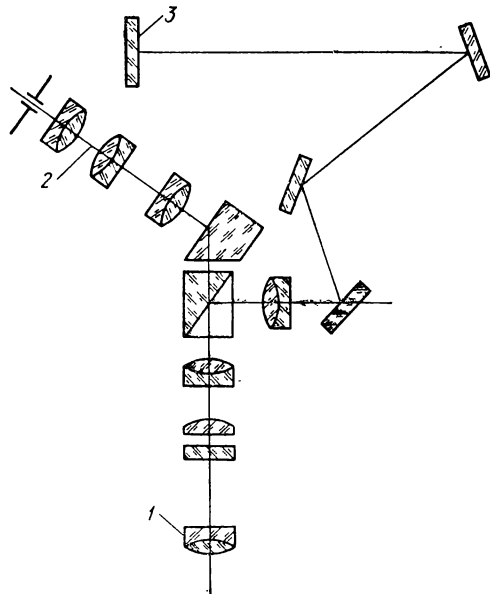


Рис. 18. Схема оптического устройства профилешлифовального станка:

1 — объектив микроскопа; 2 — окуляр; 3 — экран проектора

приспособлений для закрепления обрабатываемых деталей. Для перемещения по координатам X и Y на суппорте заготовки для каждого направления имеется автоматически работающий привод с серводвигателем и путевой измерительной системой. Стол для закрепления обрабатываемых деталей и крестовые салазки перемещаются по направляющим качения. Ходовые винты выполнены в виде шариковых винтовых пар.

Суппорты заготовки крепятся на фланце подъемного механизма координатного стола четырьмя винтами. После снятия этих винтов и отключения штепсельного разъема для привода суппорт для перемещения по координатам X и Y может быть заменен суппортом с полярной системой отсчета координат. Верхней частью этого суппорта является круглый стол диаметром 160 мм. Для закрепления заготовки на столе имеется два Т-образных паза, расположенных крестообразно, и центральное конусное отверстие. Обрабатываемая деталь закрепляется или непосредственно на столе, или на дополнительном устройстве. В процессе шлифования детали суппорт совмещает два перемещения: вращение стола и прямолинейное движение нижних салазок, несущих поворотный стол. Поворотный стол и салазки суппорта установлены на направляющих качения. В качестве ходовых винтов здесь также используются шариковые винтовые пары.

К р у г л о ш л и ф о в а л ь н о е п р и с п о с о б л е н и е. Для возможности шлифования круглых резцов, фасонных роликов и дисковых кулачков с пологими переходами между участками профиля станок оснащен приспособлением для круглого шлифования (рис. 19). Приспособление устанавливается на верхних салазках стола координатного суппорта для обработки деталей по прямоугольным координатам X и Y . Центры передней δ и задней 2 бабок неподвижны, что обеспечивает наибольшую точность обработки при круглом шлифовании. Ось центров устройства параллельна нижней опорной плоскости основания 4 . Устройство закрепляется на координатном столе станка в таком положении, при котором ось центров располагается точно в направлении продольного перемещения салазок. Проверяется это положение индикатором, закрепленным на шлифовальном суппорте с помощью цилиндрической оправки, установленной между центрами устройства.

При шлифовании возвратно-поступательное перемещение салазок шлифовального шпинделя должно быть выключено. Ось шлифовального круга устанавливается по оси центров устройства. Обработка производится в проходящем свете от нижнего осветителя, так как в этом случае на экране проектора и в микроскопе будет четко виден профиль детали. Для получения четкого изображения контура детали и проекции оправки нужно их отфокусировать в плоскости оптического устройства станка. Это достигается перемещением координатного стола в вертикальном направлении. Оправка 3 с круглой заготовкой 5 устанавливается в центрах 2

и 7 передней 8 и задней 1 бабок и закрепляется винтом поводкового устройства 6. Наибольший диаметр шлифуемой заготовки равен 125 мм, расстояние между центрами — 85—200 мм.

Двухскоростной электродвигатель в сочетании с четырехступенчатой клиноременной передачей позволяет настроить восемь различных значений частот вращения детали.

Управление станком. Система управления станком для работы в автоматическом режиме одинакова для вариан-

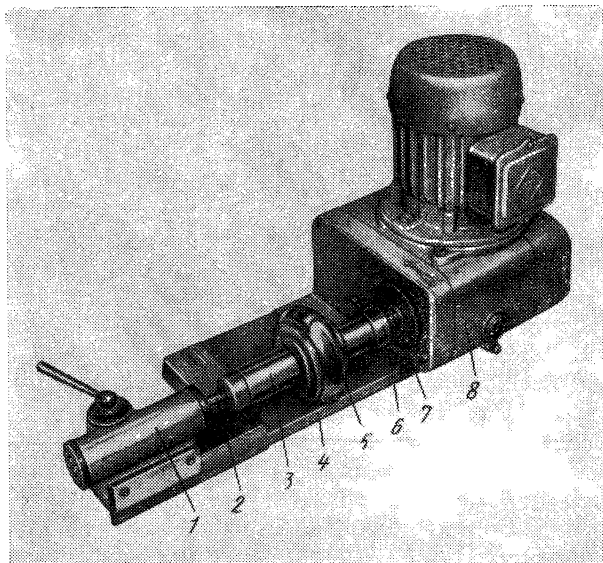


Рис. 19. Приспособление для круглого шлифования

тов шлифования в прямоугольных и полярных координатах. Станок может работать также в режиме ручного управления. Носителем информации при работе в автоматическом режиме является восьмидорожечная перфолента, которая содержит по этапам координаты опорных точек по осям X и Y в согласовании с радиусом шлифовального круга, подачи и другую необходимую информацию в кодированной форме. Расстояние между опорными точками может быть выбрано в пределах от 0,001 до 1,8 мм, или в градусах. Основные точки вдоль эквидистанты могут рассчитываться на вычислительных машинах по расстояниям, заданным в программе. В промежутках между заданными программой координатами опорных точек движение детали относительно инструмента обеспечивается интерполирующим устройством. Интерполирующее устройство при обработке деталей сложного профиля управляет перемещением детали относительно шлифовального круга по

обеим координатам строго согласовано по времени, образуя участки параболической кривой между заданными программой опорными точками. Даже при максимальном расстоянии между опорными точками, равном линейному размеру 1,8 мм (или в градусах), теоретическая точность образуемого контура превышает разрешающие возможности станка.

Система программного управления станком состоит из узла программы, узла управления, исполнительных механизмов и узла обратной связи. Управление станком сосредоточено в шкафу управления и пульте управления, где находятся контрольные приборы, считывающие устройства и элементы обслуживания.

Приемное устройство, устройство для считывания программы с перфоленты и устройство для перемещения перфоленты (программоноситель) образуют узел программ. В узле программ считывающее устройство, представляющее собой набор щупов, контактирующих в местах отверстий, пробитых на перфоленте, преобразует в электрические импульсы всю информацию, необходимую для выполнения станком заданного технологического процесса. По мере выполнения различных команд носитель команд перемещается относительно считывающего устройства посредством лентопротяжного устройства. В узле управления происходит расшифровка команд, поступающих из узла программ, и переработка их с целью управления источниками мощности и исполнительными механизмами станка. В процессе обработки детали постоянно возникает рассогласование между заданной и фактической программами. Размеры обрабатываемой детали могут получаться отличающимися от заданных на некоторую величину, зависящую от зазоров в системе привода, упругих деформаций технологической системы, инерционных воздействий и других причин. Узел управления в течение всего периода работы системы стремится устранить возникающие рассогласования с помощью узла активного контроля, выполняющего функции обратной связи.

В профилишлифовальном станке SWPO80NC измерительная система косвенная, аналоговая. При этой системе сигнал, определяющий величину перемещения суппортов заготовки, задается в форме напряжения, которое сравнивается с аналогичным сигналом обратной связи, изменяющимся по мере перемещения суппорта. Величина и знак рассогласования задающего сигнала и сигнала обратной связи в каждый момент времени определяют скорость и направление суппорта заготовки. По мере подхода суппорта к заданному программой положению сигнал обратной связи становится равным задающему сигналу и подается команда для прекращения движения суппорта. Для повышения точности работы системы напряжение, пропорциональное пути, берется от вращающегося потенциометра, который приводится в движение от измерительного шпинделя через зубчатые колеса. Это напряжение прямо пропорционально пути стола. Суппорт можно передвигать на любое расстояние с постоянной точностью при разрешаю-

щей способности 0,001 мм. Стол автоматически перемещается к запрограммированной нулевой точке. Для этого в начале обработки центр пересечения нитей микроскопа совмещают вручную с помощью проектора и пантографа с запрограммированной исходной точкой профиля. В случае, если шлифовальный круг отходит от нулевой точки, положение восстанавливается путем совмещения его профиля с дугой, находящейся на экране проектора или в микроскопе.

Расширение технологических возможностей шлифовальных станков. Для расширения технологических возможностей плоскошлифовальных и круглошлифовальных станков и совмещения обработки врезным шлифованием профилированным кругом с шлифованием методом управляемых движений шлифовального круга и обрабатываемой детали в последнее время некоторые типы этих станков оснащают оптическими устройствами, с помощью которых увеличенный контур обрабатываемой детали и шлифовального круга проецируется на экран. Например, фирма «Brown-Sharpe» оснастила такими устройствами три модели плоскошлифовальных станков (рис. 20): мод. 618 с продольным и поперечным гидравлическим перемещением стола; мод. 618РН, у которой продольное перемещение стола гидрофицировано, а поперечное перемещение производится вручную; мод. 618Н с ручным продольным и поперечным перемещением стола. Оптическая система закреплена на столе плоскошлифовального станка и движется вместе с деталью. К станкам придается приспособление для шлифования профиля цилиндрических деталей.

На рис. 21 показан круглошлифовальный станок с проекционной приставкой. Приставка 14 закреплена на основании 3, установленном на станине 6 круглошлифовального станка. Настройка на резкость осуществляется перемещением приставки в горизонтальном направлении маховиком 2, в вертикальном — кольцом 13, а также продольным и поперечным перемещением салазок винтами 11 и 12. Передняя и задняя бабки установлены на дополнительном столе 10. На шлифовальной головке имеется стержень 4, на котором крепится приспособление для профилирования шлифовального круга по радиусу. Изображение обрабатываемой детали 5 в увеличенном виде проецируется на экран 1. Перемещение детали и шлифовального круга производится продольным перемещением дополнительного стола с установленными на нем передней и задней бабками и поперечным перемещением шлифовальной головки. Продольное перемещение стола с бабками осуществляется вращением маховика 8, который передает движение столу через винт 9. Перемещение шлифовальной головки в поперечном направлении производит маховик 7 с лимбом поперечной подачи.

Схема проекционного устройства к круглошлифовальному станку показана на рис. 22. Устройство «Копиформ», которым

фирма «Jones-Shipman» оснащает плоскошлифовальные станки (рис. 23), применяется для шлифования сложных контуров по шаблону при управляемом вертикальном перемещении шлифовального круга и поперечном перемещении стола. Устройство

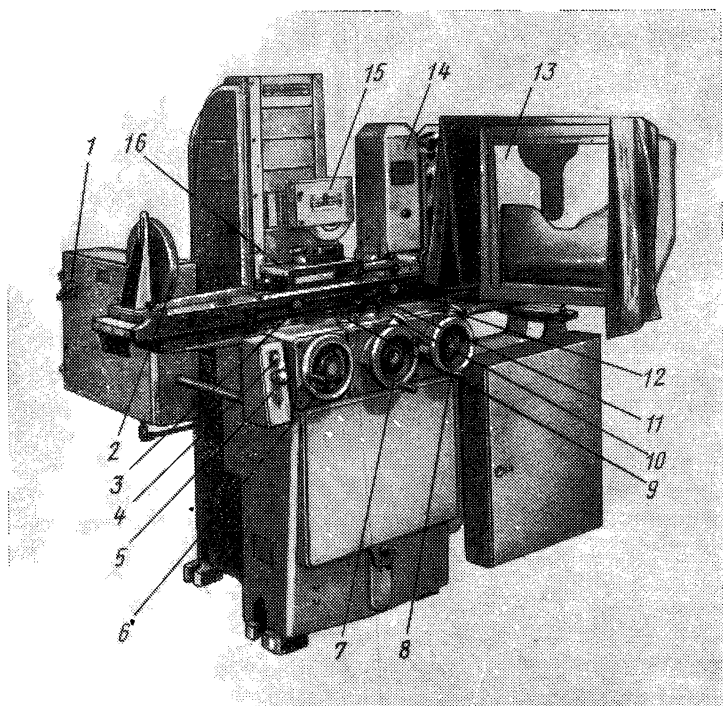


Рис. 20. Плоскошлифовальный станок фирмы «Brown Sharpe» с оптическим устройством:

1 — рукоятка включения станка в общую сеть; 2 — отражающее зеркало; 3 — упоры продольного реверсирования стола; 4 — кнопка «Пуск станка»; 5 — кнопка «Выключение станка»; 6 — маховик ручного продольного перемещения стола; 7 — маховик ручного поперечного перемещения стола; 8 — лимб вертикальной подачи шлифовальной головки; 9 — регулятор скорости продольного хода стола; 10 — поперечная микроподача; 11 — переключатель направления продольного хода стола; 12 — вертикальная микроподача шлифовальной головки; 13 — экран проектора; 14 — проекционное устройство; 15 — шлифовальная головка; 16 — магнитная плита

состоит из основания 1, на котором по направляющим перемещается ползун 2 и неподвижно закреплен шаблондержатель 7. К ползуну закрепляются тиски 3 или другое приспособление для установки обрабатываемой детали 5. В шаблондержателе закрепляется шаблон 6 с профилем, соответствующим профилю, который должен быть образован на детали в результате обработки. На шлифовальной бабке установлена головка 11 с механизмом автоматического вертикального перемещения шлифовального круга. В головку встроен индикатор 12 и сменные наконечники 10;

являющиеся копирным пальцем устройства. Сменные наконечники 10 контактируют радиусной частью с шаблоном 6. Аналогичный радиус заправляется на шлифовальном круге 4. При работе

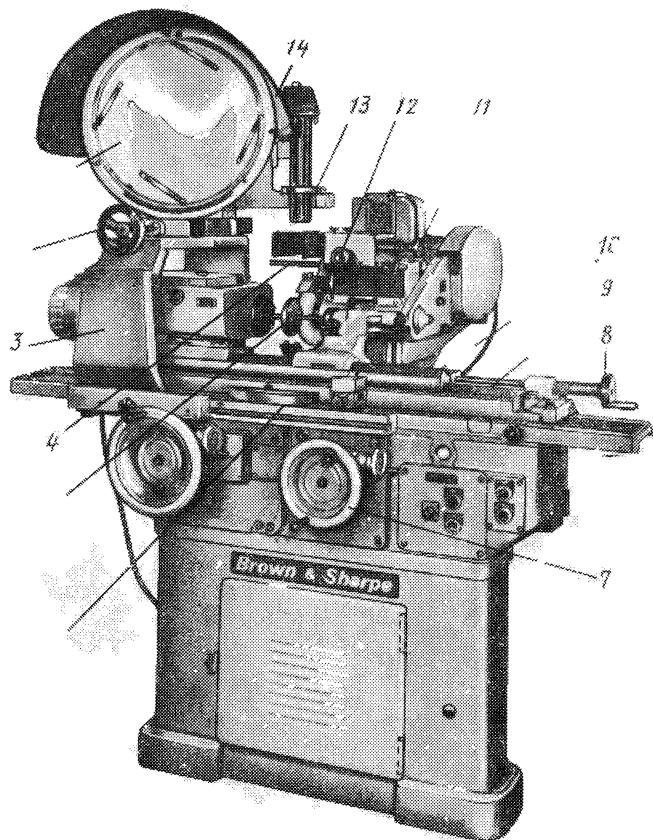


Рис. 21. Круглошлифовальный станок с проекционной приставкой

устройства ползуну с деталью сообщается возвратно-поступательное движение относительно шлифовального круга. Скорость перемещения ползуна регулируется кнопками 8 и 9. Во время поперечного движения стола копирный палец перемещается по профилю шаблона вверх и вниз и передает все изменения контура механизму управления вертикальным перемещением шлифовального круга. Благодаря соответствию радиусов копирного пальца и шлифовального круга последний образует на обрабатываемой детали контур, идентичный профилю шаблона.

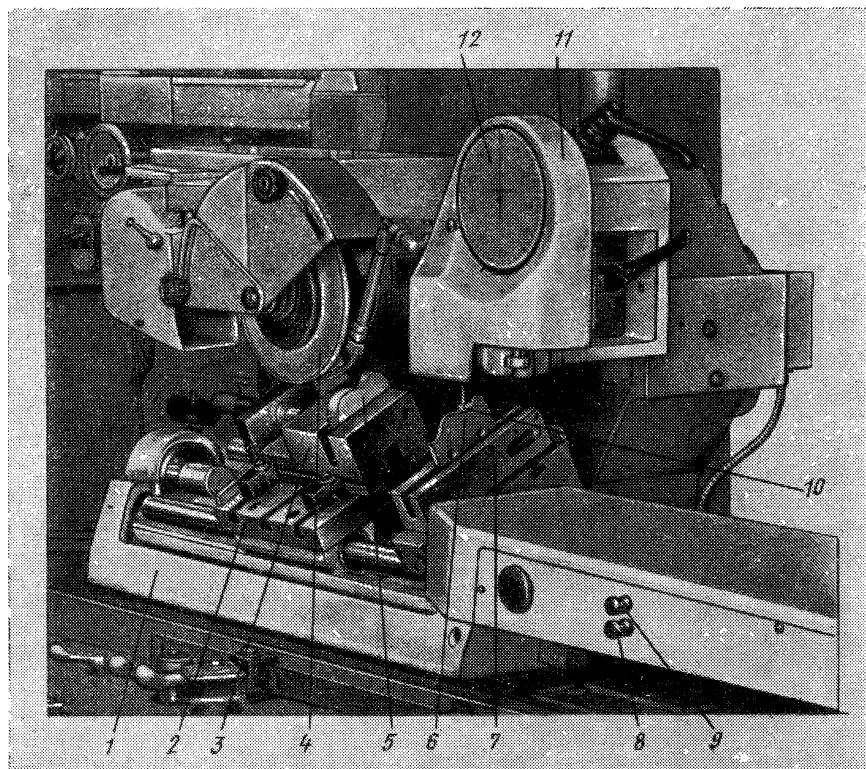
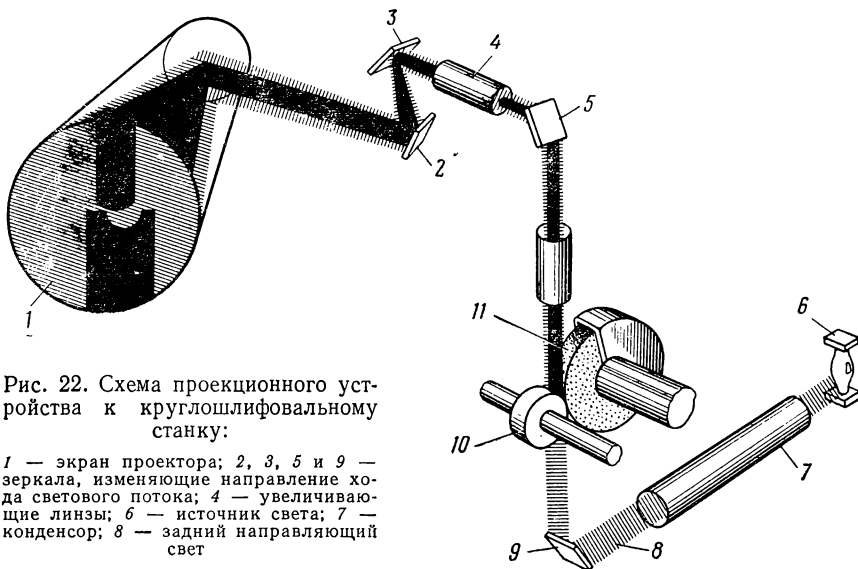


Рис. 23. Устройство «Копиформ» к плоскошлифовальным станкам

В процессе шлифования стрелка индикатора все время совмещается с нулевым делением шкалы, что свидетельствует о правильном ходе обработки. Если на шаблоне имеются вертикальные участки профиля, то обрабатываемая деталь и шаблон поворачиваются, способствуя плавному перемещению копирного пальца. При закреплении заготовки в тисках базовая поверхность ее вывернется в одной плоскости с базовой поверхностью шаблона.

ПОДБОР И БАЛАНСИРОВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Подбор шлифовального круга при профильном шлифовании зависит от многих причин, которые определяют получение максимальной производительности, необходимой шероховатости обрабатываемой поверхности и точности. У правильно подобранного по твердости шлифовального круга связка должна удерживать абразивные зерна до определенного их затупления.

При обработке деталей из закаленной стали применяют круги из электрокорунда, при обработке деталей из чугуна — круги из карбида кремния зеленого и при обработке деталей из твердых сплавов — алмазные круги. При шлифовании пазов торцом круга образуется большая площадь контакта между обрабатываемой деталью и шлифовальным кругом. В этом случае применяют более мягкие и крупнозернистые круги, чем при шлифовании периферией круга. При шлифовании сложного профиля должен применяться более твердый и мелкозернистый круг, чем для шлифования непрофилированных деталей. При шлифовании профилей на круглошлифовальных и резбошлифовальных станках, имеющих электродвигатель привода шлифовального круга большой мощности и большие скорости вращения шпинделя, целесообразно применять более мягкие абразивные инструменты и повышенные режимы шлифования. Некоторые рекомендации по применению шлифовальных кругов на керамической связке при профильном шлифовании приведены в табл. 1.

При больших скоростях вращения даже небольшая неуравновешенность круга может нарушить работу станка и отразиться на качестве обрабатываемых деталей. Неуравновешенность шлифовального круга может быть вызвана неодинаковой плотностью материала, смещением его по отношению к посадочной поверхности при установке, неправильной формой боковых плоскостей. При работе неуравновешенным кругом обрабатываемая поверхность получается граненой, повышается шероховатость обработки, увеличивается износ подшипников шпинделя, возникают напряжения в круге, которые могут вызвать его разрыв.

Для точной и безопасной работы шлифовальный круг после его установки на фланцах должен быть отбалансирован. Эту

Таблица 1

РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫБОРУ КРУГОВ ПРИ ПРОФИЛЬНОМ
ШЛИФОВАНИИ

Радиус шлифуемого профиля, мм	Материал детали	Характеристика кругов
До 0,5	Конструкционные легированные ста- ли	Э9А12 СМ1-С1
	Инструментальные легированные стали	Э9А8 СМ1-С1
До 2	Быстрорежущие стали	Э9А8 СМ1-СМ2
	Конструкционные легированные ста- ли	Э9А16 СМ2-С1
	Инструментальные легированные стали	Э9А12 СМ2-С1
До 5	Быстрорежущие стали	Э9А12 СМ2-СМ2
	Конструкционные легированные ста- ли	Э9А16 СМ1-С1
	Инструментальные легированные стали	Э9А16 СМ1-СМ2
Св. 5	Быстрорежущие стали	Э9А12 СМ1-СМ2
	Конструкционные легированные ста- ли	Э816 СМ1-С1
	Инструментальные легированные стали	Э816 СМ1-СМ2
	Быстрорежущие стали	Э812 СМ1-СМ2

операцию производят дважды — перед установкой фланцев с кругом на шпиндель станка и после предварительной правки профиля. Для балансировки кругов применяют специальные приспособления. Наиболее распространены приспособления с двумя гладкими цилиндрическими валами или ножами и приспособления с вращающимися дисками. В первой конструкции необходимо устанавливать валы или ножи в строго горизонтальном положении и в одной плоскости. Во второй конструкции требуется постоянное наблюдение за легкостью и плавностью вращения и за параллельностью обоих пар дисков. Нарушение перечисленных указаний является частой причиной неточности балансировочных приспособлений, что отражается на качестве балансировки. В настоящее время получает распространение третья конструкция — приспособление со шпинделем на воздушной подушке (рис. 24). Это приспособление очень просто по конструкции и позволяет с большой точностью балансировать шлифовальный круг.

На основании 15 приспособления установлен корпус 7 с двумя соосно расположенными закаленными втулками 2 и 8. У каждой втулки имеется по три ряда сопловых отверстий, размещенных равномерно по три отверстия в каждом ряду и по три паза для выхода воздуха. Один торец втулки 2 закрыт герметичной крышкой 3, в которой также имеется сопловое отверстие. В корпусе 7 приспособления и крышке 3 установлены штуцера 4 и 16, через которые по трубке 5 и каналам на поверхности втулки 2 и 8 воз-

дух проходит к сопловым отверстиям. Шлифовальный круг 12, установленный на фланец 11, закрепляется гайкой 13. Коническая часть шпинделя 6 доведена так, что при установке его во втулки приспособления обеспечивается зазор 0,01—0,015 мм на сторону. Торец шпинделя со стороны, обращенной к крышке, не имеет отверстий и центровых углублений и обработан с шероховатостью до $Ra = 0,08$ мкм.

При включении приспособления в воздушную систему цеха с давлением 4—6 кгс/см² шпиндель с установленным на него кругом зависает на образующейся воздушной подушке, что сводит до минимума трение между шпинделем 6 и поверхностями приспособления. В корпусе 7 и шпинделе 6 предусмотрены отверстия, через которые проходит стержень 1. Этот стержень устанавливают в том случае, если необходимо, чтобы круг со шпинделем не вращался. Чтобы круг со шпинделем не выпадал из приспособления в процессе балансировки, ось корпуса приспособления расположена под некоторым углом.

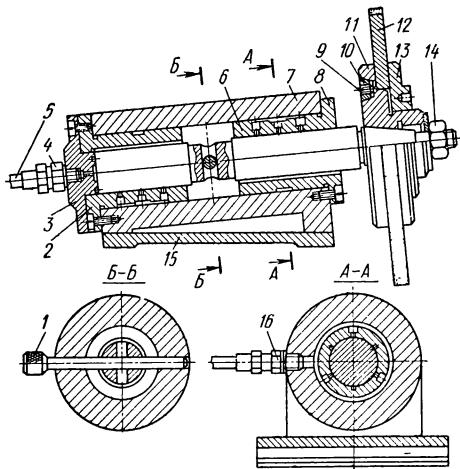


Рис. 24. Приспособление для балансировки шлифовальных кругов

Балансировка производится следующим образом. Шлифовальный круг собирают с фланцами. С фланцев снимают балансировочные грузы. Включают подачу воздуха в приспособление и с помощью стержня закрепляют шпиндель. Надевают круг с фланцами на конец шпинделя, закрепляют гайкой 14 и вынимают стержень 1. Дают кругу возможность качнуться. При этом более тяжелая его часть займет нижнее положение. На наиболее легкой части, занявшей верхнее положение, делают отметку. В том месте фланца, которое соответствует наиболее легкой части круга, устанавливают и закрепляют винтом 9 первый балансировочный груз 10. По обе стороны первого груза на одинаковом (сравнительно небольшом) расстоянии закрепляют еще два груза, которые равномерно передвигаются в соответствующую сторону до достижения окончательного уравнивания круга. После предварительной правки и профилирования круга балансировку повторяют.

При установке абразивного круга между его торцами и торцами фланцев устанавливают прокладки из эластичного материала, например, картона или резины. Если круг настолько неуравновешен, закрепленный на фланце груз недостаточен для того, чтобы

его отбалансировать, массу кругов увеличивают установкой дополнительных грузов. Круги большого диаметра иногда исправляют следующим образом. Снимают круг с фланцев и в наиболее легкой его части, при небольшой скорости шпинделя сверлильного станка старым отработанным сверлом высверливают несколько углублений и заливают их свинцом. У исправленных таким способом кругов перед эксплуатацией необходимо вторично проверить механическую прочность на испытательном станке, где кругу сообщают скорость, на 50% превышающую рабочую. Если круг не удастся отбалансировать, то его необходимо заменить.

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПРОФИЛЬНОМ ШЛИФОВАНИИ

Наиболее универсальным приспособлением для закрепления стальных деталей при профильном шлифовании являются магнитные плиты. Магнитные плиты устанавливают непосредственно на стол плоскошлифовального станка и закрепляют болтами или прихватами. Деталь на магнитной плите плотно прижимается своей базовой поверхностью, а остальные поверхности доступны для шлифования.

В промышленности применяются два типа магнитных плит: электромагнитные плиты и плиты с постоянными магнитами. Электромагнитные плиты могут быть разных конструкций. У плиты, показанной на рис. 25, полюса магнитов выходят на торец. Это позволяет расширить диапазон закрепляемых на ней деталей и обрабатывать узкие детали, имеющие выступ на базовой поверхности.

Электромагнитная плита состоит из корпуса 4, сердечника 5, обмотки 3, верхней (латунной или бронзовой) плиты 1 и пластин 8 и 9, изготовленных из магнитного железа Армко. Пластины проходят через пазы и отверстия в плите 1, примыкают к сердечнику 5 и образуют полюсные наконечники. Электрический ток, проходя через витки обмотки, создает в ней магнитно-силовой поток, который прерывается перемычками, находящимися в верхней плите 1 между полюсными наконечниками 8 и 9. Если положить на плиту стальную деталь, то магнитно-силовой поток замыкается и деталь притягивается к поверхности плиты.

На магнитных плитах можно закреплять одновременно несколько одинаковых деталей. Сила притяжения к магнитной плите зависит от ферромагнитных свойств материала, из которого изготовлена деталь и от плотности прилегания базовой поверхности к плите. При тщательно подготовленной базовой поверхности детали, изготовленной из углеродистых конструкционных или инструментальных сталей, сила притяжения к электромагнитной плите составляет примерно 10—12 кгс/см². Воздушная прослойка, даже в десятые доли миллиметра, резко снижает силу притяжения. Некоторые стали (например, 2Х13, 4Х13, 9Х18, 1Х18Н9Т) слабо

притягиваются магнитами. Крупные детали удерживаются магнитом прочнее, чем мелкие. Большое влияние на силу притяжения детали к магнитной плите оказывает количество полюсных наконечников, перекрываемых базовой плоскостью.

Чтобы деталь удерживалась магнитом, она должна перекрывать изолирующие прокладки между выходами полюсов и коротко замкнуть оба полюса, пропуская через себя магнитно-силовой поток. Если деталь лежит только на одном полюсном нако-

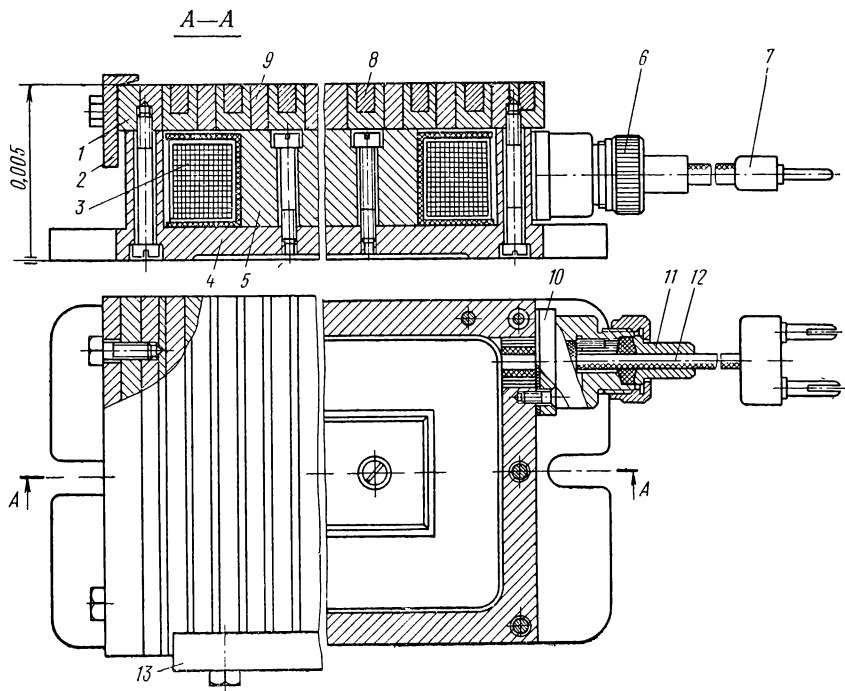


Рис. 25. Электромагнитная плита к плоскошлифовальному станку

нечнике, то она оказывается в нейтральной зоне. Магнитно-силовой поток через нее не проходит и не притягивает к плите. Если у плиты выходы полюсов близко расположены друг к другу, то магнитно-силовой поток замыкается, не проникая в деталь на достаточно большую глубину, и притягивает ее слабее.

Для закрепления как крупных, так и мелких деталей в серийном производстве применяются два вида магнитных плит — один для крупных деталей с большими расстояниями между выходами полюсов на поверхность плиты, а другой — для мелких деталей с близко расположенными выходами полюсов. При серийной обработке деталей применение охлаждающих жидкостей является одним из условий производительной работы. В то же время их применение усложняет эксплуатацию магнитных плит, так как

попадание на обмотку магнитов жидкости может вызвать замыкание и выход из строя магнитной плиты. Для создания водонепроницаемости промежутки между плитой, переключками и выходами полюсных наконечников чаще всего заполняют оловом и запаивают. Токопроводящий шнур 12 защищают резиновой трубкой, покрытой гибкой металлической оплеткой. На конце шнура устанавливают штепсельную вилку 7 с водонепроницаемым контактом. Шнур в плиту проходит через специальный ввод 10, находящийся на корпусе плиты. В месте контакта шнура и ввода установлено кольцевое резиновое уплотнение 11, которое зажимается гайкой 6. Для удобства и точности установки деталей и приспособлений к плите прикреплены упорные планки 2 и 13.

Электромагнитные плиты питаются постоянным током напряжением преимущественно 220 и 127 В. Электрический ток от сети попадает через селеновые или ртутные выпрямители переменного тока, которые являются принадлежностью станка. На катушки электромагнита ток подается через переключатель. Закрепленные на электромагнитной плите крупные детали после выключения электрического тока не всегда удается легко снять. Остаточный магнетизм продолжает прочно удерживать детали на плите. Освобождение детали достигается быстрой переменной полюсов магнита и изменением направления потока магнитно-силовых линий, которое производится поворотом рукоятки переключателя. Для окончательной ликвидации остаточного магнетизма в детали ее размагничивают. Для этого ее вводят в магнитное поле электромагнита, питаемого переменным током. Преимуществом плит с постоянным магнитом является независимость от источника электрического тока, что в значительной мере упрощает уход за ними и расширяет технологические возможности их применения. Магнитная плита с постоянным магнитом (рис. 26) состоит из корпуса 1, к которому плотно прикрепляется нижняя плита 10 и верхняя плита 11. В верхнюю плиту вставлены пластины 8 из железа Армко, изолированные от нее кольцевым слоем 4 магнитно-непроницаемого материала. Внутри корпуса расположен подвижный магнитный блок, состоящий из набранных в определенной последовательности постоянных магнитов 5, пластин из железа Армко и диамагнитных прокладок 7, скрепленных двумя латунными или бронзовыми шпильками 14.

При перемещении рукоятки 15 вниз магнитный блок через зубчатый сектор 12 и рейку 13 перемещается вправо. При этом пластины 6 блока совпадают с пластинами 8 верхней плиты. Магнитно-силовой поток, выходящий из магнитов 5, проходит через верхнюю плиту 11 и установленную на ней деталь, пластины 8 и 6, замыкается через нижнюю плиту 10 и притягивает обрабатываемую деталь к верхней плите. При повороте рукоятки 15 вверх магнитный блок перемещается влево до упора 3, магнитный поток замыкается через пластины 8 и 6, минуя обрабатываемую

деталь, которая легко снимается с плиты. Для ориентации устанавливаемых приспособлений и деталей плита оснащена боковой упорной планкой 9 и передней планкой 2.

Постоянные магниты, применяемые для магнитных плит, изготавливают из сплава железа, меди, кобальта, алюминия и

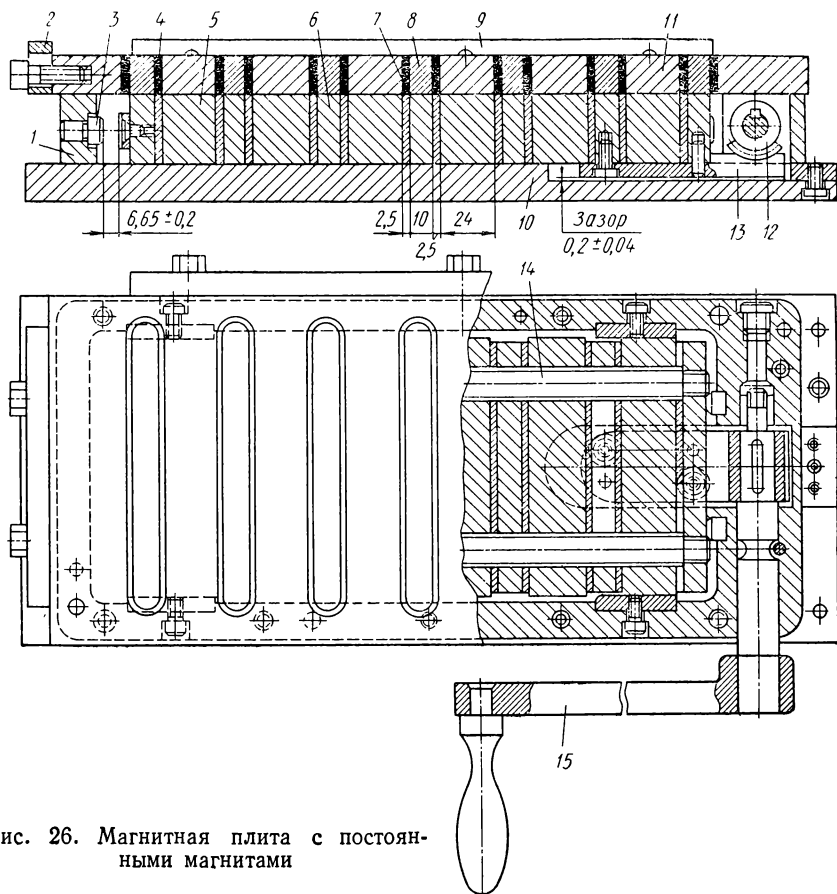


Рис. 26. Магнитная плита с постоянными магнитами

никеля. После сборки в блок они последовательно намагничиваются в магнитном поле. Магнитные плиты с постоянными магнитами изготавливают небольших размеров (оптимальный размер 600×200 мм). Применение плит больших размеров усложняется тем, что при перемещении большого магнитного блока необходимы значительные физические усилия.

При отсутствии магнитных плит с большим количеством близко расположенных полюсов малогабаритные детали можно шлифовать на вспомогательных устройствах к магнитной плите. Эти устройства (рис. 27) состоят из пластины немагнитного материала и ряда пластин из железа Армко. Когда устройство устанавливают

на магнитную плиту, магнитно-силовые линии переходят из поперечно расположенных редких полюсных выходов в узкие продольные пластины с короткими межполюсными расстояниями. Устройство оснащают передвижными упорными планками, препятствующими смещению деталей в процессе шлифования. Устройства такой конструкции дают возможность шлифовать детали размером до 10 мм. Для удержания деталей на магнитных устрой-

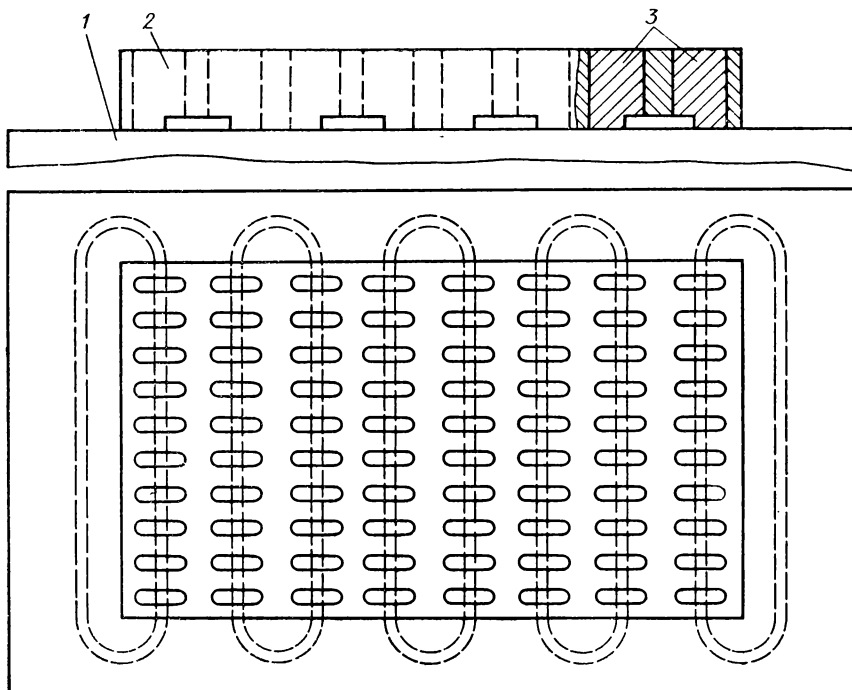


Рис. 27. Вспомогательные устройства к магнитной плите:

1 — магнитная плита; 2 — пластина из немагнитного металла; 3 — вставки из железа
Армко

вах необходимо следить за тем, чтобы при накладывании его на магнитную плиту железные полоски, выходящие на нижнюю поверхность, легли на плоскости магнитных полюсов, разместившись между изоляционными прокладками, окружающими вывод.

Для закрепления деталей, имеющих форму, которая мешает прочно закрепить их на магнитной плите, применяются магнитные блоки (рис. 28, 29). Блоки состоят из чередующихся железных 2, 4 и латунных 3 полос, скрепленных латунными стержнями 1. На блоках выполняются пазы, соответствующие форме детали. При включении плиты магнитно-силовой поток проходит сквозь блок и, замыкаясь через деталь, закрепляет ее.

Для обработки деталей под разными углами применяют поворотные синусные магнитные плиты. Конструктивно синусные магнитные плиты представляют собой сочетание обычной магнитной плиты с синусным поворотным столом. В зависимости от назначения синусные плиты могут быть одноповоротными и двухповоротными на торец и на боковую сторону.

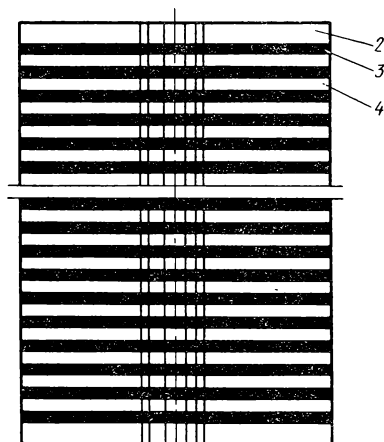
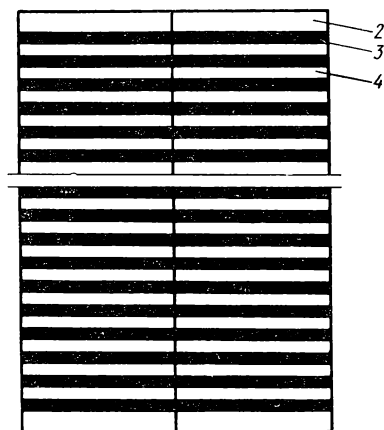
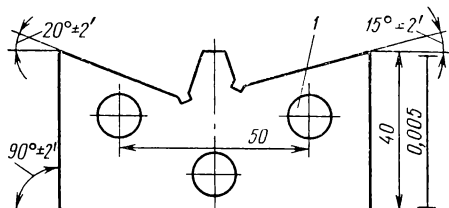
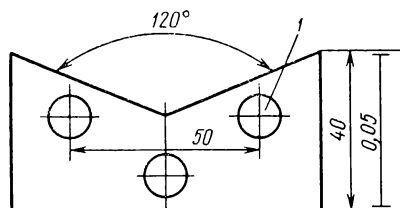


Рис. 28. Призматический блок с углом 120°

Рис. 29. Магнитные блоки к плоскошлифовальным станкам для шлифования клиньев под углами 15° и 20°

Электромагнитная синусная плита для шлифования главным образом деталей, у которых поверхности, образующие угол, расположены по наиболее длинной стороне (рис. 30), состоит из корпуса 3, с которым собрана винтами 5 верхняя плита 4. К корпусу 3 прикреплены два угольника 7, выполненные из немагнитного материала, к которым винтами 9 крепятся ролики 2 и 8, имеющие диаметр $20 \pm 0,002$ мм. Расстояние между осями роликов равно 200 мм и выполнено с отклонением от номинального размера в пределах $\pm 0,005$ мм, что соответствует возможной погрешности угла в пределах $10''$. Ролик 2 установлен в опоры 1, закрепленные на основании 10. С другого конца на основании закреплена закаленная и доведенная пластина 11, на которую при необходимости поворота плиты на угол α устанавливается

лок концевых мер, равный размеру M . Размер M определяет величину поворота плиты и определяется по формуле: $M = \sin \alpha 200$. После установки блока концевых мер на пластину 11 поворотная часть плиты опускается до упора ролика 8 в блок, после чего она закрепляется гайкой шарнирного устройства 12. Шлифуемая деталь при закреплении на магнитной плите прижимается к боковой планке 6, опорная поверхность которой перпендикулярна оси ролика 2.

Двухповоротная синусная плита (рис. 31) состоит из нижней плиты 1, с которой посредством оси 9 соединена поворотная плита 2. На расстоянии $A \pm 0,01$ мм от оси 9 к поворотной плите прикреп-

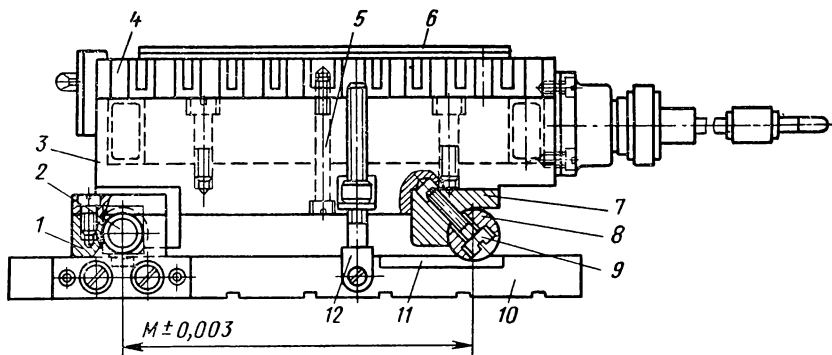


Рис. 30. Синусная магнитная плита

лен вал 8. Под этот вал подставляют блок концевых мер при установке поворотной плиты на требуемый угол. Перпендикулярно оси 9 расположены ось 3 и на расстоянии $B \pm 0,01$ мм от нее вал 6, связанные с магнитной плитой 4. Под вал 6 устанавливают блок концевых мер при необходимости поворота магнитной плиты на нужный угол. Размер блока концевых мер M_1 , устанавливаемого под вал 8 при повороте плиты вокруг оси 9 на угол α , и размер блока M_2 , устанавливаемого под вал 6 при повороте плиты вокруг оси 4 на угол β , определяют по формулам: $M_1 = A \sin \alpha$; $M_2 = B \sin \beta$. К двум торцовым поверхностям магнитной плиты прикреплены установочные планки 5 и 7.

Часто внедрение профильного шлифования затрудняется из-за отсутствия синусных поворотных плит. Как выход из положения можно рекомендовать синусную подставку, на которую закрепляют обычную магнитную плиту. Подставка проста по конструкции и ее можно изготовить в любом инструментальном цехе или в механической мастерской. Синусная подставка (рис. 32) устроена следующим образом. На нижней плите 4 винтами 7 и штифтами 8 закреплены две стойки 6, через которые проходят оси 9. На осях поворачивается верхняя плита 1. К плите 1 прикреплен винтами 3 вал 2, ось которого расположена на расстоянии $100 \pm 0,01$ мм от оси 9. К верхней плите прикреплена планка 5, по которой

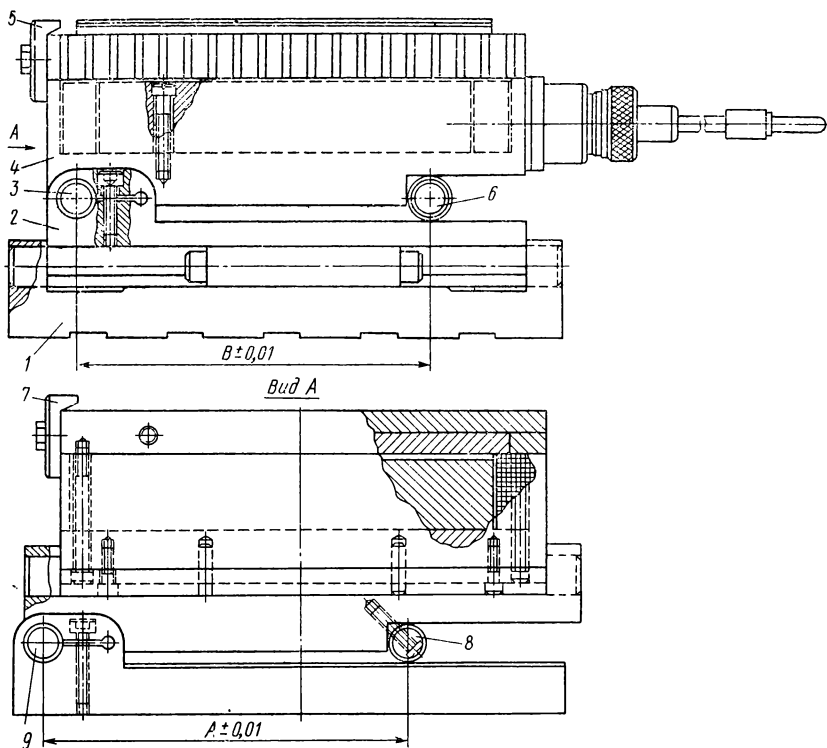


Рис. 31. Двухповоротная магнитная синусная плита

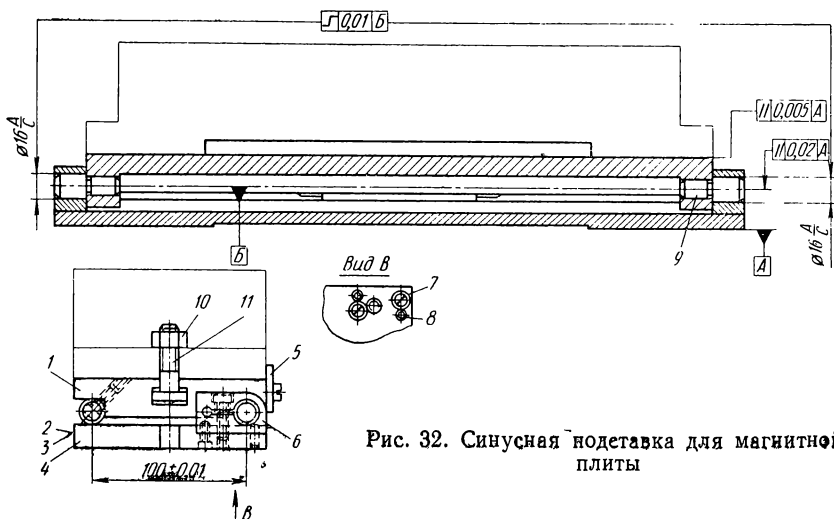


Рис. 32. Синусная подставка для магнитной плиты

устанавливают магнитную плиту, закрепляемую на верхней плите болтами 11 и гайками 10. Для поворота на угол α блок концевых мер размером $100 \sin \alpha$ устанавливают под вал 2; после чего закрепляют винты.

Для шлифования взаимно перпендикулярных плоскостей на плоскошлифовальных станках, а также для закрепления деталей на суппорте оптико-шлифовального или на столике копировального станка, может быть использовано приспособление с постоянным магнитом (рис. 33). Приспособление состоит из корпуса 1,

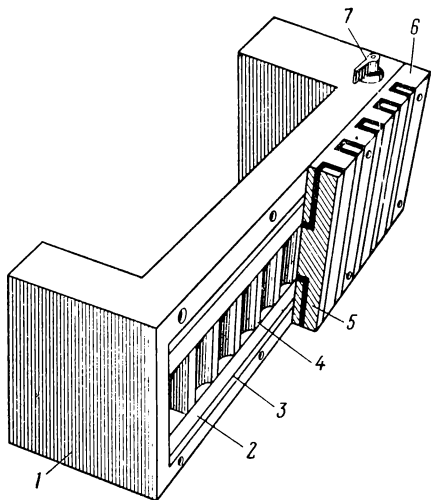


Рис. 33. Магнитное устройство с базированием по торцу

к которому прикреплена неподвижная плита 6 со вставленными в нее пластинами 5 из железа Армко. Пластины изолированы от плиты кольцевой прослойкой магнитоинертного металла. Внутри корпуса расположен подвижный постоянный магнит 4, алюминиевые вставки 2 и промежуточные стальные пластины 3. При повороте рукоятки 7 влево полюсы магнита 4 размещаются под пластинами 5. Установленная на плите деталь замыкает магнитный поток и притягивается к плите. При повороте рукоятки вправо магнит перемещается, магнитный поток замыкается плитой 6 и деталь освобождается.

В производственной практике часто встречаются случаи, когда обрабатываемые на плоскошлифовальных станках детали не могут быть закреплены на магнитных плитах. Обычно такие ситуации создаются, когда приходится шлифовать детали из немагнитных материалов или, если детали из-за своей конфигурации или размеров не могут быть закреплены на магнитной плите. В этих случаях используют специальные крепежные и установочные приспособления и устройства. Для закрепления плоских деталей можно пользоваться методами приклеивания или прижимания. Для приклеивания чаще всего применяют воско-канифольную смесь. Эта смесь, содержащая 10% воска и 90% канифоли, плавится при температуре 60°C . Смесь накладывают на стальную пластину и нагревают до температуры плавления, следя за тем, чтобы она покрыла всю поверхность пластины равномерным слоем. Затем на пластину устанавливают детали. Смесь затвердевает и закрепляет находящиеся на пластине детали. Для снятия деталей пластину вновь нагревают. Для нормальной бесперебойной работы шлифовщика в обороте должно находиться

три-четыре стальные пластины, покрытые воско-канифольной смесью, а на рабочем месте шлифовщика устанавливается электрическая плитка. В связи с тем, что толщина слоя воско-канифольной смеси не поддается точному контролю, метод приклеивания не обеспечивает стабильные размеры при обработке точных деталей. Кроме того, после снятия деталей со стальной пластины, их необходимо тщательно очистить и промыть. Поэтому процесс шлифования деталей с применением приклеивания получается весьма трудоемким. Особенно трудно очищать детали полупроводниковых приборов.

Метод примораживания надежно закрепляет детали и исключает загрязнение клеем. Для примораживания деталей при пло-

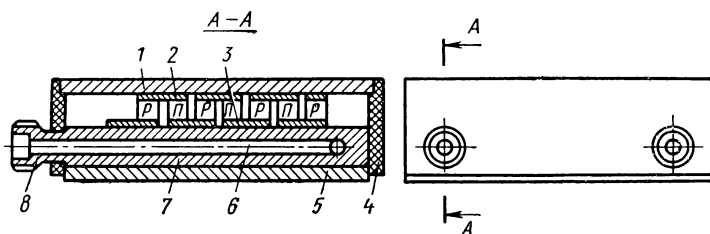


Рис. 34. Устройство для закрепления деталей примораживанием

ском шлифовании применяется конструкция холодильного устройства, в которой использована техника электронного охлаждения. Устройство (рис. 34) состоит из корпуса 7 размером 220×100 мм, внутри которого выполнены каналы 6. По каналам протекает вода, поглощающая тепло от однокаскадной термоэлектрической батареи, смонтированной в корпусе. Батарея состоит из 28 термоэлементов 3 и образована из двух последовательно соединенных полупроводниковых ветвей. Одна из ветвей обладает электронной (*n*), а другая дырочной (*p*) проводимостью. Коллекторы 2 холодных спаев термобатарей с хорошим тепловым контактом сопрягаются со стальной пластиной 1. Эта пластина является рабочей поверхностью холодильника. Основанием холодильника является стальная плита 5, посредством которой устройство крепится на магнитной плите станка. Холодильник закрыт с четырех сторон футляром 4 из органического стекла, что исключает попадание воды внутрь устройства.

Вода и постоянный электрический ток питания напряжением 4 В и силой 60 А подаются в систему теплосъема через два штуцера 8. Соответствующий выпрямитель смонтирован в отдельном блоке питания, который расположен в непосредственной близости от станка. Устройство соединено с блоком двумя гибкими шлангами, имеющими достаточную длину, чтобы не препятствовать движению. Поскольку слой льда под деталью имеет строго определенную толщину, обусловленную капиллярными силами, метод примораживания позволяет шлифовать детали с высокой точностью.

В ряде случаев для закрепления деталей небольших партий применяют лекальные тиски с винтовым зажимом (рис. 35). Эти тиски отличаются от обычных точностью изготовления. Боковые поверхности губок лекальных тисков параллельны друг другу

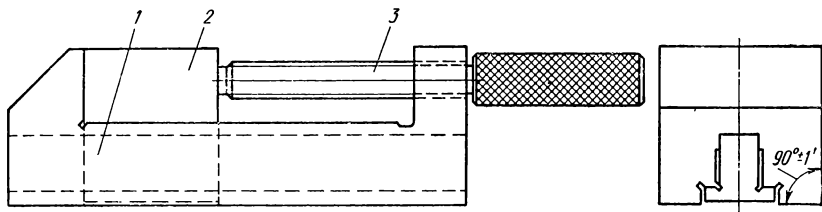


Рис. 35. Лекальные тиски для профильного шлифования:

1 — корпус; 2 — подвижная губка; 3 — прижимной винт

и перпендикулярны основанию. Зажимные плоскости губок должны быть перпендикулярны основанию и боковым поверхностям. Такое расположение боковых сторон и основания дает возможность обрабатывать плоскости деталей, расположен-

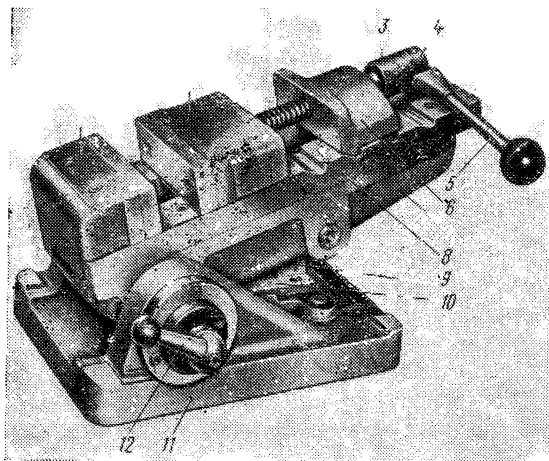


Рис. 36. Синусные тиски для профильного шлифования:

1 — неподвижная губка; 2 — подвижная губка; 3 — кулачковая муфта ходового винта; 4 — кулачковая муфта рукоятки; 5 — рукоятка вращения ходового винта; 6 — упорная гайка; 7 — корпус; 8 — направляющая; 9 — блок концевых мер для установки угла поворота; 10 — доведенная подставка для блока концевых мер; 11 — основание; 12 — рукоятка фиксации поворота

ных перпендикулярно друг другу или под некоторым углом без переустановки детали. Перпендикулярные плоскости шлифуют путем поворота тисков и прижима их к направляющим планкам соответствующими упорными поверхностями. Для шлифования плоскостей под углом тиски устанавливают на поворотные синусные плиты. При обработке деталей мелкими сериями применяют поворотные синусные тиски (рис. 36) и трехпозиционные поворотные тиски.

Значительную экономию времени и снижение трудоемкости обработки дает применение для закрепления деталей быстродействующих и многоместных приспособлений. Точную установку деталей в многоместных приспособлениях получают при использовании гидропласта. Основными элементами приспособлений с гидропластом являются корпус, в котором имеется полость, заполненная гидропластом, и плунжер. В корпусе имеются отверстия, в которые с минимальным зазором подогнаны плунжеры. Зажим деталей обеспечивается равенством сил, действующих на каждый плунжер. Восьмиместное приспособление для шлифования углового паза фиксатора револьверной головки (рис. 37)

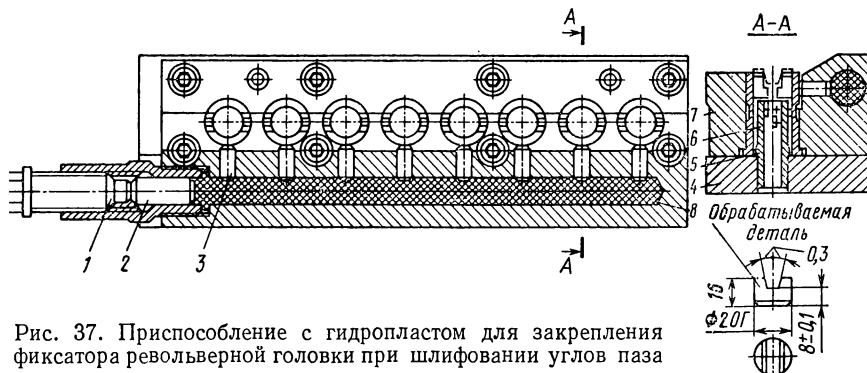


Рис. 37. Приспособление с гидропластом для закрепления фиксатора револьверной головки при шлифовании углов паза

состоит из корпуса 7, скрепленного с основанием 4. В корпусе имеется канал 8, заполненный гидропластом. Канал запирается плунжером 2, который перемещается под действием винта 1. В корпус 7 вставлены упорные втулки 5 и разрезные втулки 6. С каналом для гидропласта связаны отверстия с плунжерами 3. Обрабатываемые детали вставляются в разрезные втулки 6 до упора во втулку 5 и выравнивают по пазу. Затем винтом 1 передают давление гидропласта на плунжеры 2, которые давят на стенки разрезных втулок 6 и зажимают обрабатываемые детали. При отжиме винта 1 детали освобождаются.

Приспособление для одновременного закрепления четырех деталей показано на рис. 38. В этой конструкции давление на гидропласт передается через пневматический цилиндр 3. Под действием сжатого воздуха поршень в пневмоцилиндре перемещается и сдвигает вперед клинья 4, при этом планки 5 поворачиваются на осях 7 и через гидропласт, находящийся в каналах планок 5, передают равномерно давление на плунжеры 6, прижимающие детали, находящиеся в пазах фиксаторов 1, к неподвижным прихватам 2. С торца детали поджимаются прихватом 8.

В ряде случаев для шлифования деталей из немагнитных материалов крепление их в процессе обработки производится посредством пневматических приспособлений. Одна из конструкций такого приспособления (для шлифования уступов у планки) показана

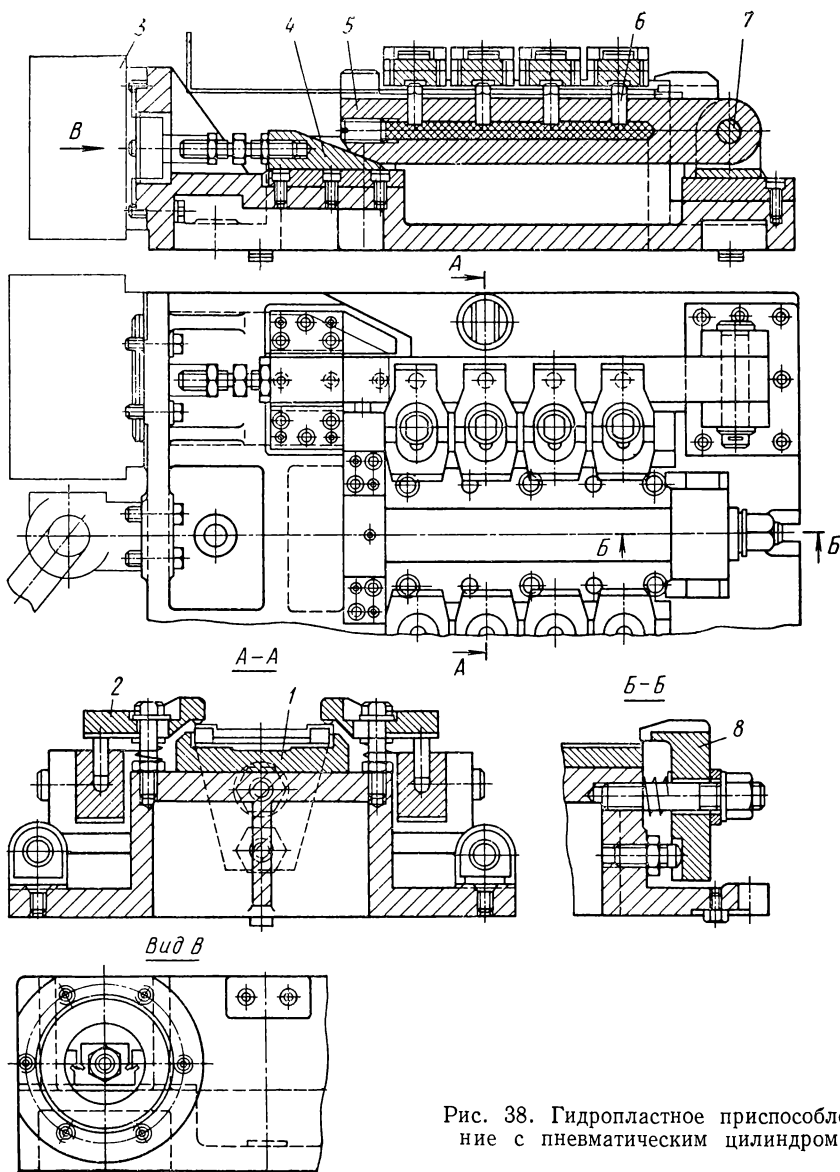


Рис. 38. Гидропластическое приспособление с пневматическим цилиндром

на рис. 39. Внутри корпуса 1 смонтирован цилиндр 8, образующий с корпусом воздушную камеру, куда через распределительный кран поступает сжатый воздух. Под давлением воздуха в верхней части камеры диафрагма 9 перемещается и через палец 2 передает давление на рычаги 3, которые посредством вилок 4 и роликов сжимают кулачки 6, закрепляя обрабатываемые детали в паза плиты 7.

Для закрепления деталей непосредственно на столе плоскошлифовального станка применяются прижимы разной конструкции. Универсальный прижим, применяемый для закрепления

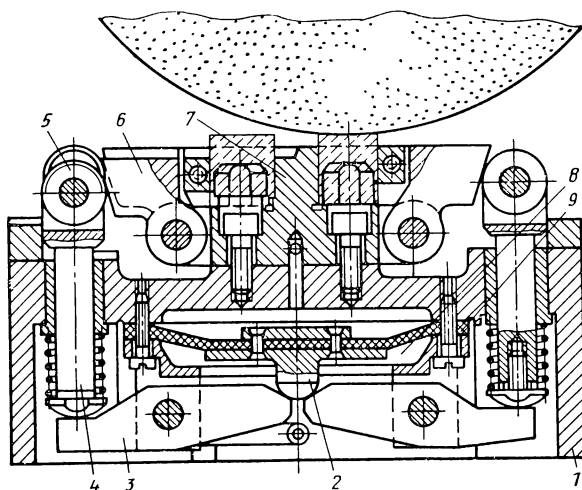


Рис. 39. Пневматическое приспособление для закрепления деталей

деталей среднего размера (рис. 40), устроен следующим образом. В корпусе 1 выполнены две опорные площадки — для прямоугольных деталей площадка А и для круглых — площадка В. Через отверстия в корпусе проходит болт 6, головка которого вводится в Т-образный паз на столе станка. В средней части болта находится гайка 4, которая регулирует натяжение пружины, заключенной между торцом гайки и шайбой 2. Эта пружина закрепляет корпус на плоскости стола. Над гайкой 4 установлена пружина 5, которая прижимает планку 7 к шайбе 8. Обрабатываемую деталь устанавливают на опорные площадки корпуса универсальных прижимов. Закрепляют деталь к корпусу прижимной планкой 7 и гайкой 9. Второй конец планки получает опору посредством винта 10, который одновременно предохраняет прижимную планку от проворачивания.

Для закрепления крупных деталей рационально использовать гидравлические прихваты (рис. 41), которые позволяют при больших физических усилиях прочно закреплять детали на столе станка. В гидроцилиндре 1 под давлением масла, поступающего

от пневмогидроусилителя через отверстие, перемещается поршень 2. При ходе вверх поршень увлекает за собой тягу 10. При этом цилиндр 1 опирается на подставку 3. Прихват 4, подпираемый головкой тяги 10, действуя как рычаг, имеющий опору на сферические шайбы 7 и 8, прижимает деталь 9 к столу станка. Положе-

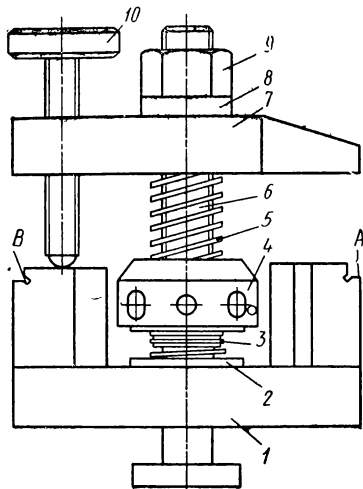


Рис. 40. Универсальный прижим

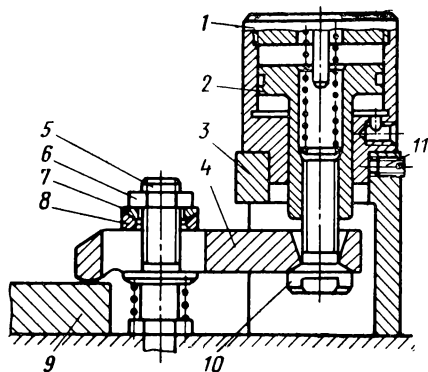


Рис. 41. Универсальный гидropriхват

ние прижимной планки 4 по высоте регулируется гайкой 6, накрученной на шпильку 5. Гидropriхват надежен в работе и прост в эксплуатации. Применение гидropriхватов может сократить вспомо-

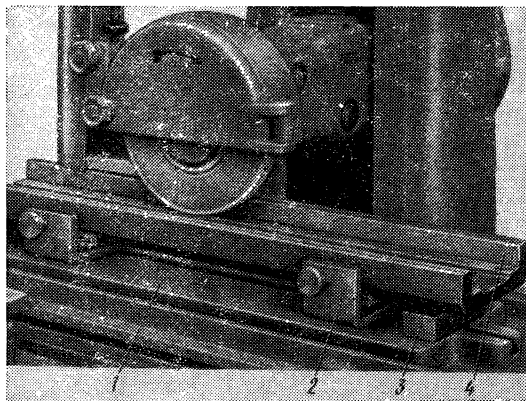


Рис. 42. Схема закрепления крупногабаритных деталей:

1 — стол станка; 2 — прижим; 3 — подкладка; 4 — обрабатываемая деталь

могательное время на закрепление деталей, так как от одного пневмогидравлического усилителя, установленного у станка, можно одновременно приводить в действие несколько прихватов. При этом обеспечивается равномерность прижима детали в разных точках.

Крупногабаритные детали закрепляют на столе станка также болтами, проходящими через прижимные скобы. Пример такого закрепления показан на рис. 42.

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Универсальное синусное приспособление к плоскошлифовальному станку применялось на ГАЗе [5]. В этом приспособлении алмаз устанавливается в плоскости, горизонтальной столу. Подача врезания производится продольным перемещением стола.

В плоскошлифовальных станках стол имеет возвратно-поступательное перемещение, осуществляемое от привода станка. Перемещение стола в продольном направлении может осуществляться также вручную при помощи маховика. Это перемещение не может быть точным, так как отсутствует лимб с делениями микроподачи, и получить высокую точность перемещения с помощью колеса и рейки нельзя. Кроме того, такое расположение приспособления не дает возможности пользоваться в процессе правки круга системой подвода охлаждающей жидкости.

Некоторые шлифовщики для определения величины врезания при подаче алмаза на шлифовальный круг оснащают станок дополнительным индикаторным устройством. Для этого к столу станка прикрепляют индикатор часового типа, а к неподвижной части станка — упор, которого касается ножка индикатора. Однако это усовершенствование полностью себя не оправдывает. Малая чувствительность при передвижении стола вручную приводит к тому, что подача алмаза на шлифовальный круг не может быть постоянной и оптимальной по величине. Резкая подача алмаза на шлифовальный круг часто приводит к выкрашиванию алмаза.

В последние годы на ряде предприятий получило распространение универсальное приспособление с расположением алмаза в плоскости, вертикальной плоскости стола. Этим приспособлением, устанавливаемым на магнитной плите плоскошлифовального станка, можно создавать на шлифовальном круге точные и сложные профили с выпуклыми и вогнутыми дугами окружностей или с сочетанием дуг и прямых, расположенных под всевозможными углами (рис. 43 и 44). Подача врезания алмаза производится лимбом вертикального перемещения шлифовальной бабки. Приспособление позволяет в процессе правки подавать охлаждающую жидкость в зону резания.

Приспособление (рис. 45) состоит из корпуса 1, поворотной плиты 19, соединенной с корпусом осью 20, и поворачивающейся посредством маховика 4, промежуточной плиты 10, кронштейна 12, алмазодержателя 13, в котором винтом закрепляется оправа 15 с

алмазом 14, и микроподачи алмазодержателя 16. Промежуточная плита 10 может перемещаться по направляющему пазу в поворотной плите 19 и закрепляется через тягу 18 специальной

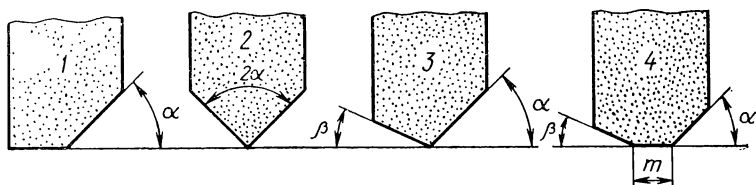


Рис. 43. Профили кругов, образованные прямыми линиями

гайкой 3. К кронштейну 12 прикреплены два направляющих вала 17 с лысками. На валы надеты сепараторы с шариками 9, которые перемещаются по отверстиям в промежуточной плите 10.

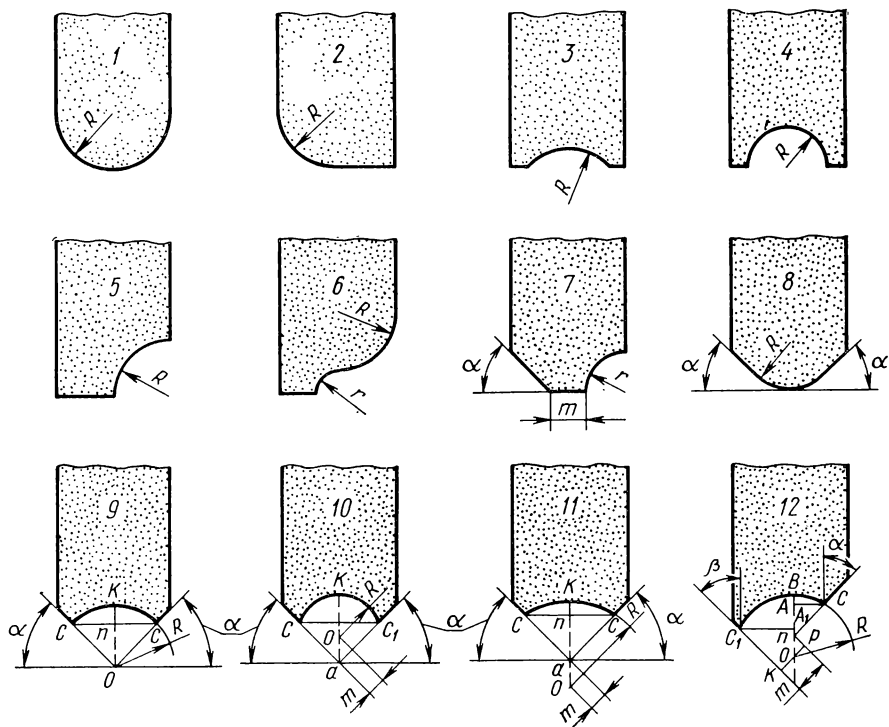


Рис. 44. Профили кругов, образованные дугами окружностей

Шарики помещены в зазор между направляющими валами 17 и отверстиями в промежуточной плите 10 с натягом 0,02 мм. Это исключает возможность люфта при перемещении кронштейна 12 с направляющими валами 17 по промежуточной плите 10. Через

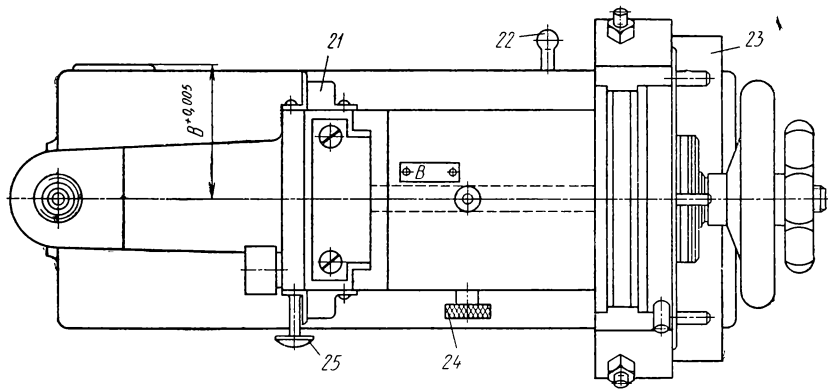
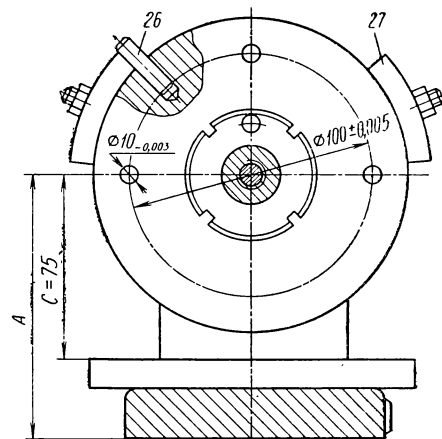
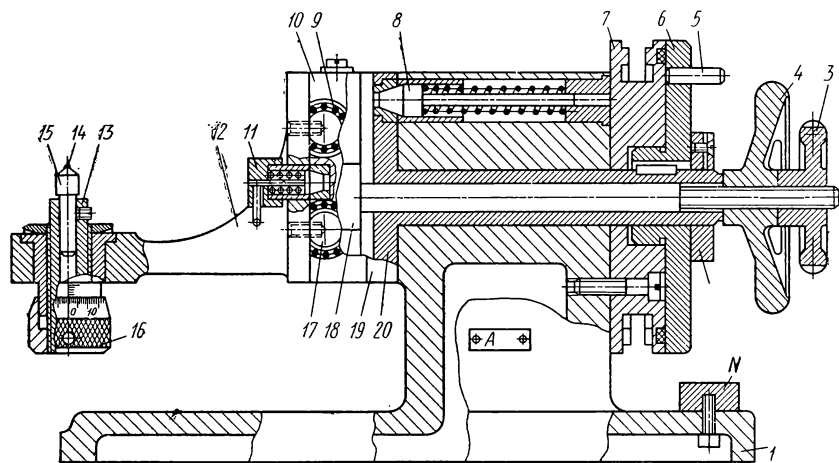


Рис. 45. Универсальное синусное приспособление для профилирования шлифовального круга на плоскошлифовальных станках

кронштейн 12 проходит защелка 11, фиксирующая неподвижное положение кронштейна относительно поворотной плиты. Ручкой 22 с помощью защелки 8 фиксируется неподвижное положение плиты 19 относительно корпуса через каждые 90° , а винтом 24 стопорится вся поворотная система.

На оси 20, с задней стороны корпуса 1, гайкой 2 закреплен диск 6. На внутренней поверхности диска установлены три вала 5 диаметром $10_{-0,003}$ мм, а на наружной поверхности — фиксатор 26. К корпусу 1 прикреплена планка 23, доведенная поверхность которой N параллельна основанию корпуса 1. Размер C от вала 5 до плоскости N , так же как размер A от оси до основания корпуса и размер B от оси до боковых установочных выступов у корпуса, измеряются с точностью до 0,005 мм и их числовые значения записаны на соответствующих табличках, укрепленных на корпусе. При оттянутой защелке 11 кронштейн 12 может посредством рукоятки 25 получить возвратно-поступательное перемещение по промежуточной плите 10. На оси 20 установлен диск упоров 7, по пазу которого перемещаются два упора 27, закрепляемых в нужном положении винтами. Подвижная часть приспособления защищается от попадания абразивной пыли и охлаждающей жидкости щитками 21.

Настройка приспособления для заправки на шлифовальном круге профиля радиусом R (см. рис. 44, профиль 1) заключается в следующем. Кронштейн 12 устанавливают в положение, обеспечивающее нужный радиус заправки круга. Этот размер определяется расстоянием A (см. рис. 45) от основания приспособления до центра горизонтальной оси 20 и величиной заправляемого радиуса. Для возможности перемещения кронштейна 12 необходимо отвернуть гайку 3, маховик 4 и освободить тягу 18. После этого промежуточная плита 10 с кронштейном 12 может перемещаться по направляющему пазу в поворотной плите 19. Установив алмаз в нужное положение, гайку 3 и маховик 4 снова зажимают. Если расстояние от основания приспособления до острия алмаза равно A , то острие алмаза совпадает с осью вращения кронштейна 12, т. е. находится в нулевом положении.

Для получения дуги определенного радиуса кронштейн 12 должен быть установлен так, чтобы расстояние между основанием приспособления и направленным вверх острием алмаза было равно $A - R$ (для выпуклой поверхности) или $A + R$ (для вогнутой поверхности). Выставить алмаз для правки выпуклой поверхности можно также по установочной мере длины, имеющей размер $A + R$, а вогнутой поверхности — по мере длины с размером $A - R$. Для этого кронштейн 12 с алмазом разворачивают на 180° так, чтобы алмаз был направлен своей вершиной вниз, подводят его до соприкосновения с установочной мерой длины и в таком положении закрепляют. Таким образом, для профилирования выпуклой и вогнутой поверхностей одного радиуса можно пользоваться одной установоч-

ной мерой (рис. 46). Приспособление устанавливают на магнитную плиту станка так, чтобы вершина алмаза совпадала с вертикальной осью шлифовального круга, и прижимают базовыми выступами у корпуса к боковой установочной планке плиты и переднему упору. Вращение, необходимое для профилирования круга, кронштейн 12 (см. рис. 45) получает от маховика 4 при отключенной защелке 8. Подача врезания круга на алмаз выполняется лимбом шлифовальной головки.

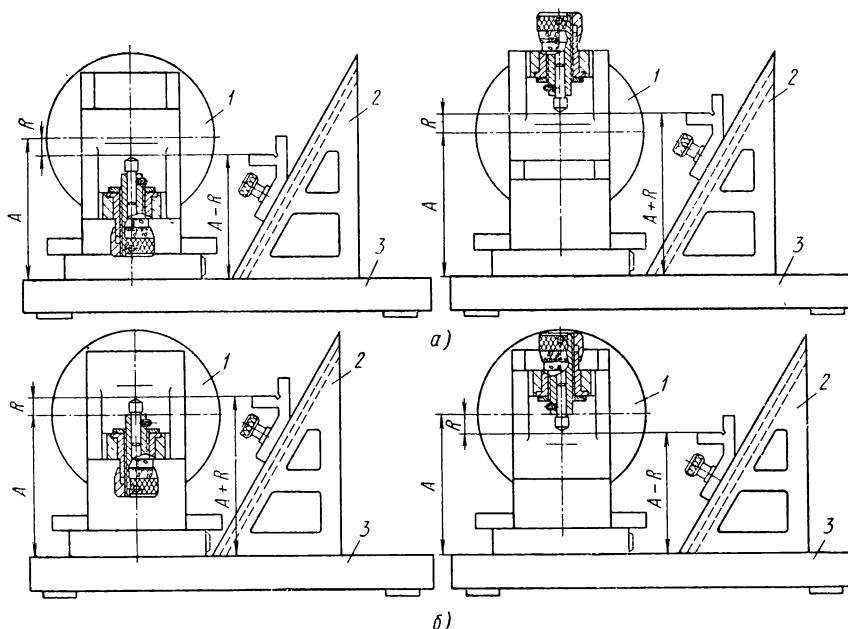


Рис. 46. Схема настройки приспособления для профилирования

а — выпуклой поверхности; б — вогнутой поверхности; 1 — приспособление; 2 — регулируемый упор; 3 — контрольная плита

Настройка приспособления для заправки на шлифовальном круге прямых участков, наклоненных к оси профиля под некоторым углом α (см. рис. 43, форма 1), производится в следующем порядке.

1. Кронштейн 12 (см. рис. 45) с алмазом устанавливают в нулевое положение (на размер A от плоскости основания) и в таком положении правят круг в горизонтальной плоскости. После этого упорами 2 и 3 (см. рис. 2) фиксируют положение лимба у маховика шлифовальной головки.

2. Поворотную плиту 19 (см. рис. 45), несущую промежуточную плиту 10 и кронштейн 12, поворачивают на угол α , где α — угол между заправляемым участком и горизонтальной плоскостью, проходящей через вершину профиля. Для поворота плиты на плоскость N устанавливают набор концевых мер или специальный

калибр с размером, равным ($C - 50 \sin \alpha$), где C — размер от плоскости N до вала 5; размер 50 — расстояние от оси диска 6 до оси вала 5. Затем ручкой 22 отключают защелку 8, с помощью маховика 4 диск 6 поворачивают до соприкосновения вала 5 с установленным на плоскости N набором концевых мер. После этого один из упоров 27 подводят к фиксатору 26, закрепляют винтом с гайкой, а прижимом 24 закрепляют ось в данном положении.

3. Отключают защелку 11 и рукояткой 25 сообщают кронштейну 12 с алмазом возвратно-поступательное перемещение под углом α . Как и при профилировании шлифовального круга по дуге подача врезания выполняется лимбом вертикального перемещения шлифовальной головки станка. При профилировании двустороннего профиля под одинаковыми углами (см. рис. 43, форма 2) после профилирования одной стороны, как это указывалось в предыдущем примере, набор концевых мер устанавливают на плоскости N под ролик, расположенный с диаметрально-противоположной стороны диска 6. Освободив прижим 24, поворачивают ось на угол 2α до соприкосновения вала с набором концевых мер, подводят к фиксатору 26 второй упор 27, закрепляют ось прижимом 24 и заправляют вторую сторону профиля круга.

Аналогично профилируют углы круга по форме 3 (см. рис. 43) с той только разницей, что при заправке участка, расположенного слева от оси профиля, диск 6 (см. рис. 45) поворачивают по часовой стрелке до соприкосновения вала 5 с мерой длины, равной $C - 50 \sin \beta$, а при заправке участка, расположенного справа, — против часовой стрелки, до соприкосновения вала 5, расположенного с диаметрально-противоположной стороны диска 6 с мерой длины, равной $C - 50 \sin \alpha$.

Несколько иначе поступают при заправке профиля по форме 4 (см. рис. 43), когда на круге необходимо образовать два угла и прямую площадку размером m . В этом случае боковую сторону приспособления прижимают не непосредственно к установочной планке магнитной плиты, а к промежуточной пластине размером m , которую помещают между установочной планкой и базовыми выступами на боковой поверхности приспособления. Совместив вершину алмаза, установленного в нулевое положение, с вертикальной осью шлифовального круга, впереди приспособления ставят упор. Затем правят горизонтальную поверхность круга.

Развернув диск 6 (см. рис. 45) по часовой стрелке на угол β (см. рис. 43), заправляют сторону профиля, расположенную слева, и фиксируют упорами лимб вертикальной подачи или совмещают стрелку индикатора с нулевой риской на циферблате. После этого перемещают круг вверх, вынимают промежуточную планку размером m , и, не отводя приспособление от переднего упора, прижимают его непосредственно к упорной планке магнитной плиты. Повернув диск 6 против часовой стрелки на угол $\alpha + \beta$, заправляют сторону профиля, расположенную справа. Врезание производят до соприкосновения упоров 2 и 3 ограничителя вертикальной подачи или,

при использовании в качестве ограничителя индикатора, до совмещения его стрелки с нулевой рисккой. Приспособлением без больших затруднений, можно заправлять такие профили, у которых дуга окружности касается двух наклонных прямых или пересекается с ними. Такие профили приходится заправлять, например, при шлифовании деталей со шлицами.

Простейшим примером такого профиля является профиль 9 (см. рис. 44), образованный вогнутой дугой и прямыми составляющими угол α с горизонтальной осью профиля. Установив алмаз на размер $A + R$, базовые поверхности приспособления прижимают к упорной планке магнитной плиты и переднему упору. Затем вершину алмаза выверяют по вертикальной оси круга и примерно на середине по его ширине, определив по формуле $Kn = R(1 - \sin \alpha)$ глубину врезания, заправляют дугу радиуса R на необходимую глубину и фиксируют одним из существующих методов положение лимба вертикальной подачи. Затем кронштейн 14 с алмазом возвращают в исходное положение. Повернув ось приспособления, как это было сказано выше, на угол α , заправляют правый угловой участок. Алмаз на круг подают до упора вертикальной подачи.

Повернув ось приспособления по часовой стрелке на угол $180 - 2\alpha$, заправляют аналогичным путем левый угловой участок профиля. Так как при профилировании боковых сторон вершина алмаза установлена в нулевое положение, т. е. она находится в точке O , то при возвращении шлифовального круга в процессе профилирования боковых сторон к точке, в которой он находится при окончании правки дугового участка, размер CC должен получаться автоматически.

У профиля 10 (см. рис. 44) точка a пересечения угловых участков профиля с осью находится ниже центра O . В данном случае контур профилируют следующим образом.

1. Алмаз устанавливают в нулевое положение (на размер A) и при неподвижно закрепленной поворотной плите 19 (см. рис. 45) правят горизонтальную поверхность шлифовального круга, после чего фиксируют положение лимба подачи шлифовальной головки.

2. Алмаз устанавливают на размер $A + R$ и заправляют участок профиля на глубину Kn (см. рис. 44), которая или задается чертежом или определяется по формуле

$$Kn = Ka - an = r + oa - C_1 n \operatorname{tg} \alpha.$$

3. Алмаз с кронштейном 12 (см. рис. 45) устанавливают на размер $A - m$ и, повернув ось приспособления против часовой стрелки на угол α , заправляют правый угловой участок. Подачу врезания прекращают, когда лимб шлифовальной головки возвратится в зафиксированное положение.

4. Повернув ось приспособления по часовой стрелке на угол $180^\circ - 2\alpha$ аналогичным путем, заправляют второй угловой

участок профиля. Размер хорды CC_1 получается автоматически. Таким же путем заправляют профиль 11 (см. рис. 44), у которого точка a пересечения угловых участков с осью, находится выше центра O с той только разницей, что для профилирования угловых участков алмаз в приспособлении перемещается до размера $A + m$.

При заправке профиля 12 (см. рис. 44), состоящего из дуги окружности и двух прямых, пересекающих эту дугу под различными углами, предварительно при известных значениях R , β , A_1C и A_1B определяют размеры OK и nP , необходимые для настройки приспособления:

$$OK = Om \sin \beta; Om = Bm - OB = A_1C_1 \operatorname{ctg} \beta + A_1B - R; nP = On \sin \alpha.$$

При известных значениях R , α , AC и AB

$$On = R - (An + AB) = R - AC \operatorname{ctg} \alpha + AB.$$

Из приведенных примеров видно, что дуговой участок профиля должен быть заправлен на глубину A_1B . При профилировании

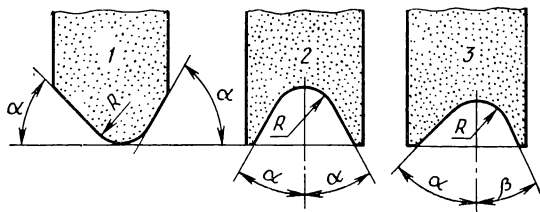


Рис. 47. Профили кругов, образованные дугами и касательными к ним

угла β алмаз в приспособлении должен быть установлен на размер $(A - OK)$, а при профилировании угла α — на размер $(A + nP)$. При соблюдении указанных приемов правки круга размеры AC и A_1C_1 также получаются автоматически.

При заправке всех профилей приспособление должно устанавливаться на магнитную плиту так, чтобы опорные поверхности были прижаты к направляющей планке и переднему упору. До окончания профилирования круга стол нельзя перемещать.

Приспособление для профилирования шлифовальных кругов по радиусу и касательным. При образовании профиля, состоящего из выпуклой или вогнутой дуги и двух прямых, являющихся касательными к этим дугам (рис. 47), приспособления, у которых заправка дуг и касательных производится отдельно, теоретически точный профиль не образуют. В точке касания прямой и дуги, т. е. в точке остановки алмаза, на шлифовальном круге всегда образуется выемка, которая в процессе шлифования вносит погрешности в геометрическую форму обрабатываемой поверхности.

Для исключения этих погрешностей и повышения качества обработки разработано и внедрено полуавтоматическое приспособление для одновременного профилирования дуг и наклонных прямых на плоскошлифовальных станках (рис. 48). Правку

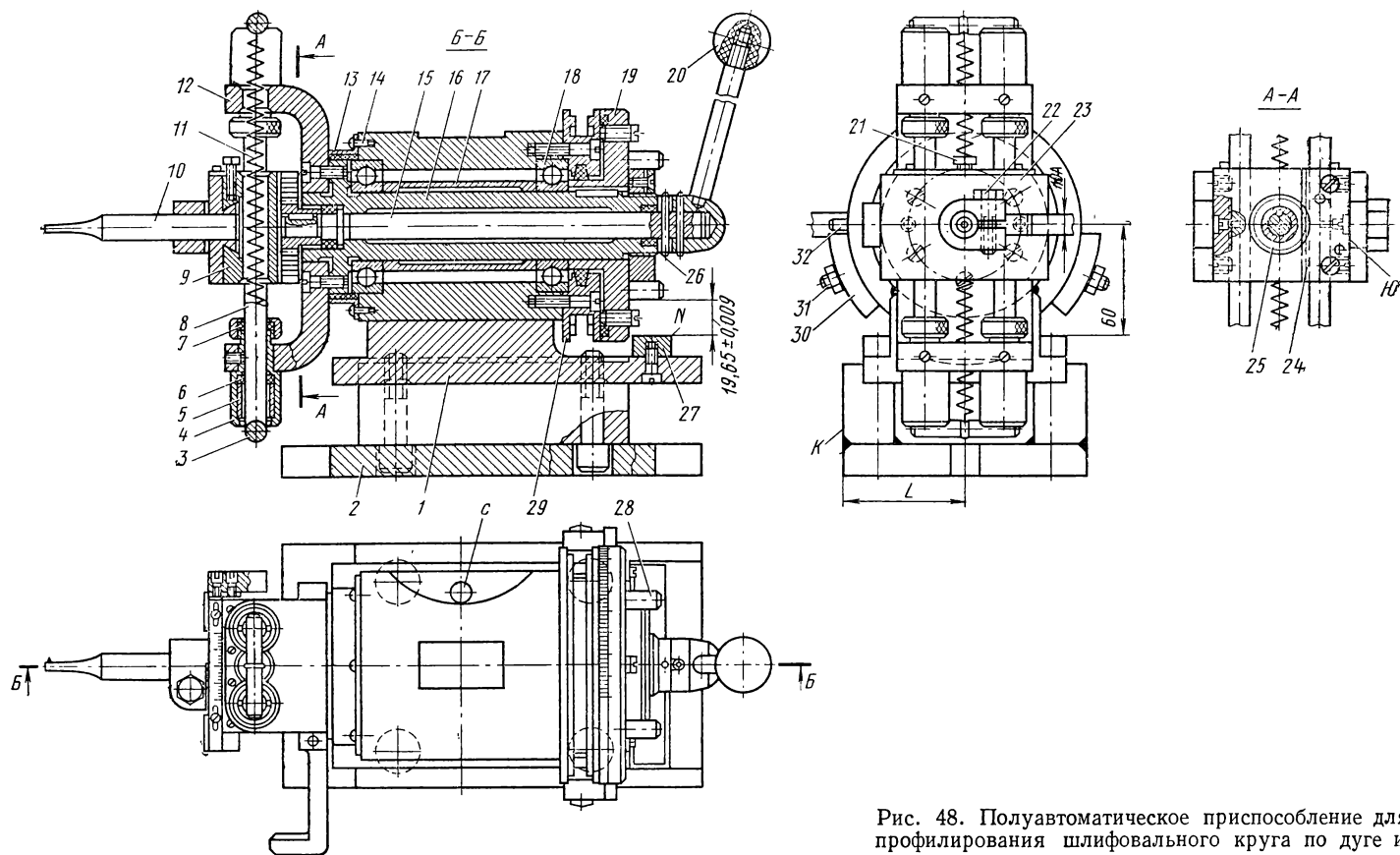


Рис. 48. Полуавтоматическое приспособление для профилирования шлифовального круга по дуге и касательным прямым

профиля осуществляют алмазом 10, закрепленным в головке 23, которую при установке величины радиуса профилируемой дуги перемещают в пазу каретки 9 и закрепляют в нужном положении болтом 21. Каретка может перемещаться совместно с двумя скалками 8, расположенными перпендикулярно к направляющим плоскостям головки 23 во втулках 4, запрессованных в поводок 12. Торцы скалок и направляющих втулок находятся на одном уровне и в них выполнены сквозные призматические пазы, в которые установлены валы 3, связанные между собой жесткой пружиной 11. Поводок 12 скреплен винтами со шпинделем 16, установленным в корпусе 1 на подшипниках 18. Между подшипниками находится распорная втулка 17. Через отверстие в шпинделе проходит вал 15, на одном конце которого находится колесо 25, соединенное с рейкой 24, а на другом — рукоятка 20.

Под углом $90^\circ \pm 1'$ к горизонтальной и вертикальной оси лимба находятся четыре вала 28. Валы диаметром $10 \pm 0,002$ мм расположены на окружности диаметром $100 \pm 0,005$ мм. Ниже валов на корпусе 1 закреплена планка 27, у которой размер от поверхности *N* до оси лимба равен $55 \pm 0,005$ мм, что, как будет видно далее, упрощает расчеты в процессе настройки приспособления. Между лимбом и корпусом приспособления находится диск упоров 29. По пазу диска перемещаются два упора 30, закрепляемые в нужном положении гайками 31. Диск упоров установлен соосно шпинделю 16 приспособления и прикреплен неподвижно к корпусу 1 винтами. На наружной поверхности лимба 19 нанесены деления в градусах. Деления расположены в такой последовательности, что при упоре вала 28 в установленный на плоскости *N* набор концевых мер размером 19,65 мм риска 90° на лимбе и риска 0 на диске упоров совпадают. При этом оси колонок 8 должны быть перпендикулярны плоскости основания. Над поверхностью лимба 19 выступает штифт 32, который является ограничителем перемещения упоров 30. При изготовлении приспособления размер *L* от плоскости *K* измеряется с точностью $\pm 0,005$ мм и клеймится на передней поверхности приспособления. В данном приспособлении $L = 65$ мм.

Настройка приспособления заключается в следующем.

1. Алмазодержатель 10 устанавливают в гнездо головки 23 так, чтобы вершина алмаза совпадала с осью перемещения головки алмазодержателя, оси колонок 8 были параллельны плоскости основания приспособления, а риска 0 на лимбе совпадала с риской 0 на диске упоров.

2. Вершину алмаза устанавливают выше оси вала 15 на величину *R* при профилировании на шлифовальном круге вогнутой дуги, и ниже оси вала 15 на величину *R* при профилировании наружной дуги. Для установки алмаза отсчет ведется от площадки *C*, которая совпадает с горизонтальной плоскостью, проходящей через ось вала 15. Алмаз в нужное положение устанавливают

на контрольной плите посредством меры длины, равной по величине R регулируемого установа и индикатора (рис. 49).

3. На поверхность N (см. рис. 48) устанавливают набор концевых мер длины $B = 50 (1 + \sin \alpha)$. Рукояткой 20 поворачивают лимб до соприкосновения вала 28 с набором концевых мер. Затем левый упор 30 подводят до соприкосновения с левым штифтом 32 и в этом положении закрепляют. Аналогичным путем устанавли-

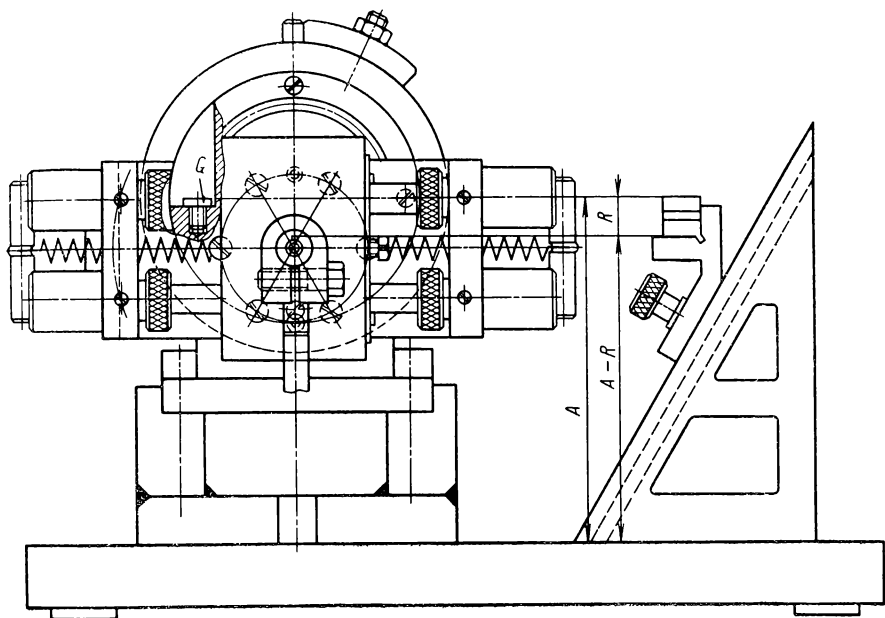


Рис. 49. Схема настройки приспособления для профилирования дуги:

A — расстояние от основания приспособления до его оси; R — радиус заправляемой дуги; C — установочная площадка, совпадающая с осью приспособления

вают правый упор 30 в положение, при котором лимб может повернуться в противоположную сторону на угол β .

4. Приспособление устанавливают на магнитную плиту плоскошлифовального станка и прижимают боковой поверхностью к установочной планке. Продольным ручным перемещением стола подводят алмаз в положение, когда его вершина совпадает с вертикальной плоскостью, проходящей через ось шлифовального круга, а поперечным перемещением стола алмаз устанавливают в середине круга.

5. Включают вращение шлифовального круга и постепенно подводят круг к алмазу до соприкосновения с ним. Покачивая рукояткой 20 шпиндель от упора к упору, продолжают врезание алмаза в круг на глубину, равную радиусу или, в зависимости от размера, на 0,1—0,5 мм меньше его величины.

кой 21 устанавливают соответствующий блок концевых мер 20, который равен по величине размеру A — расстоянию от упора 16 до планки 21, установленной в положение, когда выставленный по шаблону 9 алмаз своей вершиной совпадает с центром оси 22.

При профилировании круга по углу пользуются кареткой 6. Для этого ее перемещают в продольном направлении по направляющим ползуна с помощью зубчатой рейки 23, закрепленной на каретке, и колеса 3, установленного на оси 4. Для фиксации каретки в осевом положении при профилировании шлифовального круга по радиусу пользуются стопорами 5. При профилировании круга по углу стопор, находящийся со стороны заправляемого

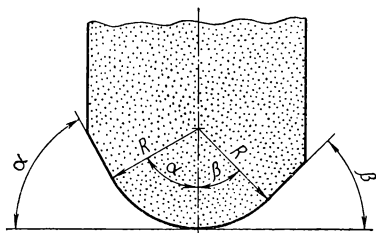


Рис. 52. Профиль, заправляемый с помощью приспособления на круглошлифовальном станке

угла, вынимают. Для защиты от абразивной пыли на ползуне установлен щиток 11, а на направляющих каретки закреплены фетровые прокладки.

При настройке приспособления для профилирования шлифовального круга по дуге радиуса R и под углами α и β (рис. 52) поступают следующим образом: устанавливают приспособление на столе круглошлифовального станка так, чтобы ось ползуна 10 (см.

рис. 51) была перпендикулярна оси шлифовального круга; устанавливают вершину алмаза на размер R от центра оси 22. Для этого, установив и закрепив по шаблону 9 алмаз в оправе 8, укладывают на поворотный столик 15 блок концевых мер 20, равный размеру $(55 \pm R)$. На основание 14 укладывают два блока концевых мер 17, размеры которых подбирают из расчета поворота столика на углы α и β . В первом случае блок концевых мер равен $100(1 - \sin \alpha)$, а во втором — $100(1 - \sin \beta)$.

Для профилирования круга на угол β каретку вместе с оправой алмаза поворачивают вправо и столик закрепляют винтом 19. Затем вынимают стопор 5, фиксирующий каретку 6. Заметив деления на лимбе 2, отводят каретку 10 и с помощью штурвала 4 вручную профилируют наклонный участок профиля, подавая алмаз лимбом 2 до ранее намеченного деления.

Закончив профилирование угла β , переходят к профилированию угла α . Для этого каретку 10 поворачивают влево и снова закрепляют столик 15 винтом 19. Опять отводят лимб 2 и тем же способом, как и угол β , профилируют угол α , подавая каретку 10 до намеченного на лимбе 2 деления.

После профилирования углов приступают к профилированию радиуса R . Для этого, установив на место фиксаторы 5, слегка освобождают винт 19 и, отведя лимбом 2 каретку 10, начинают поворачивать столик 5, постепенно врезаясь алмазом в тело

круга путем подачи каретки 10 лимбом 2 до того же ранее намеченного деления.

При вращении столика палец 24 упирается поочередно то в один, то в другой набор блоков концевых мер 20, не давая врезаться алмазу в наклонные поверхности круга.

Для обеспечения точности профилирования углов в пределах 1 мин и радиусов в пределах 0,01 мм при изготовлении приспособления должно быть учтено следующее.

1. Каретки должны иметь такую высоту, чтобы ось оправы 8 с алмазом совпадала с горизонтальной осью шлифовального круга. Перемещение каретки 6, ползуна 10 и вращение столика 15 должно быть плавным и без люфтов.

2. Несимметричность упора 16 относительно оси должна находиться в пределах $\pm 0,005$ мм.

3. Размер $72 \pm 0,01$ мм должен быть согласован с положением стопоров 5 и при необходимости подогнан с помощью сухарей, размещенных в каретке 6. При этом несимметричность относительно оси ползуна 10 не должна превышать $\pm 0,01$ мм.

4. Несимметричность призматического паза под оправу алмаза в стойке 7 не должна быть более $\pm 0,01$ мм.

В процессе сборки приспособления между планкой 21 и упором 16 устанавливают набор концевых мер кратного размера. Лимб 2 устанавливают в нулевое положение, а размер B между шаблоном 9 и стойкой 7 подгоняют так, чтобы вершина алмаза совпадала с осью вращения приспособления в пределах $\pm 0,005$ мм. Размеры A и B маркируют на корпусе приспособления.

Приспособление к резьбошлифовальному станку. При выполнении профильно-шлифовальных работ на резьбошлифовальных станках профилирование круга алмазным инструментом производят ручным универсальным приспособлением для профилирования кругов (рис. 53). Приспособление имеет форму суппорта, устанавливается на специальной плите с задней стороны шлифовальной бабки и закрепляется эксцентриковым зажимом, состоящим из специального болта 4 и рукоятки 9. На корпусе 1 приспособления перемещается каретка 5, несущая на себе сектор 12 с алмазной головкой 15. Каретка получает поступательное движение с помощью винта 3 и гайки 2, укрепленной в корпусе 1. Вращая маховик 8, сидящий на винте 3, можно перемещать каретку 5 в ту или иную сторону. Величина перемещения определяется микрометрической установкой, состоящей из подвижной втулки 6 и шайбы нониуса 7, которая закрепляется на винте и вращается вместе с ним. Наличие нониуса позволяет перемещать каретку 5 с большой точностью.

Корпус алмазной головки 15, вращаемый вокруг оси 26 по сектору 12, может быть установлен в любой точке сектора с помощью передвижных упоров 13 в зависимости от необходимого угла профилирования круга. Работа алмазной головки состоит в следующем. Алмаз с оправой 22 крепится специальным винтом

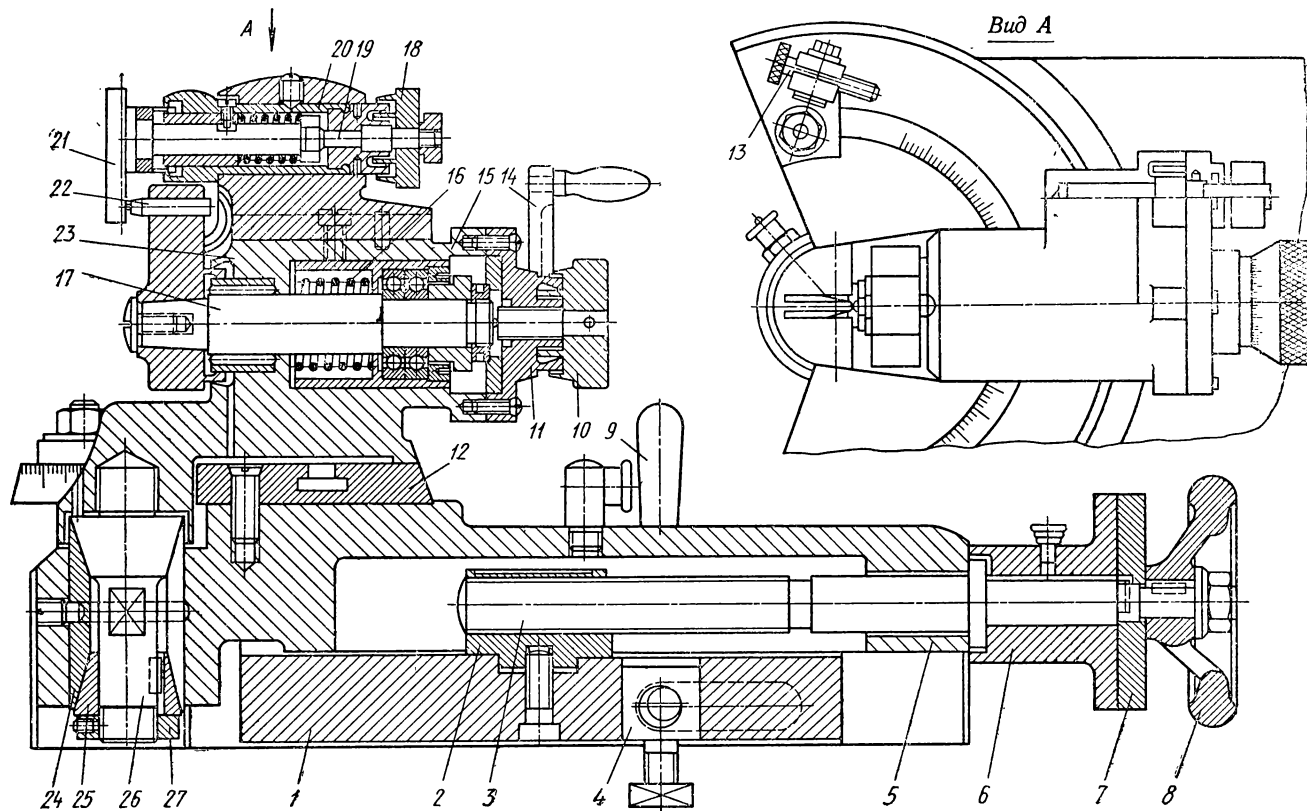


Рис. 53. Приспособление к резьбошлифовальному станку для профилирования шлифовального круга

в державке 23, закрепленной на конусном конце оси 17. Поворотом рукоятки 14 через зубчатую передачу вращается ось 17, а следовательно, и державка с алмазом в оправе 22. Ось 17 может получать осевое установочное перемещение с помощью микрометрического устройства, состоящего из винта с лимбом 10 и резьбовой втулки 11. Пружина 16 прижимает ось державки к упору.

Для устранения возможного люфта алмазной головки ось ее вращения имеет следующую конструкцию. В каретке суппорта 5 закреплена разрезная цилиндрическая втулка 24 с двумя противоположными внутренними конусами — один для конической оси 26, а другой для конической втулки 25, затягиваемой стопорным кольцом 27. Благодаря этому достигается точное взаимодействие вращающихся частей. На сектор 12 нанесена градуировка от 0 до 180°. Установка алмазной головки 15 с точностью до $\pm 3'$ может быть произведена при помощи нониуса.

Установка алмаза для профилирования вершины круга по дуге производится с помощью дополнительного устройства, закрепляемого на верхней части алмазной головки 15. Это устройство состоит из корпуса 20, внутри которого по втулке перемещается регулируемый поворотный упор 21, который связан с микрометрическим винтом 19. При нулевом положении лимба 18 установочная поверхность упора 21 совпадает с осью вращения алмазной головки. Для профилирования вогнутой дуги упор 21 выдвигают вперед по нониусу на величину заправляемого радиуса. Выпуклую дугу профилируют после установки алмаза по отведенному назад подвижному упору 21 на величину заправляемого радиуса. Дугу профилируют поворотом алмазной головки вокруг оси 26. Угол поворота головки при профилировании дуги ограничивается упорами 13. Врезание производится подачей каретки 5.

Приспособления для профилирования круга по шаблону на плоскошлифовальном станке. Применение универсальных приспособлений для профилирования шлифовального круга позволяет шлифовать сложные контуры с большой точностью и низкой шероховатостью обработки. Однако процесс профилирования этими приспособлениями является весьма трудоемким и экономически оправдывается только при обработке сравнительно небольших серий деталей. При крупносерийном производстве целесообразнее шлифовальные круги профилировать по шаблону. В зависимости от конструкции приспособления шаблон может полностью соответствовать контуру обрабатываемой детали, может иметь обратный контур или иметь размеры, увеличенные в определенном масштабе по сравнению с деталью. Приспособление к плоскошлифовальному станку для профилирования шлифовального круга по контршаблону детали показано на рис. 54 (в отдельных случаях контршаблон может быть заменен самой деталью).

На корпусе 1 приспособления закреплен шаблон 15, по контуру которого перемещается копирный палец 2. На противоположном

шаблону конце копирного пальца закреплена оправа 6 с алмазом. Перемещаясь вместе с копирным пальцем, алмаз при контакте с шлифовальным кругом образует на нем профиль, обратный профилю шаблона. Копирный палец 2 закреплен в гильзе 8, которая перемещается в отверстии ползуна 9. С одной стороны гильзы 8 снята лыска. Этой поверхностью гильза соприкасается с плитой 3

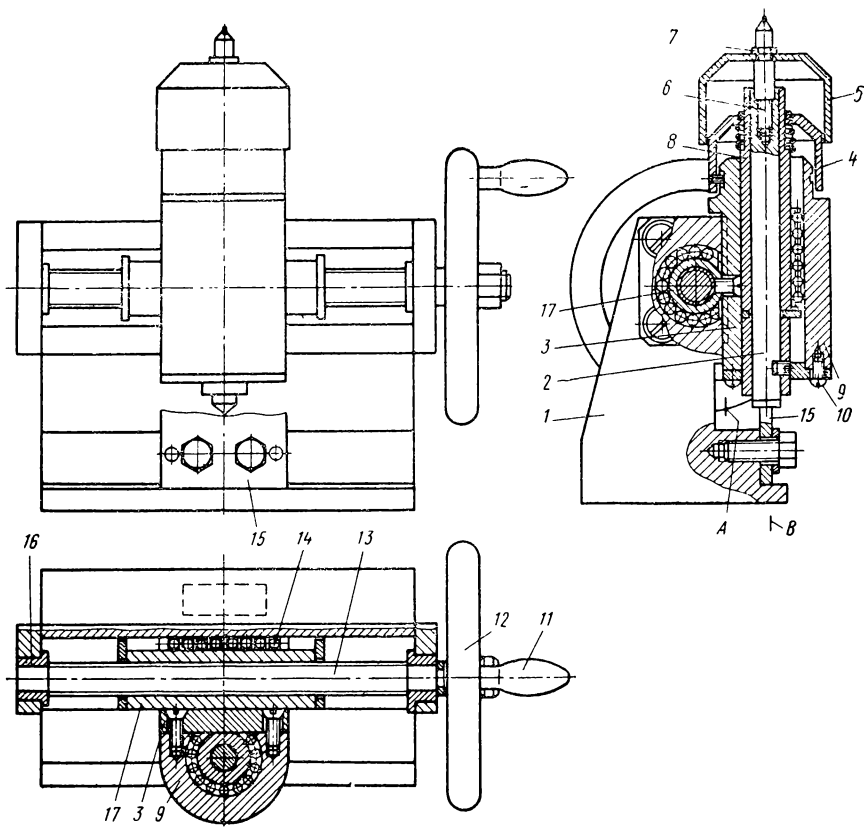


Рис. 54. Приспособление к плоскошлифовальному станку для профилирования круга по шаблону

и при возвратно-поступательном перемещении скользит по ней. На оставшейся цилиндрической поверхности гильзы размещены стальные шарики, вставленные в сепаратор. Вдоль вертикальной стороны корпуса 1 приспособления расположено отверстие, пересекающее вертикальную плоскость корпуса. В этом отверстии установлена ходовая гайка 17 со снятой лыской, которая прижата к плите 3. Между ходовой гайкой 17 и отверстием в корпусе 1 находятся сепаратор 14 с шариками. Шарик, устанавливаемый в каждый сепаратор, комплектуется с разбросом диаметра в пределах 0,001 мм и вводится в зазоры между наружными и внутрен-

ними поверхностями соответствующих элементов приспособления с натягом 0,02 мм. Благодаря этому в процессе правки исключаются люфты у подвижных частей приспособления и вибрация алмаза. Шлифуемая поверхность получается менее шероховатой.

Через гайку 17 проходит ходовой винт 13, установленный в бронзовые втулки, запрессованные в две планки 16. Планки 16 закреплены с двух сторон корпуса 1. Винт 13 вращается посредством рукоятки 11, установленной на маховике 12, и перемещает гайку 17 с плитой 3 и ползуном 9. Чтобы абразивная пыль не

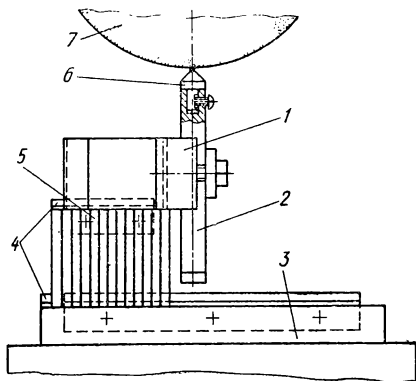


Рис. 55. Схема образования профиля алмаза на шлифовальном круге

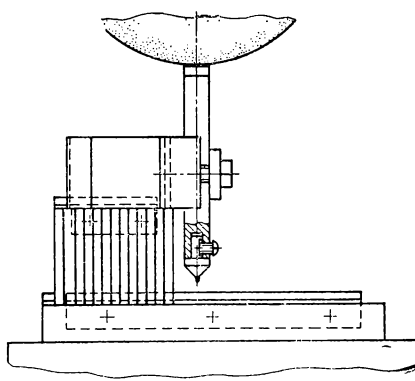


Рис. 56. Схема шлифования на копирном пальце профиля, идентичного профилю алмаза

попадала на движущиеся части приспособления, на ползун 9 надевается колпачок 4, а на оправе алмаза 6 пружинной шайбой 7 закрепляется щиток 5. Между планками 16 и плитой 3 устанавливаются подвижные щитки.

Профилирование шлифовального круга выполняется в два приема: черновая правка более крупным алмазом с врезанием 0,05—0,07 мм за один проход; для чистовой правки выбирают меньший, но более острый алмаз. Чистовая правка производится при глубине врезания 0,005—0,01 мм. Для получения точного профиля при правке круга по шаблону необходимо соблюсти следующие условия: 1) профиль копирного пальца должен быть идентичным профилю алмаза, закрепленного на стержне копирного пальца и находящегося на одной прямой с ним; 2) профилирование должно вестись в плоскости, вертикальной оси шлифовального круга. Первое условие выполняется профилированием копирного пальца (рис. 55 и 56). Для этого копирный палец 2 с алмазом в оправе 6 вынимают из приспособления и закрепляют в призме 1, вертикальная плоскость которой должна быть строго перпендикулярна основанию, а угловой паз симметричен боковым поверхностям. Призму устанавливают алмазом вверх на магнитный блок 5 и вместе с ним помещают на магнитную плиту 3.

При этом плиту и блок плотно прижимают к опорным планкам 4. Постепенным опусканием шлифовальной бабки при возвратно-поступательном движении стола на шлифовальный круг 7 вершиной алмаза переносится форма. По нониусу вертикальной подачи замечают глубину врезания алмаза в шлифовальный круг. После этого шлифовальную бабку поднимают. Призму устанавливают на магнитный блок вторым торцом и прижимают к установочным планкам магнитного блока и магнитной плиты (см. рис. 56). Путем постепенного опускания шлифовальной головки профиль, выполненный алмазом на шлифовальном круге, переносится на копирный палец на глубину, замеченную по нониусу при врезании алмаза.

Для обеспечения низкой шероховатости обработки последние подачи шлифовального круга на копирный палец сопровождаются выхаживанием. Завершив обработку копирного пальца, его снова устанавливают в приспособление, выставив обработанную поверхность перпендикулярно поверхности В (см. рис. 54).

Устройство для профилирования круга по шаблону на круглошлифовальном станке. При шлифовании на круглошлифовальных станках сложных профилей, роликов, прокатных валов и фасонных инструментов часто применяют профилирование круга по шаблону. При этом на шлифовальный круг посредством соответствующих приспособлений переносится профиль шаблона или профиль его проекции.

Приспособление (рис. 57), позволяющее профилировать шлифовальный круг по шаблону, используя автоматическое возвратно-поступательное перемещение стола, состоит из основания 1, закрепленного специальными болтами 16 на столе круглошлифовального станка. На основании по направляющим 18 перемещается каретка 15. В зазор между направляющими и основанием установлены сепараторы 19 с шариками. Шарик входит в этот зазор с натягом 0,02 мм. В бронзовой втулке, запрессованной в каретку, установлен на оси 4 корпус алмазодержателя 9. На корпусе алмазодержателя закреплены копирный палец 3 и обойма 10 для алмаза в оправе 8. Обойма 10 может перемещаться в корпусе винтом 11, с помощью которого регулируется положение алмаза.

Для устранения вибрации алмаза в процессе профилирования шлифовального круга на корпусе 9 алмазодержателя установлен ролик 13, перемещающийся по опорной поверхности стойки 14 и находящийся в постоянном натяжении под действием пружины 7. На шлифовальной бабке станка закреплен кронштейн 6 с подставкой 5 для шаблона 17. Подставка 5 может перемещаться по направляющим в кронштейне 6, благодаря чему шаблон 17 может быть установлен в нужное положение относительно копирного пальца 3. Каретка находится все время под воздействием пружины 2, что обеспечивает постоянный контакт копирного пальца с шаблоном. Корпус 9 алмазодержателя можно поворачивать

вокруг его оси рукояткой 12. Для получения на шлифовальном круге профиля, идентичного профилю шаблона, должны быть соблюдены следующие условия:

а) копирный палец и вершина алмаза должны совпадать с прямой, перпендикулярной основанию корпуса 9 алмазодержателя;

б) форма копирного пальца должна быть идентичной форме алмаза;

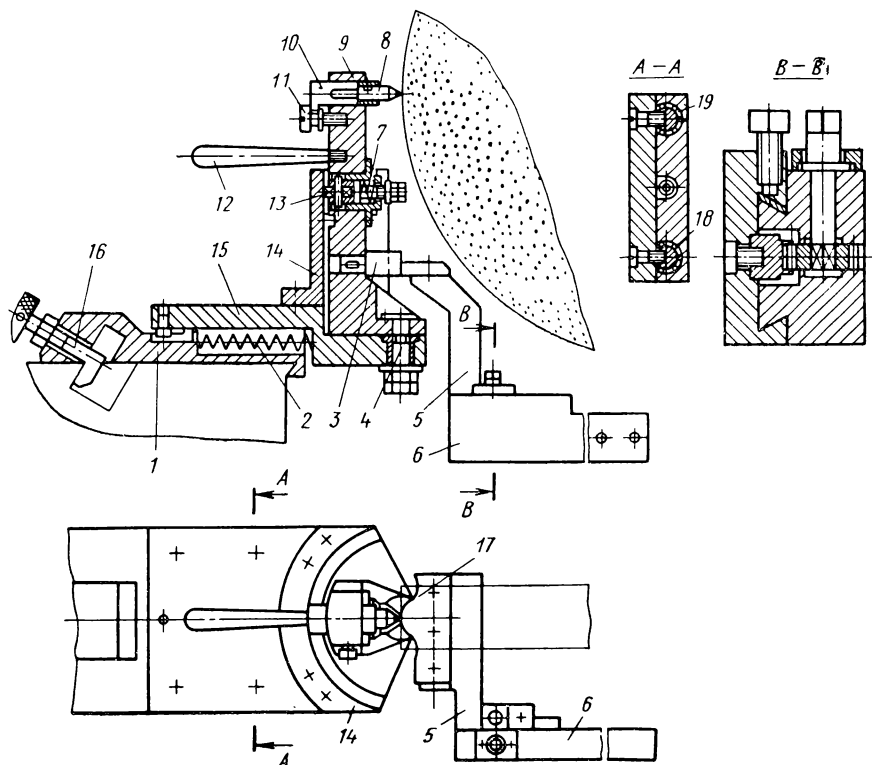


Рис. 57. Приспособление к круглошлифовальному станку для профилирования круга по шаблону

в) алмаз по высоте должен совпадать с горизонтальной осью шлифовального круга;

г) плоскость основания, по которой перемещается ползун, должна быть параллельна плоскости установки шаблона.

Придание копирному пальцу формы, идентичной форме алмаза, выполняется следующим путем.

1. Алмаз устанавливается так, чтобы копирный палец выступал за пределы прямой, проведенной перпендикулярно от вершины алмаза к основанию корпуса алмазодержателя.

2. Кронштейн алмазодержателя устанавливается на магнитный блок, выставленный по упорной планке магнитной плиты

плоскошлифовального станка. При этом вершина алмаза и ко-
пирный палец должны лежать на прямой, параллельной ходу
стола (рис. 58).

3. Постепенным опусканием шлифовальной бабки плоско-
шлифовального станка при возвратно-поступательном ходе стола
на шлифовальный круг переносится форма вершины алмаза,
которая одновременно вышлифовывается на копирном пальце.

При последних проходах шлифовальную головку подают вниз
медленно с тем, чтобы обеспечить наименьшую шероховатость

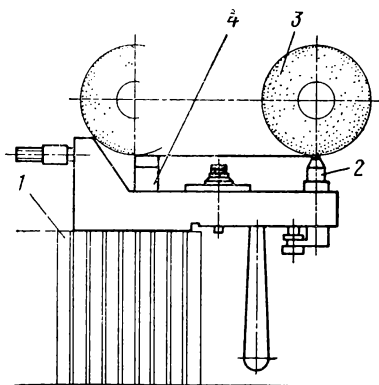


Рис. 58. Схема профилирования ко-
пирного пальца к приспособлению
для круглошлифовального станка:
1 — магнитный блок; 2 — алмазодер-
жатель; 3 — шлифовальный круг; 4 —
копирный палец

обработки. После придания ко-
пирному пальцу формы, иден-
тичной форме алмаза, корпус 9
алмазодержателя (см. рис. 57)

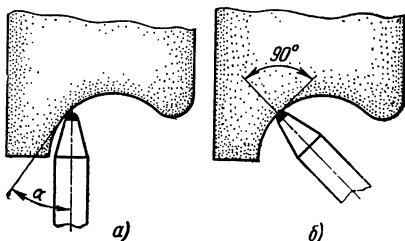


Рис. 59. Схема установки алмаза при
профилировании шлифовального круга

устанавливают на каретке станка и копирный палец подводят до
соприкосновения с шаблоном. Затем ограничители продольного хода
стола устанавливают в положение, при котором длина хода не
превышает длины шаблона, и включают продольный ход стола.
Вращая маховик механизма поперечной подачи шлифовального
круга 8, подводят шлифовальный круг до соприкосновения с ал-
мазом и начинают профилирование.

Для получения более высокой точности профиля шлифоваль-
ного круга и для более рационального использования алмаза
сначала производят черновую правку боковой стороной алмаза,
а затем чистовую правку его вершиной. В процессе черновой правки
копирный палец устанавливают под острым углом к профилю
шаблона (рис. 59, а), при чистовой правке — под прямым углом
(рис. 59, б). Корректировка положения алмаза относительно
обрабатываемого профиля производится на глаз поворотом кор-
пуса алмазодержателя 9 вокруг оси с помощью рукоятки 12.
Чтобы не нарушить контакта копирного пальца с шаблоном в про-
цессе правки круга, общую ширину шаблона делают больше
ширины шлифовального круга за счет дополнительных заплеч-
иков.

Приспособление позволяет корректировать профиль круга относительно профиля шаблона. Для этого алмаз смещают по отношению к вершине копирного пальца вдоль его оси. При выдвижении алмаза вперед профиль круга линейно уменьшается по сравнению с профилем шаблона на выдвинутую величину, а при перемещении назад соответственно увеличивается.

Устройство с пантографом для профилирования шлифовального круга по копиру. Для повышения точности профилирования

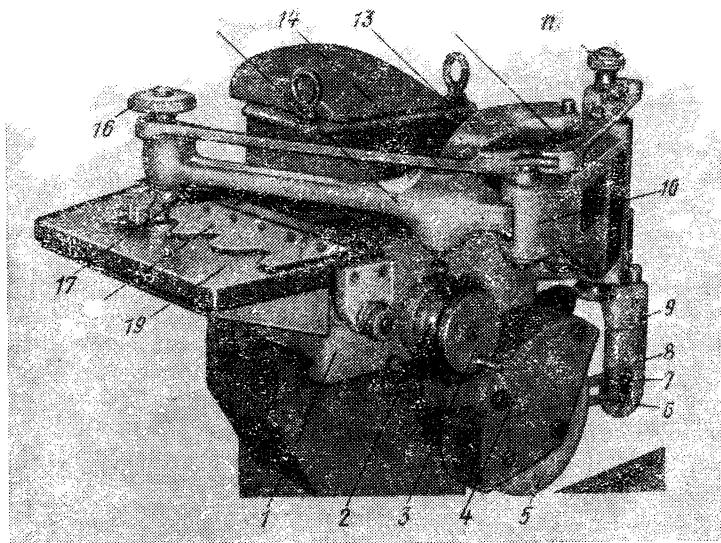


Рис. 60. Устройство «Диаформ» с пантографом к плоскошлифовальному станку

шлифовального круга и сокращения времени, затрачиваемого на процесс правки сложных контуров, шлифовальные станки оснащают профилирующими устройствами, у которых точное копирование уменьшенного в соответствующем масштабе профиля копира производится с помощью пантографа и рычажной системы. Такими устройствами оснастили свои станки фирма «Jones-Shipman» и др. Передаточные отношения пантографа у этих устройств могут быть 1 : 10 и 1 : 5.

Устройство «Диаформ» (рис. 60) к плоскошлифовальному станку состоит из установленных на шлифовальной бабке станка салазок 1 с пантографом, образованным плечами 10, 13 и 15 (четвертое плечо пантографа на рисунке не видно). Салазки перемещаются по направляющим типа ласточкина хвоста. Пантограф и система рычагов являются основными кинематическими звеньями устройства, так как они связывают перемещение алмазов 6 и 7 с перемещением пальца 17 по копиру 18, закрепленному на

столике 19. Система тяг 14, 12 и 11 в процессе правки шлифовального круга заставляет головку 8 с алмазом повторять вращательные движения, совершаемые копирным пальцем при следовании по профилю копира. Благодаря этому алмаз может всегда соприкасаться своей вершиной с профилируемым участком круга в месте пересечения перпендикуляра с касательной, проходящей через данную точку профиля, что является важным условием соответствия профиля круга 5 профилю копира 18. Для лучшего улавливания и собирания абразивной пыли, образующейся при правке круга, плоскошлифовальные станки с устройствами «Диаформ» оснащаются раздвижными щитками 4.

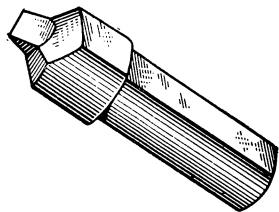


Рис. 61. Алмазный резец для правки шлифовальных кругов

Важной конструктивной особенностью устройств типа «Диаформ» является наличие двух алмазов 6 и 7, расположенных один над другим в вертикальной плоскости. Один из алмазов выполняет всю черновую работу по образованию профиля, а второй — только чистовую. Система профилирования двумя алмазами уменьшает возможность образования погрешностей профиля шлифовального круга из-за износа алмаза в процессе длительной работы.

Перед началом операции по профилированию шлифовального круга алмаз, который должен в данный период принимать участие в работе, устанавливается в плоскости, горизонтальной оси круга. Для этого у устройства предусмотрено специальное приспособление со шкалой 9. Для получения точного профиля на шлифовальном круге должны быть выполнены два основных условия: 1) вершины алмазов должны совпадать с осью вращения кронштейна алмазодержателя; 2) профиль алмаза должен соответствовать в масштабе профилю копирного пальца. Для выполнения первого условия к устройствам «Диаформ» придается специальное индикаторное установочное приспособление. Выполнение второго условия достигается применением специальных алмазов, у которых вершина заправлена по дуге определенного радиуса. Например, при пользовании копирным пальцем диаметром 5 мм для профилирования шлифовального круга пантографом с отношением 1 : 5 могут быть использованы отечественные алмазные правящие резцы марки ИР-29, имеющие радиус закругления при вершине 0,5 мм (рис. 61).

Устройства «Диаформ» с передаточным отношением пантографа 1 : 10 могут быть использованы при образовании на шлифовальном круге шириной 25 мм профиля глубиной до 13 мм. Устройства с передаточным отношением 1 : 5 рассчитаны на профилирование шлифовального круга шириной до 50 мм на глубину до 25 мм.

Приспособления для профилирования шлифовального круга по копиру с помощью пантографа остаются в рабочем положении

постоянно в течение всего процесса шлифования. Они позволяют заправлять сложные профили с высокой производительностью и поэтому целесообразны для применения не только в серийном, но и в массовом производстве.

Профилирование шлифовальных кругов роликами. Наиболее производительным и простым методом профилирования шлифовального круга является врезная правка одновременно всего профиля фигурным роликом. Такая правка обеспечивает достаточную точность и стабильность размеров шлифуемых деталей, надежность работы правящего инструмента.

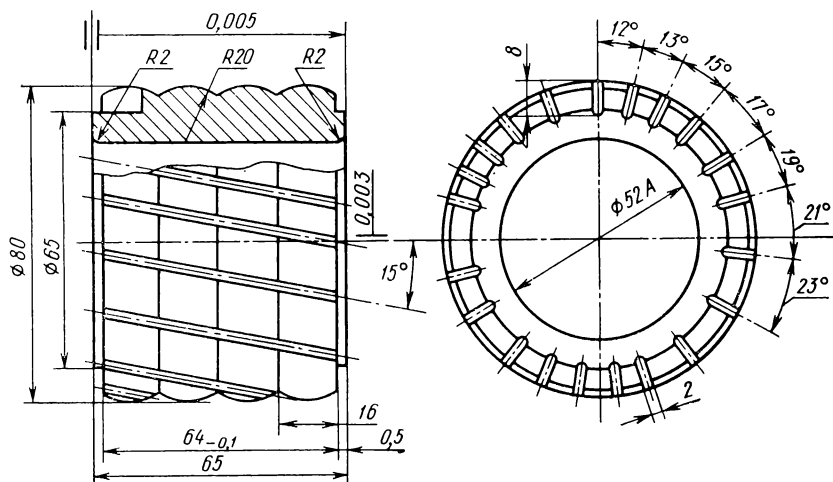


Рис. 62. Стальной накатный ролик

Для изготовления накатных роликов применяют в мелкосерийном производстве закаленные до высокой твердости инструментальные стали, в массовом производстве — синтетический сверхтвердый материал славутит, естественные алмазы и синтетические алмазы АСВ, АСК и ЖСС. Диаметр роликов равен 75—95 мм, ширина их несколько больше, чем ширина заправляемого круга (рис. 62). Длина ролика выбирается в зависимости от профиля, который нужно накатывать. На наружной поверхности ролика расположены наклоненные под углом канавки, служащие для отвода абразива и измельчения связки круга. Эти канавки расположены по окружности неравномерно, чтобы избежать повторного их попадания в одно и то же место на шлифовальном круге.

Алмазные ролики (рис. 63) изготавливают из алмазных порошков зернистостью 250/200, закрепляемых на стальном корпусе соответствующего профиля гальванической связкой. В некоторых случаях для массового производства профиль алмазосодного

слоя ролика образуется в пресс-форме соответствующего профиля в процессе прессования и спекания. Однако обработка таких роликов весьма сложна, так как нужно изготавливать специальную пресс-форму и доводить после спекания алмазонасную часть профиля до требуемой точности.

С целью изыскания методов сокращения трудоемкости профилирования алмазных роликов были проведены опытные работы по образованию профиля у накатного ролика алмазным шлифованием. Ролик обрабатывался на резбoшлифовальном станке кругом формы А2П диаметром 350 мм. Материал круга — натуральные алмазы А зернистостью 40/50, связка М5-10; концентрация алмазов 150%. Накатной ролик из алмазов АСВ имел наружный диаметр 60 мм, связку ОП-4, зернистость алмазного ма-

териала СА 125/100, концентрация 100%. Накатывание профилей роликами производится у шлифовальных кругов на керамической связке. Круги на бакелитовой и вулканитовой связках для этой цели непригодны. Ролик использован в производственных условиях и позволил получить профиль зуба у зубчатых колес 5-й степени точности.

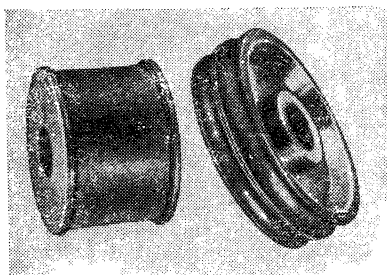


Рис. 63. Алмазные накатные ролики

Обычно образование профиля на шлифовальном круге стальными накатными роликами

производится в две операции: предварительное накатывание изношенным, уже бывшим в применении роликом, и окончательное профилирование чистовым роликом.

При правке шлифовальных кругов в наиболее тяжелых условиях, а также при прорезании глубоких профилей в процессе образования начального профиля круга киевский Институт сверхтвердых материалов АН УССР при предварительной правке успешно применил накатные ролики из сверхтвердого материала славутич. Для получения высокой точности размеров и низкой шероховатости обрабатываемой поверхности ряд предприятий применяет алмазные ролики, изготовленные гальваническим путем или путем вдавливания (шаржирования) алмазных зерен в корпус ролика.

Профильное шлифование разделяют на предварительное и окончательное. При предварительном шлифовании рационально править круг роликами из славутича, а при чистовом — алмазными гальваническими роликами.

Для накатывания роликами шлифовальных кругов пользуются специальными приспособлениями, в которых ось ролика устанавливается параллельно оси шлифовального круга. Перед профили-

рованием шлифовальный круг заправляют по цилиндрической части и балансируют. Накатывание выполняют путем ряда последовательных подач круга на ролик с последующим выхаживанием. Такие подачи периодически производят до тех пор, пока не будет получена полная высота профиля.

Подача зависит от жесткости шпинделя станка и приспособления. Давление ролика на круг может быть очень значительным. Обычно оно достигает $16\text{--}80\text{ кгс/см}^2$ ширины круга при накатывании стальными роликами и $8\text{--}16\text{ кгс/см}^2$ — для алмазных роликов, поэтому при предварительном накатывании подача

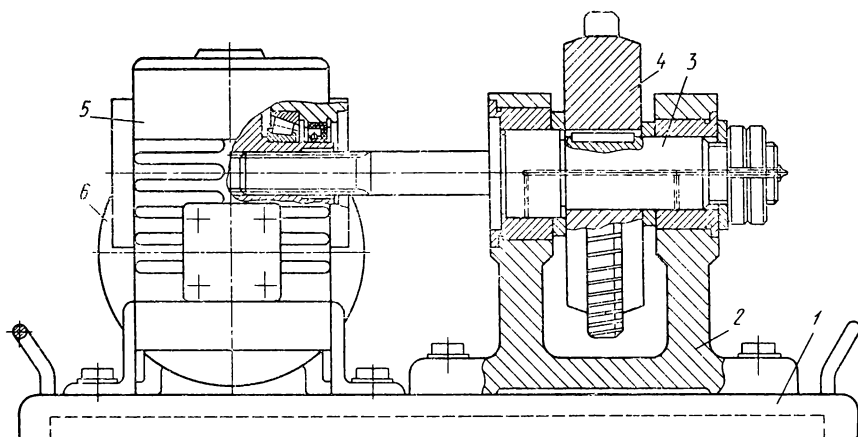


Рис. 64. Приспособление для профилирования круга роликом на плоскошлифовальном станке

врезания обычно составляет $0,015\text{--}0,025\text{ мм}$, а при окончательном — $0,01\text{ мм}$. Это вызывает значительные затраты времени на первичное накатывание профиля круга. Последующие правки круга накатным роликом занимают гораздо меньше времени.

Накатывание профиля шлифовального круга роликом должно вестись с применением охлаждающей жидкости, которую желательно подавать под большим давлением. При этом скалывающиеся абразивные частицы хорошо смываются. Очень важно удалять с поверхности ролика частицы, которые вторично попадая между шлифовальным кругом и роликом, вдавливаются в круг и портят его поверхность.

На рис. 64 показано приспособление для профилирования шлифовального круга стальным роликом на плоскошлифовальном станке. Приспособление состоит из корпуса 2, в котором на оси 3 установлен профилирующий ролик 4. Ось связана с редуктором 5, который передает ролику вращение от электродвигателя 6, снизив частоту вращения до $200\text{--}250\text{ об/мин}$. Приспособление

устанавливают на магнитную плиту плоскошлифовального станка и прижимают опорной поверхностью к установочной планке. Продольным перемещением стола ось ролика совмещают с вертикальной осью шлифовального круга, затем поперечным перемещением ролик устанавливают по ширине относительно шлифовального круга. Включают вращение ролика. На ролик подают охлаждающую жидкость и вертикальной подачей шлифовальной бабки накатывают профиль. Для уменьшения силы накатывания следует снять ремень, соединяющий главный электродвигатель со шпинделем шлифовальной бабки.

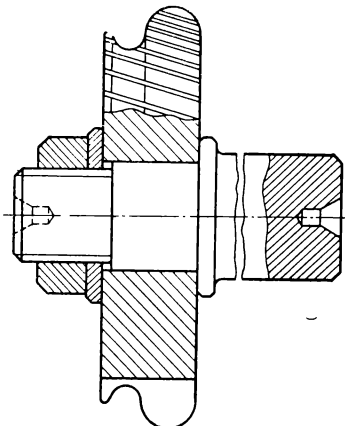


Рис. 65. Оправка с накатным роликом к круглошлифовальному станку

Для накатывания профиля у круга на круглошлифовальном станке можно пользоваться оправкой с роликом, устанавливаемой в центры, используя вращение от шпинделя передней бабки (рис. 65). При этом ролику сообщают частоту вращения, соответствующую скорости 40 м/мин. Чтобы при повторных профилированиях круга в процессе обработки партии деталей не нарушать положение задней бабки, оправка под накатный ролик должна иметь длину, равную длине шлифуемых деталей. При профилировании круга стальным роликом на резьбошлифовальном станке шлифовальному кругу от специального электродвигателя сообщается пониженная частота вращения (порядка 75—80 об/мин).

При контакте со шлифовальным кругом ролик начинает вращаться и, вдавливаясь в шлифовальный круг, образует на нем соответствующий профиль.

Приспособление для профилирования шлифовального круга накатным роликом на резьбошлифовальном станке 5822 показано на рис. 66. Его устанавливают там же, где и прибор для правки круга алмазом, т. е. на площадке позади шлифовального круга. Приспособление состоит из основания 1 с направляющими типа ласточкина хвоста, по которым перемещается ползун 2. В ползуне сделаны с двух сторон призматические пазы. В этих пазах прижимными планками 5 закрепляется ось 6 с накатным роликом 8, установленным на оправке 7. Для ускоренного подвода ползуна с роликом к кругу пользуются рукояткой 4, надетой на эксцентриковый палец. Винт 3 служит для перемещения накатного ролика по ширине круга при настройке совпадения профиля ролика с профилем круга. Для приведения в действие накатного устройства рукояткой 4 и вращением маховика подачи ползун перемещают и накатной ролик слегка прижимают к неподвижному кругу.

На заднем пульте управления включают сначала охлаждение, затем электродвигатель пониженной частоты вращения шлифовального круга. Вдавливание накатного ролика в круг производится вращением маховика подачи.

Некоторые предприятия, где профилирование кругов стальными роликами в серийном производстве получило широкое

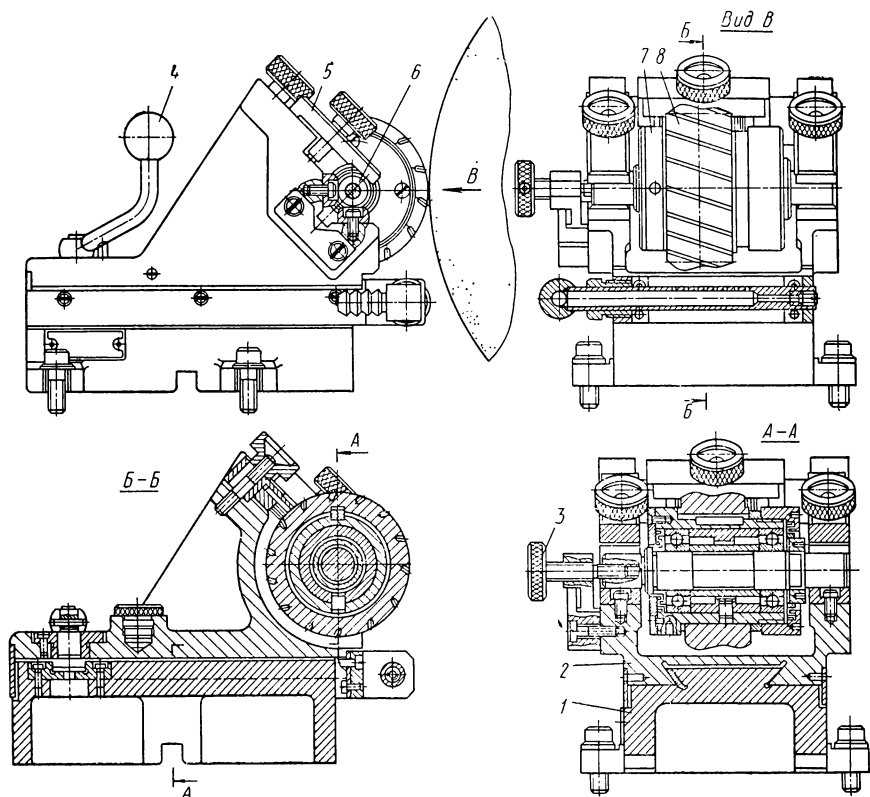


Рис. 66. Приспособление для накатывания профиля круга роликом на резьбовом шлифовальном станке 5822

распространение, накатывают шлифовальный круг на двух разных станках. Черновое накатывание производят на специально приспособленном для этой цели токарном станке. Установленный во фланцы шлифовальный круг заправляют по наружной поверхности, балансируют и передают для дальнейшего обработки на токарный станок. Там круг с фланцами устанавливают в специальную оправку, закрепленную в патроне. Оправку поджимают центром задней бабки и роликом, установленным в специальную державку, закрепленную на суппорте станка, производят накатывание профиля на шлифовальный круг. В процессе накатывания

кругу сообщается скорость 40—50 м/мин и в место контакта ролика со шлифовальным кругом подводят охлаждающую жидкость. После предварительной правки круг устанавливают на шпиндель шлифовального станка и производят чистовую правку профиля.

Правка алмазными роликами носит характер врезного шлифования круга алмазным кругом. Шлифовальный круг вращается на тех же скоростях, на которых ему приходится работать. Алмазный ролик вращается в противоположную сторону. При этом алмазному ролику сообщается окружная скорость порядка 5 м/с.

ШЛИФОВАНИЕ ПАЗОВ И НАПРАВЛЯЮЩИХ

Шлифование прямых пазов плит. Простейшим способом шлифования боковых сторон прямого паза является обработка его торцовыми поверхностями круга. При этом врезание производится лимбом поперечного перемещения стола. Однако этот способ имеет ряд существенных недостатков, отражающихся на точности и шероховатости обработки.

1. Лимб поперечной подачи на плоскошлифовальном станке имеет более грубые деления, чем лимб вертикальной подачи шлифовальной головки.

2. При шлифовании паза торцом круга площадь контакта шлифовального круга с деталью намного больше, чем при шлифовании плоскостей его периферией. В связи с этим детали, обрабатываемые торцом круга, нагреваются больше, что может при работе без охлаждения вызвать деформацию детали.

3. Даже незначительное отклонение перпендикулярности шпинделя шлифовального круга к ходу стола является причиной непараллельности стенок паза по его высоте.

4. Торцовый люфт шлифовального шпинделя — явление более частое, чем его радиальное биение, а шлифовальные станки 3Г71М, выпуск которых производится в больших количествах, вообще не рассчитаны на восприятие торцовых нагрузок и торцовый люфт шпинделя у этого станка под воздействием осевых нагрузок может быть весьма значительным. При наличии торцового люфта у круга ширина паза получается неодинаковой: в местах входа и выхода круга паз шире, чем в средней части. По этим причинам для получения высокой точности и низкой шероховатости обработки разработан и внедрен процесс шлифования пазов, при котором обрабатываемая поверхность его поворачивается на некоторый угол и шлифуется периферией круга, заправленного под соответствующим углом, образующим перпендикуляр с плоскостью наклона обрабатываемой детали.

На рис. 67 показана схема правки шлифовального круга на поворотной магнитной плите для шлифования прямого паза периферией заправленного под углом круга. В процессе правки

поворотную магнитную плиту 2, закрепленную на основании 9, устанавливают на необходимый угол посредством набора концевых мер 1. На магнитную плиту закрепляют профилирующее приспособление 7, которое базируется по установочной планке 8. Профилирование шлифовального круга 3 производят алмазом в оправе 4, закрепленной в скалке 5, которая посредством ручки 6 получает возвратно-поступательное движение, пер-

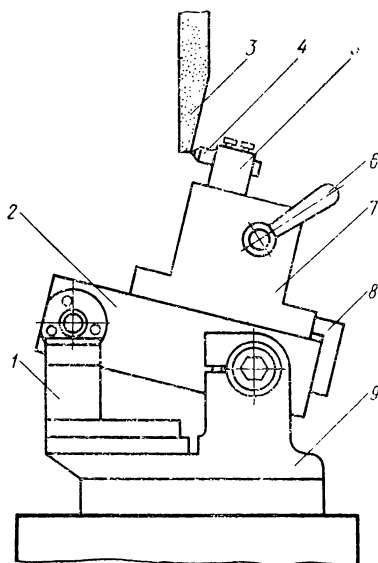


Рис. 67. Схема правки шлифовального круга для шлифования прямого паза на поворотной магнитной плите

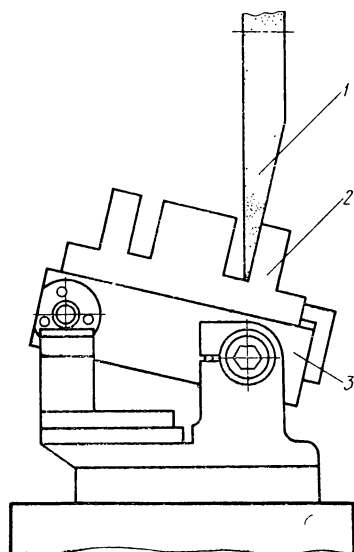


Рис. 68. Схема шлифования прямого паза на поворотной магнитной плите

пендикулярное поверхности плиты. После заправки круга на магнитную плиту устанавливают обрабатываемую деталь, которую также базируют по планке 8.

Углы профилирования круга и поворота детали зависят от ширины и глубины обрабатываемого паза. Наибольший угол поворота детали

$$\operatorname{tg} \alpha < \frac{a}{h},$$

где α — угол поворота плиты; a — ширина паза; h — глубина паза.

Шлифование паза детали 2 (рис. 68) производят шлифовальным кругом 1, рабочая поверхность которого заправлена перпендикулярно поверхности магнитной плиты 3. Предварительное шлифование производят поперечным перемещением стола. При окончательной обработке подача врезания производится верти-

кальным перемещением шлифовального круга посредством лимба шлифовальной головки.

Приспособление для заправки шлифовального круга на поворотной магнитной плите показано на рис. 69. В отверстии корпуса 11 установлена бронзовая втулка 10 (по которой перемещается закаленная шлифованная скалка 7), уплотнительное кольцо 9 и гайка 8. К скалке прикреплена косозубая рейка 12. С зубьями рейки находится в зацеплении спиральное зубчатое

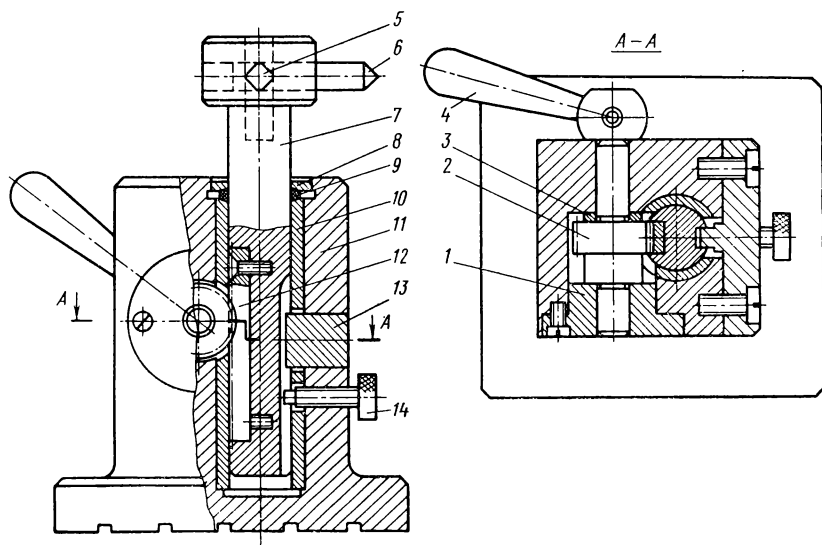


Рис. 69. Приспособление для профилирования шлифовального круга на поворотной магнитной плите

колесо 2, установленное в отверстиях корпуса 11 и втулки 1. Кольцом 3 устраняют (возможный) осевой люфт колеса. К корпусу прикреплена направляющая планка 13, которая своим выступом входит в паз скалки. В верхней части скалки имеются два взаимно перпендикулярных отверстия, в которых винтом 5 может закрепляться оправа 6 с алмазом. При работе приспособления с магнитной плитой, повернутой на угол для профилирования круга в плоскости, перпендикулярной плите, оправу с алмазом закрепляют в отверстие, параллельное плоскости основания и, слегка перемещая рукоятку 4, сообщают скалке с алмазом возвратно-поступательное перемещение, в процессе которого круг профилируется под углом, являющимся дополнительным к углу наклона магнитной плиты.

Приспособление можно использовать также для подведения алмаза к шлифовальному кругу при шлифовании высоких деталей на горизонтально расположенной магнитной плите. Для этого рукояткой 4 алмаз подводят к шлифовальному кругу, после чего

винтом 14 стопорят скалку. Такое использование приспособления значительно сокращает вспомогательное время при правке круга.

При установке приспособления на магнитную плиту надо проследить за тем, чтобы вершина алмаза была установлена в плоскости, проходящей через ось шлифовального круга. Боковые стороны паза шлифуют на поворотной плите. Сначала шлифуют одну сторону паза, потом деталь устанавливают вновь и шлифуют вторую сторону.

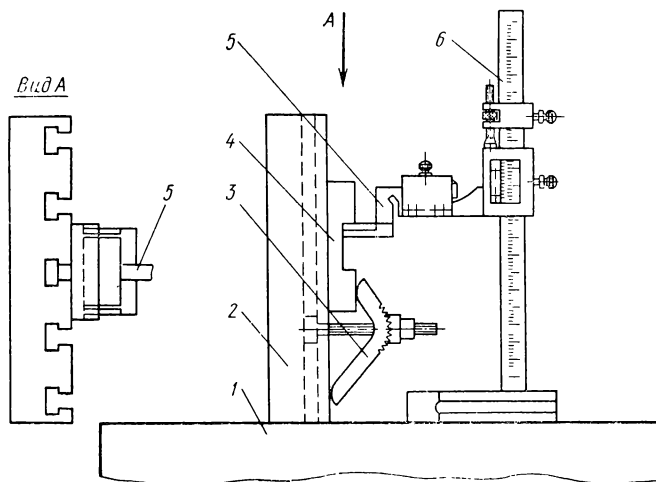


Рис. 70. Схема закрепления детали в приспособлении, смонтированном из элементов УСП

Для обеспечения параллельности сторон паза деталь в процессе установки должна быть развернута точно на 180° . Этого можно достигнуть двумя путями.

1. В процессе подготовки детали под операцию шлифования паза у нее шлифуют основание, верхнюю плоскость и перпендикулярно им две боковые стороны. После этого деталь устанавливают на повернутую под углом синусную магнитную плиту, прижав к установочной планке, и шлифуют одну сторону паза. Затем деталь поворачивают на 180° и, прижав к установочной планке магнитной плиты второй боковой стороной, шлифуют другую сторону паза до нужного размера. Если паз должен быть симметричным боковым сторонам детали, то обе плоскости паза обрабатывают с учетом ширины до одного и того же деления на лимбе вертикальной подачи шлифовального круга или по упорам вертикальной подачи шлифовальной бабки.

2. После шлифования нижней и верхней плоскостей деталь закрепляют в приспособлении (рис. 70) и шлифуют ее так же, как и в первом случае.

Для правильного распределения припуска на обработку паза детали небольшого размера устанавливают в приспособлении с помощью специальной насадки 5 к штангенрейсмусу 6. Насадку устанавливают по высоте на размер, равный половине высоты установочного приспособления 2, плюс половина ширины обрабатываемого паза у детали 4 с учетом припуска на его шлифование. Чтобы установить деталь, штангенрейсмус и приспособление помещают на плиту 1. Деталь закрепляют прижимом 3.

Для установки более тяжелых деталей применяется приспособление, показанное на рис. 71. Оно состоит из двух положенных одна на другую призм 1 и 2, у которых соприкасающиеся плоскости имеют равные углы наклона. Призмы соединены с помощью имеющегося на одной из них выступа, перемещающегося по пазу в другой призме, и скреплены винтом.

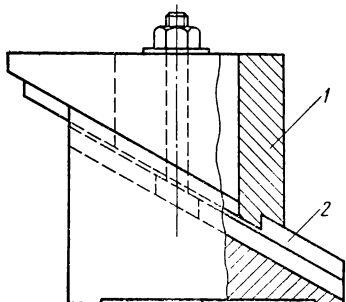


Рис. 71. Приспособление для установки детали под операцию шлифования паза

На требуемую высоту призму устанавливают с помощью штангенрейсмуса или блока концевых мер.

При шлифовании пазов припуск не соответствует величине показаний лимба вертикальной подачи, а равен

$$n = a \sin \alpha,$$

где n — снимаемый припуск; a — показание подачи по лимбу; α — угол профиля круга.

Например, если паз шлифуется кругом с углом профиля 45° , то при подаче лимба на величину 0,1 мм ширина паза увеличивается на 0,07 мм. Если же профиль круга имеет угол 30° , то при подаче лимба на 0,1 мм ширина паза увеличится на 0,05 мм. Оптимальным углом поворота магнитной плиты при шлифовании пазов является угол 45° . При этом сравнительная производительность шлифовального круга составляет 97%.

При обработке деталей с несколькими пазами и при более крупных партиях обрабатываемых деталей рационально применять приспособление с поворотным столом (рис. 72). Главными элементами приспособления являются основание 1, поворотная плита 2, соединенная с основанием двумя полуосями, и установочный диск 4, вращающийся посредством вала 9 в связанной с поворотной плитой втулке 8. В нужном положении установочный диск закрепляется при помощи гайки 10. К поворотной плите 2 прикреплен корпус 13 устройства для профилирования шлифовального круга 7. Это устройство состоит из перемещающейся в отверстии корпуса скалки 14, в которой винтом 15 закреплена оправа 16 с алмазом. Ось скалки перпендикулярна плоскости установочного диска 4. На скалке 14 нарезаны зубья, образующие косозубую рейку, связанную с валом-шестерней 12, приводимым

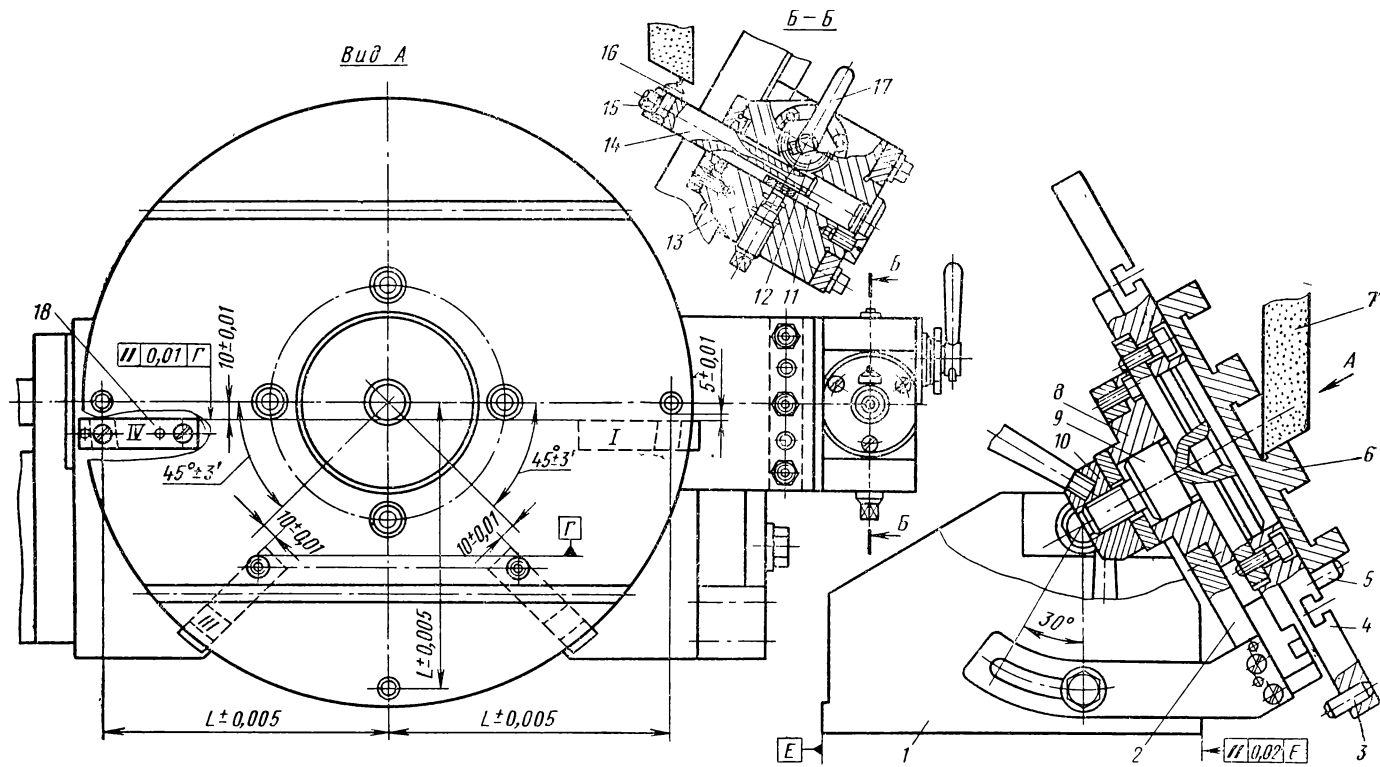


Рис. 72. Приспособление с поворотным столом для шлифования пазов

во вращение посредством ручки 17 Вал-шестерня сообщает возвратно-поступательное перемещение скалке и алмазу, а шпонка 11 предохраняет скалку от поворота. Плита 2 может поворачиваться относительно нижней плоскости основания 1 в диапазоне углов $30-60^\circ$ и закрепляться болтами, проходящими через пазы в планке, прикрепленной к плите 2.

На установочном диске 4 размещены три ролика 3 углового поворота, расположенные через 90° на расстоянии $L \pm 0,005$ от оси его вращения. В центре диска предусмотрено отверстие для фиксации круглых деталей, имеющих центральное отверстие или технологический хвостовик. На поворотной плите 2 закреплены четыре опорные планки 18. Применяя соответствующие наборы концевых мер длины, установочный диск 4 поворачивают на требуемый угол α . Чтобы установочный диск повернуть на угол α , равный 90° , освобождают гайку 10 и поворачивают установочный диск против часовой стрелки до тех пор, пока находящийся внизу ролик углового поворота не соприкоснется с концевой мерой длины, равной 5 мм, находящейся на опорной планке I. После этого гайку 10 вновь затягивают. Для поворота диска на следующие 90° операцию повторяют в той же последовательности. При повороте диска на угол $\alpha = 45^\circ$ концевую меру длины, находящуюся на опорной планке I, последовательно перемещают на планки II, III и к ним подводят соответствующие ролики углового поворота. При повороте на угол $\alpha < 45^\circ$ на соответствующие опорные планки устанавливают наборы концевых мер размером $M = L \sin \alpha - 10$.

Прямоугольные детали 6 устанавливают на штыри 5 или на планки, положенные на эти штыри.

Детали с перпендикулярным расположением симметричных к оси пазов (рис. 73, а) шлифуют в следующем порядке.

1. Приспособление устанавливают на столе или магнитной плите плоскошлифовального станка параллельно ходу стола.

2. Определяют угол наклона поворотной плиты и устанавливают ее в нужном положении.

3. Не меняя установки приспособления, шлифовальный круг заправляют посредством профилирующего устройства на соответствующий угол.

4. С помощью концевой меры длины размером 5 мм, размещенной между опорной планкой I (см. рис. 72) и роликом 3, диск устанавливают и фиксируют в исходном положении. При этом прямая, проходящая через оси двух противоположных роликов углового поворота и ось установочного диска, должна быть параллельна столу станка.

5. Надев обрабатываемую деталь на фиксатор и убедившись, что подготовленные с припуском под шлифование пазы установлены параллельно ходу стола, деталь закрепляют.

6. Заправленным под углом кругом шлифуют одну сторону паза, выдержав предусмотренный чертежом размер от оси до

обработанной поверхности. Затем последовательно шлифуют по одной стороне у остальных параллельно расположенных пазов, выдерживая размеры между этими сторонами.

7. Не раскрепляя деталь, пользуясь приемом, описанным в п. 4, установочный диск поворачивают на 180° и последовательно шлифуют вторую сторону паза.

8. Поворачивают установочный диск на 90° и в указанном порядке шлифуют перпендикулярно расположенные пазы.

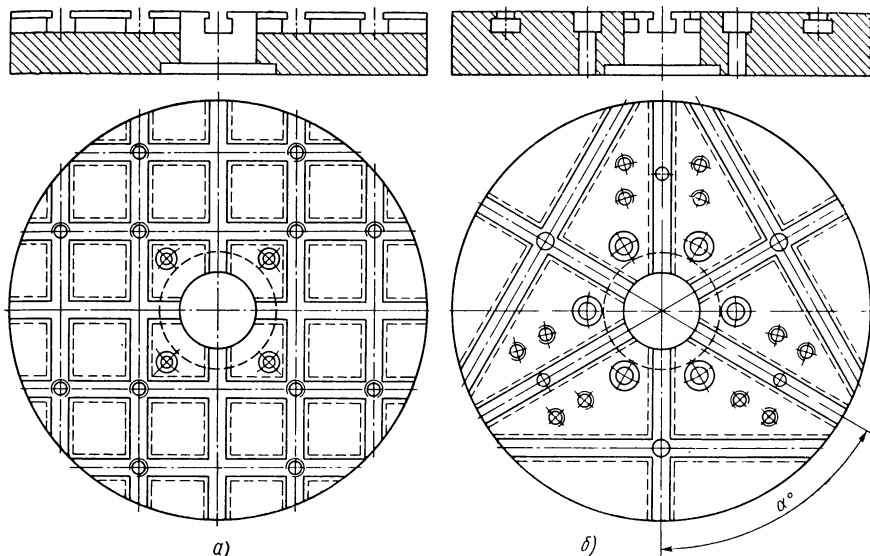


Рис. 73. Круглые плиты, у которых пазы шлифуются в приспособлении с поворотным столом

При обработке деталей с радиальным расположением пазов (рис. 73, б) приспособление устанавливают на станок и определяют угол наклона поворотной плиты. Затем плиту поворачивают до нужного положения, заправляют шлифовальный круг под угол и закрепляют зафиксированную в центре деталь. После этого шлифуют одну сторону паза. При этом измерение производят от оси установочного отверстия, а обработку ведут до тех пор, пока размер от оси до шлифуемой плоскости паза не будет равным половине ширины паза. Повернув установочную плиту на 180° , шлифуют вторую сторону до получения требуемого размера. Для этого достаточно заметить показания на лимбе вертикальной подачи при шлифовании первой стороны или установить ограничитель и упор вертикальной подачи. При шлифовании второй стороны пользуются уже ранее полученными показателями. При переходе к шлифованию следующего паза установочный диск необходимо повернуть на заданный чертежом детали угол α .

Шлифование пазов делительных дисков — ответственная операция. Для успешного ее выполнения обычно применяют наиболее точные универсальные и специализированные плоскошлифовальные станки и делительные устройства. Однако даже применение самой точной техники не устраняет необходимости высокой квали-

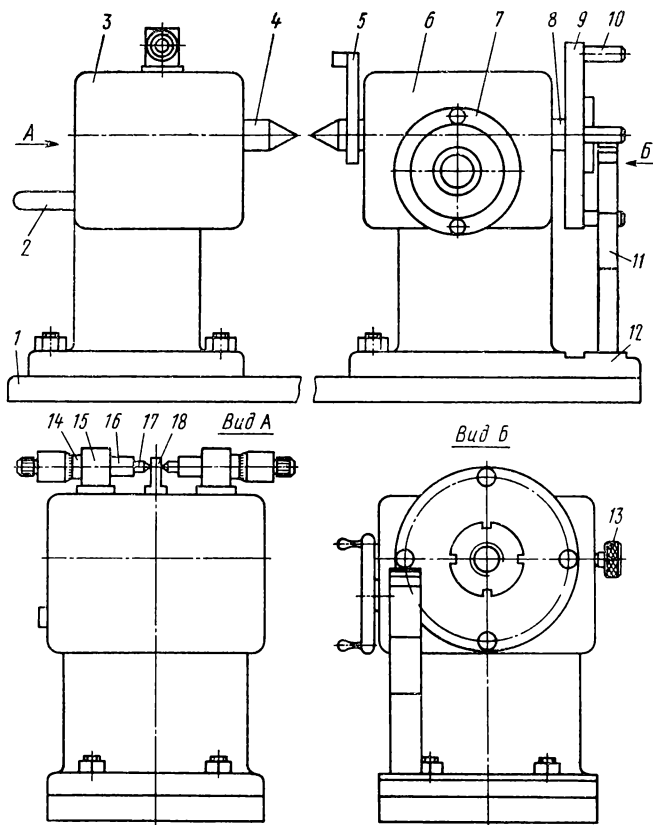


Рис. 74. Приспособление для шлифования делительных дисков

фикации шлифовщика и затраты значительного времени для получения требуемой точности. С целью упрощения процесса шлифования пазов наиболее распространенных типов делительных дисков разработана конструкция алмазных ограничителей, устанавливаемых на задней бабке делительного устройства.

Одна из конструкций устройств для шлифования делительных дисков (рис. 74) состоит из основания 1, на которое установлены передняя 6 и задняя 3 бабки. Через переднюю бабку устройства проходит шпиндель 8, на заднюю шейку которого надет делительный диск 9 с четырьмя установочными роликами 10. Ролики рас-

положены на одинаковом расстоянии от оси шпинделя. С передней части шпинделя, в конусное гнездо, вставлен центр, на цилиндрической части которого закреплен поводок 5. Шпиндель приводится во вращение маховиком 7 через червячную пару. После установки шпинделя в требуемое положение его закрепляют стопором 13. Центр 4 задней бабки 3 закрепляют и освобождают рычагом 2. Поворот и установку делительного диска 9 на требуемый угол производят с помощью блока концевых мер 11, устанавливаемого на площадке 12. Размер блока, необходимый для поворота на требуемый угол,

$$M = A \pm \left(L \sin \alpha - \frac{d}{2} \right),$$

где A — расстояние от оси делительного диска 9 до площадки 12; L — расстояние от оси делительного диска 9 до оси ролика 10; d — диаметр ролика 10.

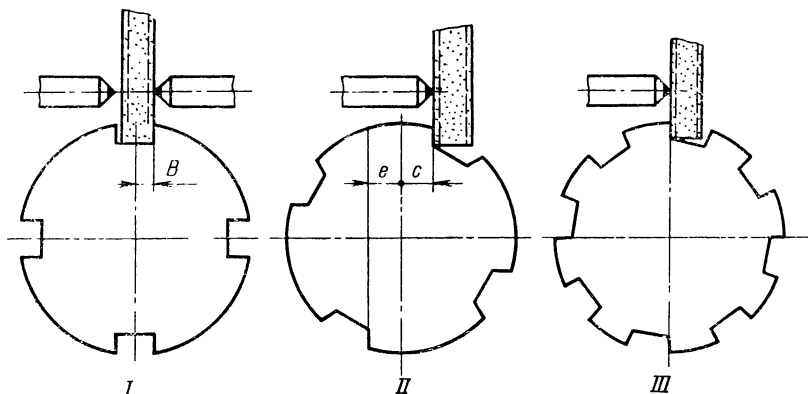


Рис. 75. Схемы размещения алмазов при шлифовании разных типов делительных дисков

На корпусе задней бабки 3 закреплены два кронштейна 15, внутри которых установлены втулки 14 с микрометрической резьбой. Через втулки проходят микрометрические винты 16. В передней части винтов имеются отверстия, в которые вставляются оправы 17 с алмазами. На корпусе 3 закреплен съемный установочный элемент 18, с помощью которого определяется и устанавливается положение алмаза относительно оси устройства. Устройство устанавливают на стол или магнитную плиту плоскошлифовального станка так, чтобы ось его центров была параллельна ходу стола. Шлифование производят кругами формы ПВД или ПВДК.

Примеры установки алмазов при шлифовании пазов разного типа дисков показаны на рис. 75. При шлифовании пазов делительных дисков типа I каждый алмаз устанавливают на размер B от оси центров, где B равно половине ширины паза. Деталь, закрепленную на оправке, устанавливают на центра и паз шлифуют

при возвратно-поступательном ходе стола и подаче на врезание лимбом поперечного перемещения стола. Обработка производится до тех пор, пока круг не коснется алмаза. Дальше врезать круг при таком способе шлифования невозможно, так как при последующей подаче круга алмаз срезает весь слой шлифовального круга, равный подаче. Прошлифовав обе стороны первого паза, диск поворачивают на нужный угол и поочередно шлифуют все остальные пазы.

При шлифовании пазов дисков типа II один алмаз устанавливают на расстоянии C от оси устройства, а второй — микрометрическим винтом отводят как можно дальше от круга. Затем, так же как и в первом случае, при возвратно-поступательном ходе стола производят врезание подачей лимба поперечного перемещения стола до соприкосновения шлифовального круга с алмазом. Прошлифовав одну сторону паза, диск поворачивают на требуемый угол и шлифуют поочередно одну сторону всех пазов. Закончив шлифование одной стороны всех пазов, первый алмаз отводят от шлифовального круга так, чтобы он не мог его касаться, а второй алмаз устанавливают на расстояние от оси устройства, равное e , и аналогично обрабатывают вторую сторону.

При шлифовании дисков типа III один алмаз устанавливают по оси центров устройства, а второй отводят от оси на величину, несколько превышающую ширину круга, плюс припуск на обработку. Дальнейшее шлифование производят при возвратно-поступательном ходе стола в следующем порядке: поперечным перемещением стола подают алмаз до соприкосновения с шлифовальным кругом; вращая маховик 7 (см. рис. 75), поворачивают шпиндель устройства с установленной в центрах обрабатываемой детали вокруг оси, осуществляя этим подачу врезания. При закреплении на оправке и установке детали в центра учитывается равномерность распределения припуска для обработки каждой стороны паза. Подачу врезания производят до тех пор, пока ролик 10 делительного диска устройства не коснется набора концевых мер, при этом угол между обрабатываемой поверхностью и осью паза станет равным $\alpha/2$. В таком же порядке обрабатывают все пазы с одной стороны. Закончив шлифование одной стороны пазов, устанавливают второй алмаз и шлифуют другие плоскости пазов.

Алмазные ограничители могут быть установлены на делительных устройствах и других конструкциях, например, на задней бабке оптической делительной головки, на делительных столах и т. д.

Шлифование зубьев храповых колес (рис. 76) в серийном производстве ведут в приспособлениях, в которых совмещены элементы установки и закрепления деталей, делительный механизм и механизм профилирования шлифовального круга (рис. 77). Шлифование зубьев храповых колес производится приспособлением, состоящим из основания 2, на котором закреплены левый 1 и правый 23 корпуса центровых бабок. Через бронзовые втулки

в корпусе 23 проходит центр 10, на задней шейке которого установлен на шпонке делительный диск 12, закрытый кожухом 11. В диске выполнены конические фиксирующие отверстия, число которых соответствует или кратно количеству зубьев обрабатываемого храпового колеса. Поджимом 13 и гайками 14 регулируется плавное, без люфта, вращение центра с делительным диском.

Установка делительного диска в нужном положении и его фиксация в процессе поворота для перехода от обработки одного зуба к другому производится фиксатором 17, который проходит через бронзовую втулку 15, установленную в корпусе 23. Фикса-

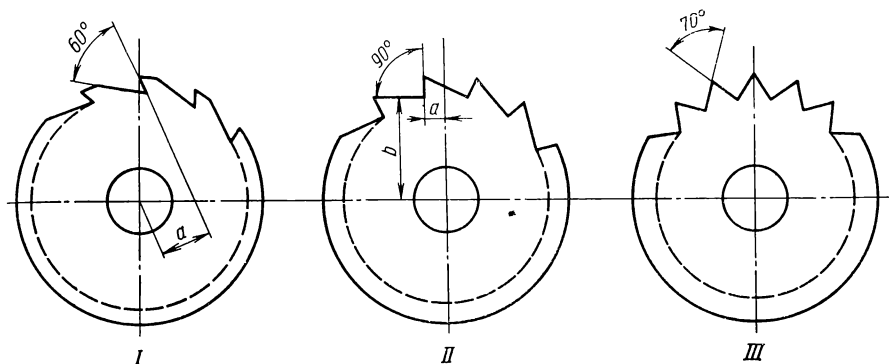


Рис. 76. Профили зубьев храповых колес

тор находится под воздействием пружины 16 и рукояток 19. На передней цилиндрической части центра 10 закреплен поводок 24. В корпусе 1 центровой бабки установлен ползун 9 с центром 8. Ползун перемещается рукояткой 20 и находится под воздействием пружины 18. В корпусе 1 установлены также ползуны 4 и 5, в которых закреплены втулки 6 с алмазами 22.

Приспособление устанавливают на магнитную плиту плоскошлифовального станка и прижимают к установочной планке. Для шлифования зубьев заготовки храповых колес набирают на оправку, которую устанавливают между центрами 10 и 8 и закрепляют винтом в поводке 24. При установке оправки в центра ползун 9 отводят рукояткой 20, а затем пружина 18 возвращает его в исходное положение. Правка периферии круга формы ПВК, которая удобна для обработки зубьев храповых колес формы II (рис. 76) производится алмазом, закрепленным в ползуне 5 и перемещающимся по направляющим 7. Вращением рукоятки маховика 25 производят возвратно-поступательное перемещение алмаза. При подаче алмаза для врезания пользуются лимбом шлифовальной бабки. Вершина алмаза, закрепленного в ползуне 4, устанавливается от оси приспособления на расстоянии a (см. рис. 76, I, II) оговоренного чертежом. Для правки торца

круга рычагу 3 (рис. 77) сообщают колебательное движение вокруг оси. Подача алмаза для врезания в круг производится лимбом поперечного перемещения стола шлифовального станка.

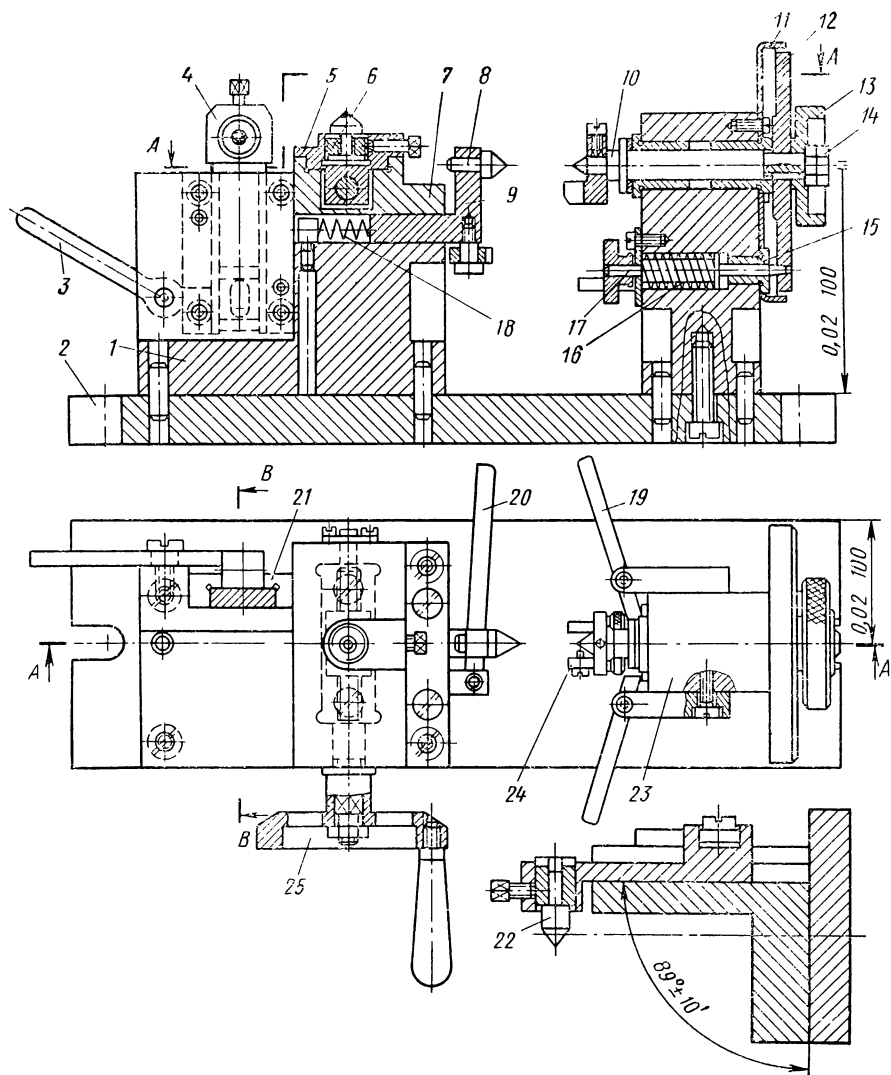


Рис. 77. Приспособление для шлифования зубьев храповых колес

В процессе обработки зубьев храповых колес шлифовальным кругом производят врезание на глубину до размера b , предусмотренного чертежом детали. Поперечное перемещение стола ограничивают врезанием алмаза, находящегося во втулке ползуна 4, в торец шлифовального круга. Такое ограничение врезания шлифо-

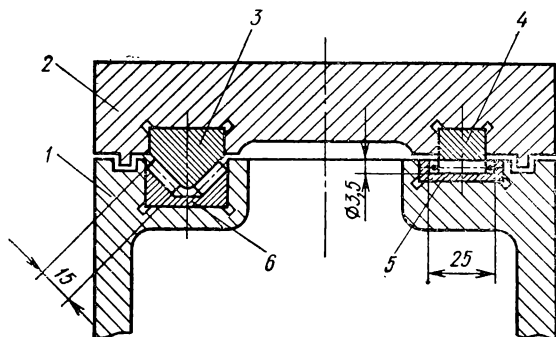
вального круга предупреждает возможность отклонения от размера a .

Храповые колеса с зубьями других профилей шлифуют в аналогичных приспособлениях. Отличаются эти приспособления конструкцией элементов профилирования круга.

Шлифование направляющих, там, где это позволяет ход стола, выполняют на обычных плоскошлифовальных станках. Наиболее высокую точность при этом можно получить при обработке периферией шлифовального круга. Шлифование торцом круга следует при возможности избегать.

Основные элементы роликовых направляющих качения (рис. 78) можно шлифовать непрофилированным кругом на синус-

Рис. 78. Конструкции роликовых направляющих качения



ной поворотной плите или кругом, профилированным под углом 45° . У деталей 1 и 2 нужно шлифовать по два прямых паза, в которые устанавливают стальные закаленные планки 3, 4, 5 и 6. Пазы шлифуют после обработки плоскостей с четырех сторон, в три операции. Сначала шлифуют дно каждого паза, выдержав глубину, затем, развернув магнитную плиту на угол 45° и соответственно заправив круг приспособлением (см. рис. 69) также на угол 45° , шлифуют боковые стороны пазов (рис. 79, а). Углы в стальных закаленных планках 3 и 6 (см. рис. 78) шлифуют по схемам, показанным на рис. 79, б, в.

Наружные углы плоских направляющих формы ласточкина хвоста (рис. 80, а) шлифуют после обработки плоскостей с четырех сторон. Затем на основную магнитную плиту устанавливают магнитное устройство параллельно ходу стола, прижимают к нему поверхностью А деталь и кругом формы ЧК шлифуют паз под углом 55° . При шлифовании внутренних (охватывающих) поверхностей угла применяют магнитную призму, на которой под углом $27^\circ 30'$ устанавливают обрабатываемую деталь. В зависимости от характера исполнения соединения шлифуют или одну (рис. 80, б) или две (рис. 80, в) стороны угла. При шлифовании углов ласточкина хвоста под углом 55° надо учитывать, что при подаче шлифовальной бабки вниз на 0,2 мм со шлифуемой плоскости снимается только 0,055 мм.

Для получения высокой точности пазов обработку следует вести периферией круга. Однако этот метод сложно применить при шлифовании крупных деталей. В этих случаях прямые пазы

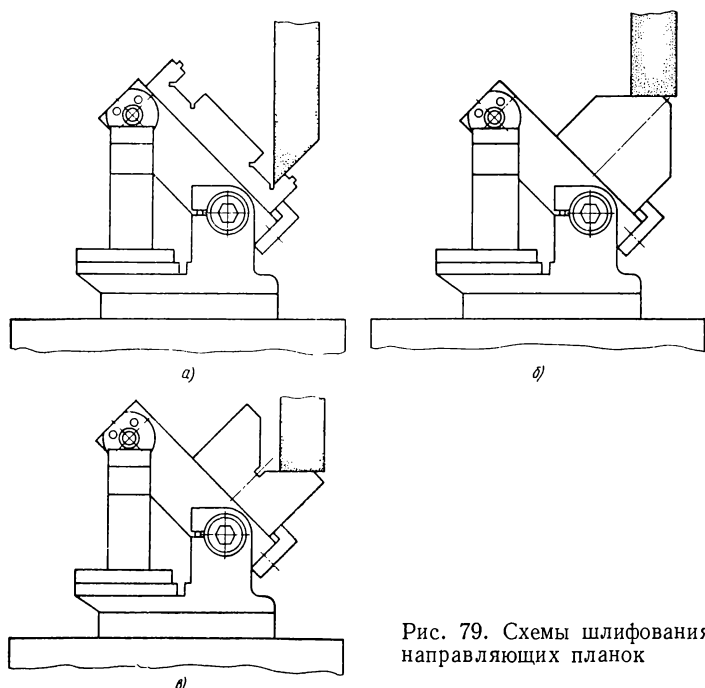


Рис. 79. Схемы шлифования направляющих планок

приходится обрабатывать торцами кругов формы ПВД. Подготавливая станок для шлифования паза торцом круга, необходимо проверить и, если требуется, устранить осевой люфт шпинделя.

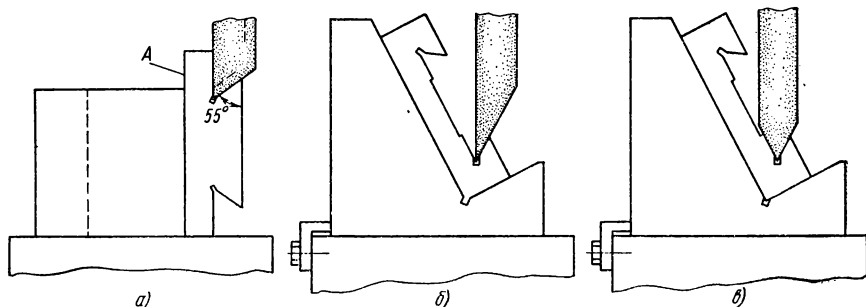


Рис. 80. Схемы шлифования направляющих типа ласточкина хвоста

Не все конструкции плоскошлифовальных станков пригодны для выполнения этой операции. Например, станки 3Г71М для этой цели совершенно не подходят. Дно паза и боковые стенки обрабатывают с одной установки. Если в процессе шлифования на

боковых стенках паза след, оставляемый шлифовальным кругом, будет иметь вид сетки, значит, обрабатываемые поверхности перпендикулярны основанию. Если же след, оставляемый кругом, имеет вид параллельно расположенных дуг, то боковые стороны паза в вертикальном направлении не перпендикулярны. Размер паза внизу, у основания, меньше, а вверх больше. В этом случае обработку следует прекратить, так как ось шпинделя шлифовального круга не перпендикулярна продольному ходу стола.

На рис. 81, *а, б* показаны профили, которые часто применяются у шариковых направляющих качения. Эти профили можно обрабатывать начисто на плоскошлифовальном станке. Образовать та-

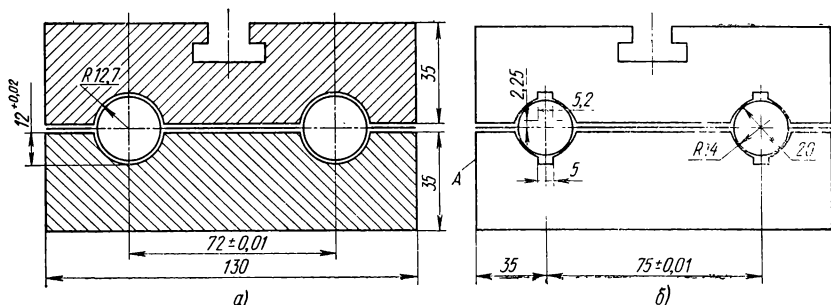


Рис. 81. Шариковые направляющие

кие профили на шлифовальном круге можно с помощью универсального приспособления (см. рис. 45). Для расчетов при настройке примем, что у применяемого приспособления $A = 107,2$ мм, $B = 57,6$ мм и $C = 70$ мм. Рассмотрим процесс шлифования направляющей, показанной на рис. 81, *а*. В порядке подготовки к шлифованию паза по $R = 12,7$ мм детали шлифуют по размерам 35 и 130 мм, выдержав перпендикулярность сторон.

Приспособление для профилирования радиуса $R = 12,7$ мм настраивают на контрольной плите, установленной на рабочем месте шлифовщика, по схеме, показанной на рис. 46. Установив приспособление на плиту, отвести ручку 22 (см. рис. 45): развернуть кронштейн 12 так, чтобы вершина алмаза 14 была направлена вертикально вниз, и фиксировать в этом положении ручкой 22. Установив под алмазом калибр или блок концевых мер размером $A + R$, т. е. $107,2 + 12,7 = 119,9$ мм, отвернуть гайку 3 и передвиганием промежуточной плиты 10 установить кронштейн 12 в положение, при котором между алмазом 14 и установочной мерой длины 119,9 мм, должен остаться зазор 0,5—1,5 мм. После этого завинтить гайку 3, затем вращением микровинта 16 алмаз окончательно подвести до размера 119,9 мм. В этом положении приспособление настроено на профилирование выпуклой дуги радиусом 12,7 мм.

Чтобы в процессе дальнейшей обработки выдержать без особых затруднений размер $72 \pm 0,01$ мм между осями шлифуемых дуг, работу продолжать в следующем порядке.

1. Определить расстояние от боковой стороны детали до оси более отдаленного от установочной планки магнитной плиты паза

$$\frac{130 - 72}{2} + 72 = 101 \text{ мм.}$$

2. Установить приспособление на магнитную плиту в положение, при котором ось алмаза совпадает с вертикальной осью шлифовального круга и разместится в средней части по его ширине, а расстояние от установочной планки магнитной плиты до оси приспособления равно 101 мм. Для этого используют продольное и поперечное перемещения стола. Между боковыми выступами приспособления и установочной планкой магнитной плиты нужно поместить блок концевых мер, равный $101 - B = 101 - 57,6 = 43,4$ мм.

3. Совмещая вертикальную подачу шлифовальной бабки на круг с вращением алмаза, посредством маховика 4 вокруг оси на 180° , заправить на круге радиус до образования полного профиля.

4. Снять приспособление, магнитную плиту очистить от абразивной пыли. Установить деталь на магнитную плиту, прижав ее боковой поверхностью к опорной планке, и вертикальной подачей лимба шлифовальной бабки при возвратно-поступательном продольном ходе стола шлифовать поверхность радиусом 12,7 мм в одном пазу до глубины $12,0^{+0,02}$ мм, измерив рычажным индикатором посредством набора концевых мер длины и регулируемого установа.

5. После окончательной обработки одного паза между опорной планкой и деталью поместить набор концевых мер или специальный плоский калибр размером 72 мм и шлифовать второй паз. При врезании на необходимую глубину последние 0,02—0,04 мм обрабатывают с подачей 0,002—0,003 мм и выхаживанием после каждого врезания.

Для шлифования профиля пазов, показанных на рис. 81, б, применяют шлифовальный круг, ширина которого должна быть несколько больше размера $2R$, в нашем случае равна 30 мм. После шлифования всех четырех сторон обрабатывают профиль по дугам радиуса 14 мм. Для профилирования шлифовального круга здесь также применяют универсальное приспособление (см. рис. 45). Профилирование (рис. 82, а) производят в такой последовательности.

1. Определить координаты центров профилируемых дуг относительно базовой поверхности А: 1-я координата — $35 + 75 + 2,6 = 112,6$ мм; 2-я координата — $35 + 75 - 2,6 = 107,4$ мм.

2. Установить алмаз для профилирования выпуклой дуги по $R = 14$ мм.

3. В связи с тем, что размер от опорной поверхности до оси профилирующего приспособления равен 57,6 мм, а размер до 1-й координаты равен 112,6 мм, набрать блок концевых мер размером $112,6 - 57,6 = 55$ мм и, установив приспособление на магнитную плиту, поместить его между упорной планкой магнитной плиты и боковой поверхностью приспособления.

4. Продольным перемещением стола установить вершину алмаза в плоскости, перпендикулярной оси шлифовального круга, а поперечным перемещением — примерно по середине ширины

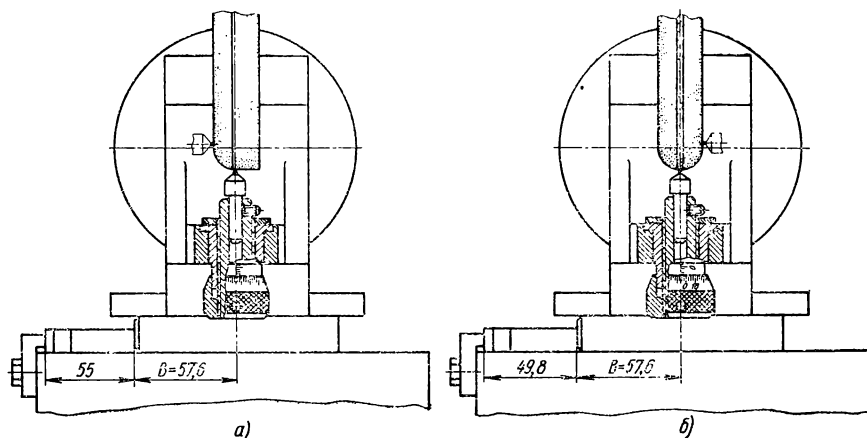


Рис. 82. Схемы профилирования шлифовального круга по дугам со смещенными радиусами

круга. Затем вертикальным перемещением шлифовальной бабки и вращением кронштейна с алмазом в пределах левого квадранта профилировать одну сторону круга по дуге $R = 14$ мм (рис. 82, б). Когда конец дуги достигнет примерно середины круга, закончить профилирование выхаживанием без дополнительного врезания и установить индикаторный упор ограничителя вертикальной подачи в нулевое положение.

5. Заменяв блок концевых мер размером 55 мм на блок размером $107,4 - 57,6 = 49,8$ мм и переустановив приспособление по новому блоку, профилировать вторую сторону круга по $R = 14$ мм с врезанием до совпадения стрелки индикатора ограничителя вертикальной подачи с нулевой риской.

6. На магнитную плиту установить шлифуемую деталь, прижав ее поверхностью к установочной планке, и вертикальной подачей обрабатывать направляющий паз до требуемой глубины. Последние рабочие ходы производят с выхаживанием.

Поместив между поверхностью А детали и направляющей планкой магнитной плиты блок концевых мер размером 75 мм, в таком же порядке шлифовать второй паз направляющей (рис. 83).

При шлифовании угловых направляющих (рис. 84) обработку вести в таком порядке.

1. На магнитной плите шлифовать две плоскости на размер 35 мм, выдержав параллельность двух сторон в пределах 0,02 мм.

2. На основную магнитную плиту станка установить приспособление, показанное на рис. 33. Обрабатываемую деталь прижать одной из шлифованных поверхностей к магнитной плите

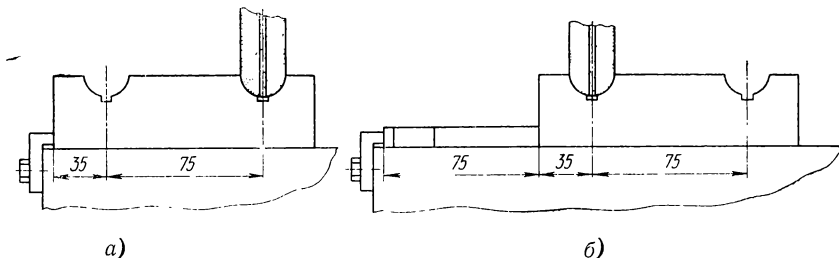


Рис. 83. Схемы шлифования пазов с профилем, очерченным двумя радиусами:
а — первого паза; б — второго паза

приспособления так, чтобы одной из узких сторон она упиралась в основную плиту. Включить магнит приспособления, а затем магнит основной плиты и шлифовать одну из сторон размером 180 мм. При таком способе шлифования обрабатываемая поверхность будет перпендикулярна базовой.

3. Установить деталь шлифованной поверхностью размером 180 мм на основную магнитную плиту плоскошлифовального станка и шлифовать вторую поверхность.

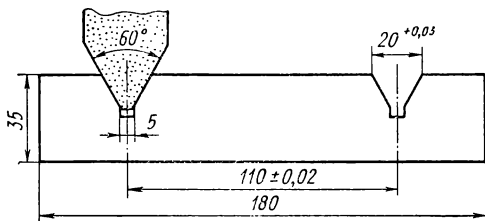


Рис. 84. Схема шлифования угловых направляющих

меру 107,2 мм от основания), отвести упоры 26 в крайнее нижнее положение, которое соответствует положению оси приспособления (т. е. размеру 107,2 мм от основания), чтобы они не мешали при настройке для поворота на угол 60°. На плоскость *N* приспособления установить набор концевых мер

$$M = C + 50 \sin 60^\circ = 70 + 50 \cdot 0,866 = 113,3 \text{ мм.}$$

5. Отвести ручку 22 и поворотом маховика 4 влево подвести вал 5 вплотную к блоку концевых мер. Стопорить винтом 24

всю поворотную систему и подвести один из упоров 27 к фиксатору 26 и закрепить его винтом с гайкой (рис. 85). Затем, проверив, чтобы в процессе настройки вал 5 (см. рис. 45) не сместился относительно блока концевых мер, освободить винт 24, переустановить блок концевых мер на противоположную сторону планки 23, подвести к блоку вал 5, расположенный с противоположной стороны диска 6. Снова зажать винт 24 и подвести второй упор 27 к фиксатору 26. Закрепив второй упор, проверить, нет ли зазоров

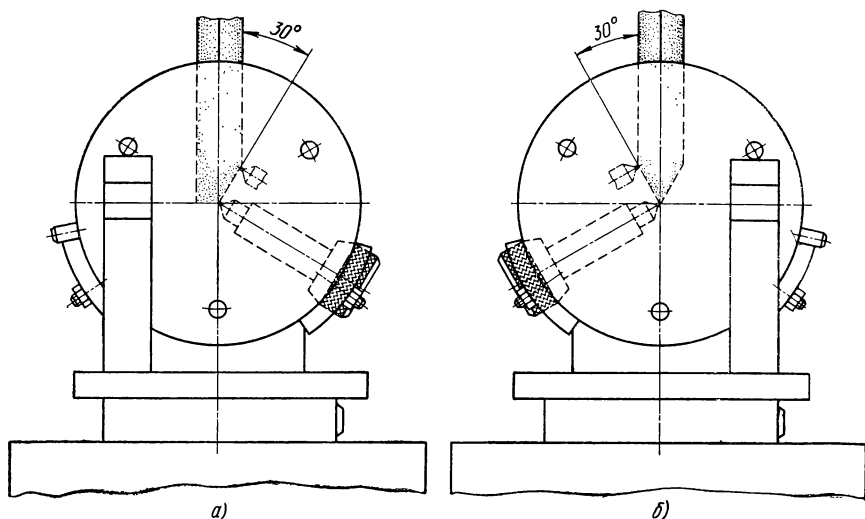


Рис. 85. Схема настройки универсального приспособления для профилирования круга:

а — одной стороны; *б* — другой стороны

между валом 5, блоком концевых мер, упором 27 и фиксатором 26. Затем снять с планки 23 блок концевых мер, освободить винт 24, повернуть маховик 4 так, чтобы алмаз 14 был направлен вершиной вверх, и поворотом ручки 22 стопорить плиту 19 защелкой 8.

6. На магнитную плиту плотно к опорной планке установить блок концевых мер размером

$$100 + \frac{180}{2} - \frac{110}{2} = 57,6 = 77,4 \text{ мм}$$

и прижать к нему установочные выступы приспособления.

7. Совместив вершину алмаза с вертикальной осью шлифовального круга шириной 22—25 мм, править круг путем поперечных перемещений алмаза по наружной поверхности и по окончании правки фиксировать упором положение шлифовальной бабки.

8. Поднять вверх шлифовальную бабку, установить алмаз примерно на половине ширины шлифовального круга, отвести ручку 22 и маховиком 4 повернуть диск 6 до соприкосновения

упора 27 с фиксатором 26, после чего фиксировать это положение винтом 24.

9. Отвести защелку 11 и, сообщив рукояткой 25 кронштейну 12 с алмазом 14 возвратно-поступательное движение, вертикальным перемещением шлифовальной бабки править одну сторону шлифовального круга. Врезание алмаза в круг прекратить по достижении шлифовальной бабки упора вертикальной подачи.

10. Не меняя положения правящего приспособления на магнитной плите и не производя поперечного перемещения стола, поднять вверх шлифовальную бабку, освободить винт 24, повер-

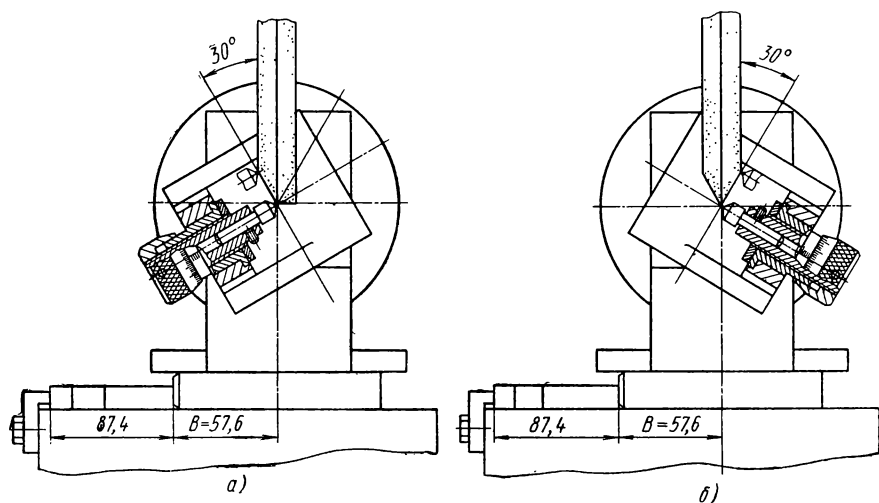


Рис. 86. Схема заправки профиля круга для шлифования угловых направляющих:
а — одной стороны; б — другой стороны

нуть диск 6 до соприкосновения противоположного упора 27 с фиксатором 26 и снова зажать винт 24.

11. Произвести правку угла со второй стороны шлифовального круга, как это оговорено п. 9 (рис. 86).

12. После окончания правки шлифовального круга снять приспособление с магнитной плиты. Очистить магнитную плиту от абразивной пыли и установить на нее обрабатываемую деталь, прижав к опорной планке. При всех этих действиях не допускать поперечного перемещения стола шлифовального станка.

13. Установить ограничители продольного хода стола шлифовального станка (поз. 10 на рис. 1) в положение, при котором шлифовальный круг при возвратно-поступательном ходе стола выходит с обеих сторон за пределы детали на 15—20 мм. Вертикальным перемещением шлифовальной бабки шлифовать угловой профиль детали (см. рис. 85) до требуемой глубины, проверяя размер 20 мм по шаблону или косвенным путем с помощью ролика.

14. Выключив ход стола, установить в нулевое положение ограничители вертикальной подачи (см. рис. 3), поднять шлифовальную бабку вверх, снять деталь, очистить магнитную плиту и снова установить на нее обрабатываемую деталь, прижав к блоку концевых мер размером 110 мм, установленному вплотную к упорной планке магнитной плиты.

15. Включить продольный ход стола и вертикальным перемещением шлифовальной бабки обработать профиль на глубину, обусловленную ограничителем вертикальной подачи.

Для получения более низкой шероховатости поверхности в последний период обработку произвести с выхаживанием. Хорошие результаты для снижения шероховатости обработки

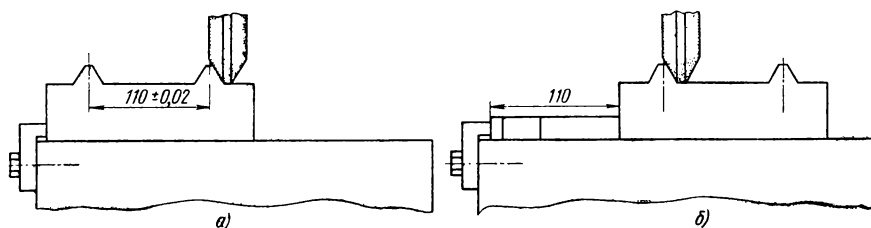


Рис. 87. Схема шлифования призматических направляющих под углом 60° :
а — одной стороны; б — другой стороны

в период выхаживания дает покрытие рабочей поверхности шлифовального круга пленкой воска. Для этого достаточно куском воска прикоснуться к вращающемуся кругу.

Для шлифования призматических направляющих (рис. 87) на станок устанавливают шлифовальный круг шириной 25 мм. После шлифования поверхностей размером 35 и 180 мм с применением приемов, указанных в п. 1, 2, и 3 для обработки профиля, показанного на рис. 84, обрабатываемую деталь вновь установить плоскостью А (см. рис. 81, б) на магнитную плиту, прижать боковой поверхностью к упорной планке магнитной плиты и шлифовать плоскости впадин. На магнитную плиту установить универсальное приспособление, настроенное по схеме рис. 85, и править обе стороны круга на угол 60° , как указано на рис. 86, оставляя на вершине профиля площадку шириной 4 мм.

Заменив приспособление обрабатываемой деталью, подвести шлифовальный круг к крайней поверхности и, совмещая вертикальную и поперечную подачи, шлифовать ее «как чисто». Закончив обработку, установить ограничители вертикальной подачи и лимбом шлифовальной бабки поднять шлифовальный круг вверх. Поместив между обрабатываемой деталью и направляющей планкой магнитной плиты блок размером 110 мм врезной подачей сверху до нулевого показания ограничителя вертикальной подачи, шлифовать следующую наклонную поверхность. Затем второй стороной круга шлифовать аналогично остальные наклонные поверхности,

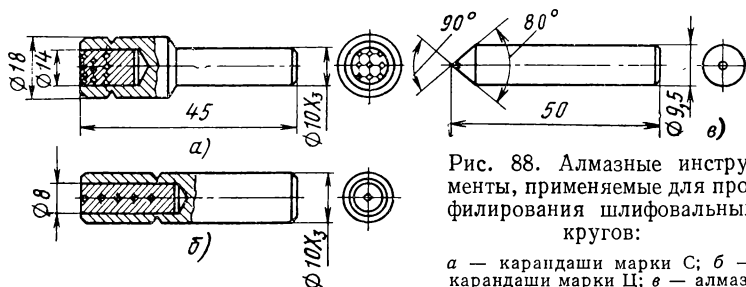


Рис. 88. Алмазные инструменты, применяемые для профилирования шлифовальных кругов:

a — карандаши марки С; *б* — карандаши марки Ц; *в* — алмазные иглы

измеряя размеры по шаблону или с помощью оптического зу-
бомера. Предварительную правку шлифовальных кругов с уг-
ловыми участками профиля производить алмазными карандашами
типа С марки 4 и 5, с радиусными участками профиля — алма-
зными карандашами типа Ц марки 4, 5 и 6. Для чистового про-
филирования шлифовальных кругов используют в основном ал-
мазы в оправках. На резьбошлифовальных станках применяют
также алмазные иглы с массой кристалла алмаза 0,1 — 0,25 ка-
рата (рис. 88).

ШЛИФОВАНИЕ КОНТУРОВ НЕПРОФИЛИРОВАННЫМ КРУГОМ

Шлифование кулачков на круглошлифовальных станках. Кон-
туры кулачков, обрабатываемые методом копирования на кругло-
шлифовальном станке при непрерывном контакте детали со шлифо-
вальным кругом, показаны на рис. 89.

В основу приспособления (рис. 90) положено совмещение вра-
щения детали с возвратно-поступательным перемещением ее
относительно шлифовального круга путем изменения величины
радиусов-векторов. Принципиальным отличительным признаком
этой конструкции является разностороннее размещение инстру-
мента и копирного ролика, в результате чего образуется обратное
копирование, создающее условия для более рационального по-
строения профиля кулачка и более плавного движения обрабаты-
ваемой детали в процессе шлифования. Контуры копиров для
шлифования обратным и прямым копированием детали, имеющей
форму квадрата, показаны на рис. 91. При построении копира
для шлифования обратным копированием из радиуса заготовки
копира OB вычитались отрезки $A_1B_1, A_2B_2, A_mB_m,$
 A_nB_n , равные по величине отрезкам $a_1b_1, a_2b_2, a_mb_m,$
 a_nb_n , т. е. величинам линейных изменений векторов, про-
веденных в квадранте из точки O . К копиру для шлифования
прямым копированием величины этих отрезков прибавлялись

к величине OB . И хотя в обоих копиях отрезки A_mB_m равны, так же как и равны их размеры у первого копия, кривая контура более плавная, что улучшает условия шлифования. Кроме кулачков в приспособлении можно обрабатывать многогранники с острыми или закругленными гранями.

Приспособление выполнено следующим образом. В основании 1 (см. рис. 90) имеются два отверстия со втулками 3, в которых на заключенных в сепараторы 5 шариках 4 перемещаются направляющие колонки 6. На направляющих колонках закреплена каретка 8 с установленными на ней неподвижной бабкой 2 и подвижной бабкой 9, перемещающейся по направляющей 10 и закрепляющейся рукояткой 11. На неподвижной бабке смонтирован привод шпинделя, состоящий из электродвигателя и червячного редуктора 15. Привод сообщает шпинделю частоту

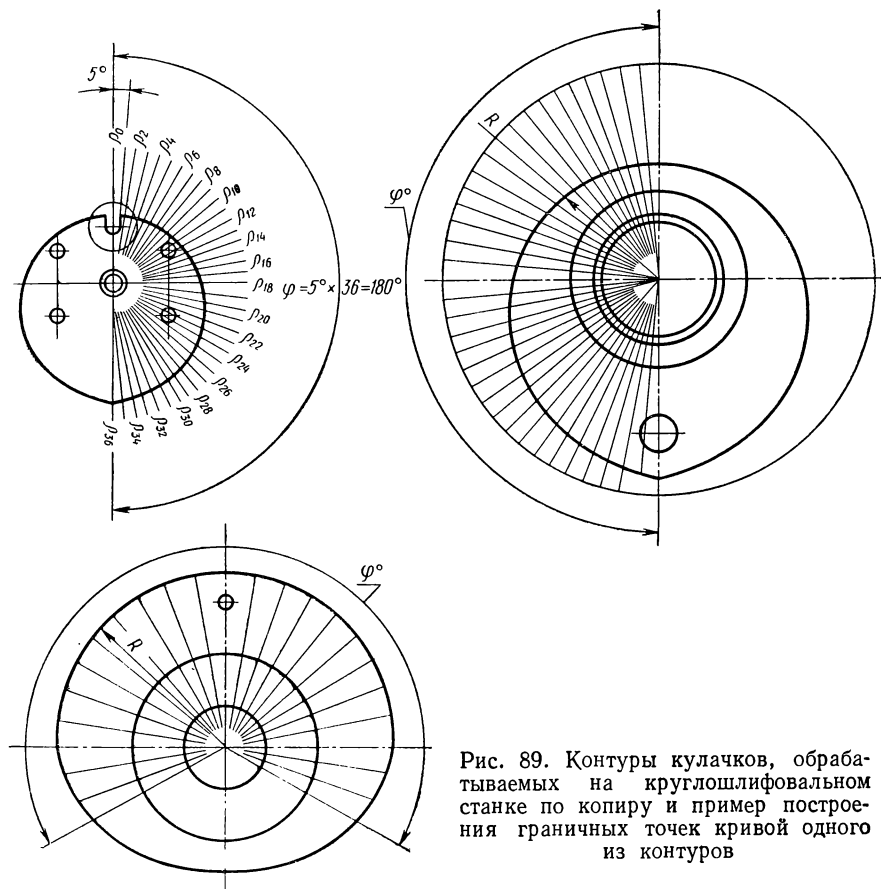


Рис. 89. Контур кулачков, обрабатываемых на круглошлифовальном станке по копии и пример построения граничных точек кривой одного из контуров

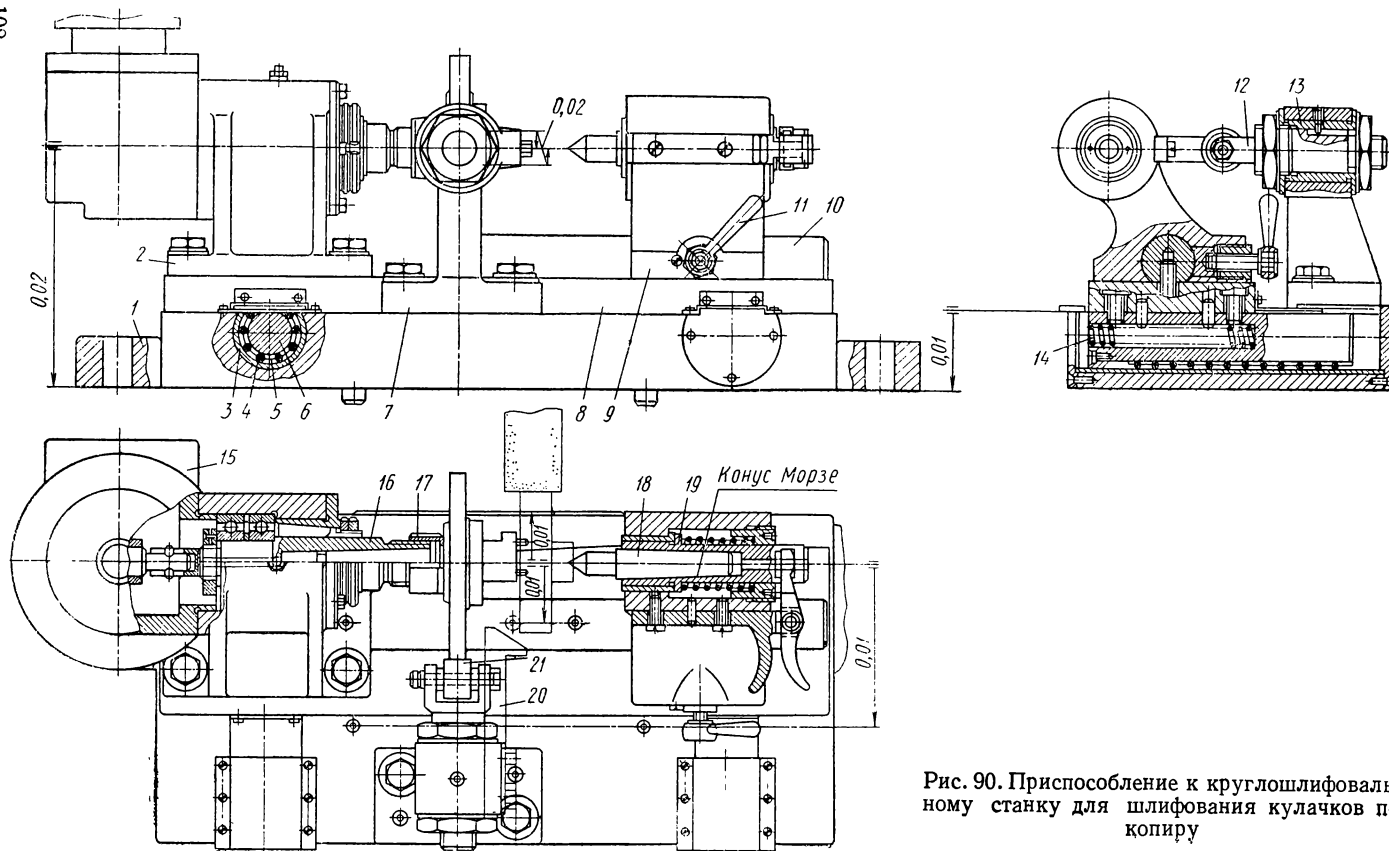


Рис. 90. Приспособление к круглошлифовальному станку для шлифования кулачков по копиру

вращения 30—50 об/мин. В шпинделе 16 имеется конусное отверстие, в которое устанавливается оправка с копиром.

В передней части оправки предусмотрено посадочное место для установки и закрепления обрабатываемой детали. Оправка и копир (рис. 92) являются сменными принадлежностями приспособления и устанавливаются для обработки детали определенной конфигурации и размера. Под действием пружин 14 (см. рис. 90) вся перемещающаяся часть приспособления, смонтированная на каретке 8, отжимается в одну сторону и копир нахо-

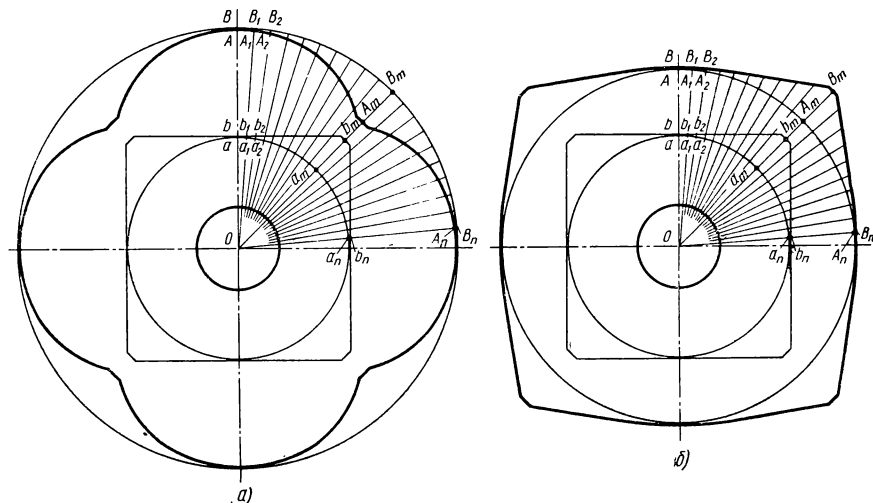


Рис. 91. Контуры кулачков для шлифования квадрата методами обратного (а) и прямого (б) копирования

дится в постоянном контакте с роликом 21, установленным в вилке 12. Вилка 12 через втулку 13 закреплена в неподвижном кронштейне 7. В подвижной бабке 9 закреплен подпружиненный центр 18. При вращении шпинделя 16 с закрепленной на нем посредством гайки 17 оправки с копиром последний прижимается к ролику 21 и, так как отдельные точки контура копира удалены от оси на разные расстояния, зависящие от контура детали, вся верхняя часть устройства, связанная с кареткой 8, получает возвратно-поступательное перемещение. Величина возвратно-поступательного движения равна разности между наименьшим и наибольшим радиус-векторами, образующими контур кулачка. В процессе шлифования круг прижимает копир к ролику. Это дает возможность вести обработку с максимальной нагрузкой без опасения за работу устройства.

Принцип проектирования копира для шлифования контура кулачка легко уяснить из примера проектирования копира для правильного многогранника (рис. 93). В контур сечения детали вписывается окружность. Из центра вращения детали через рав-

ные значения угловых величин проводятся радиус-векторы до точки пересечения с линиями, ограничивающими наружный контур детали, $b, b_1, \dots, b_m, \dots, b_n$. Отрезки $ab, a_1b_1, \dots, a_mb_m, \dots, a_nb_n$ радиус-векторов между контуром детали и вписанной окружностью Δ_1 переносятся на соответствующие радиус-векторы копира $AB, A_1B_1, \dots, A_mB_m, \dots, A_nB_n$. В данном случае они вычитаются из радиусов окружности заготовки копира, так как шлифовальный круг соприкасается с деталью со стороны, противоположной касанию ролика и копира.

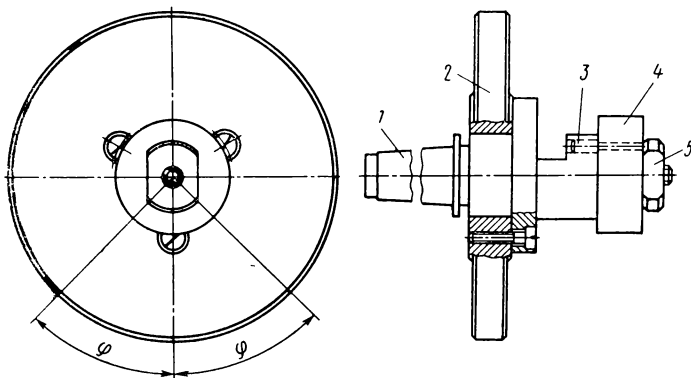


Рис. 92. Элементы наладки приспособления для шлифования контура детали:

1 — хвостовик; 2 — копия; 3 — фиксатор; 4 — прижим; 5 — гайка

Для обеспечения правильности копирования необходимо согласовать угловые точки касания копира и ролика с точками касания шлифовального круга и обрабатываемой детали. Эти точки должны лежать в одной плоскости, параллельной направляющим каретки. Диаметр шлифовального круга не должен намного отличаться от диаметра копирного ролика. В противном случае неизбежно искажение профиля обрабатываемой детали. Если соотношения диаметров шлифовального круга и детали по сравнению с соотношениями диаметров ролика и копира имеют большую разницу, то происходит явление опережения или отставания точки соприкосновения шлифовального круга с деталью по сравнению с точкой касания ролика с копиром. Это явление четко видно на рис. 94, где показана схема шлифования квадрата с помощью копирного устройства. При повороте даже на небольшой угол точка касания круга с серединой грани квадрата резко уходит к его вершине, и если не ввести кооррективы в профиль копира, чтобы он отводил в этот момент круг на величину ΔR , деталь неминуемо будет срезана на такую же величину.

При определении ΔR коррекции радиус-вектора копира для шлифования многогранников можно пользоваться формулой, вывод которой делается из построения, показанного на рис. 95, а:

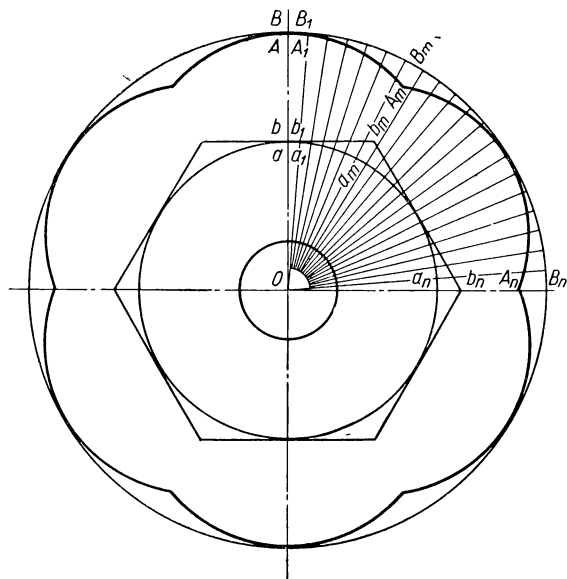


Рис. 93. Схема размещения радиус-векторов на заготовке копира для шлифования многогранника

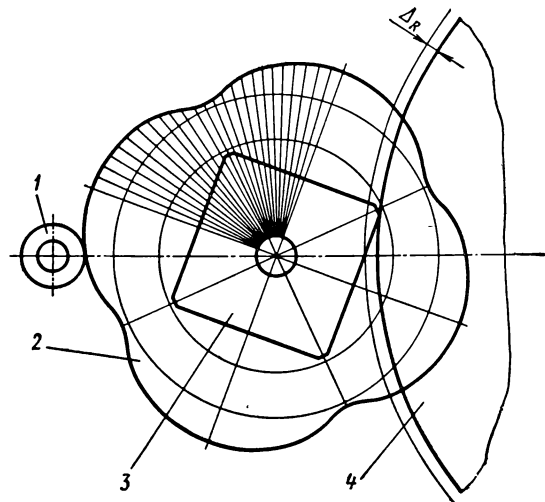


Рис. 94. Схема шлифования квадрата с помощью копирного устройства:

1 — копирующий ролик; 2 — копия; 3 — шлифуемая деталь; 4 — шлифовальный круг; ΔR — величина требуемой коррекции

где φ — угол между радиус-векторами, для которого подсчитывается кооррекция; $\Delta R = BB_2$ — коррекция для данной точки угла φ ; $\rho_{\max} = OA$ — радиус описанной окружности шлифуемого многогранника; $\rho = OB$ — радиус-вектор при данном значении угла α ; R — радиус шлифовального круга; n — количество

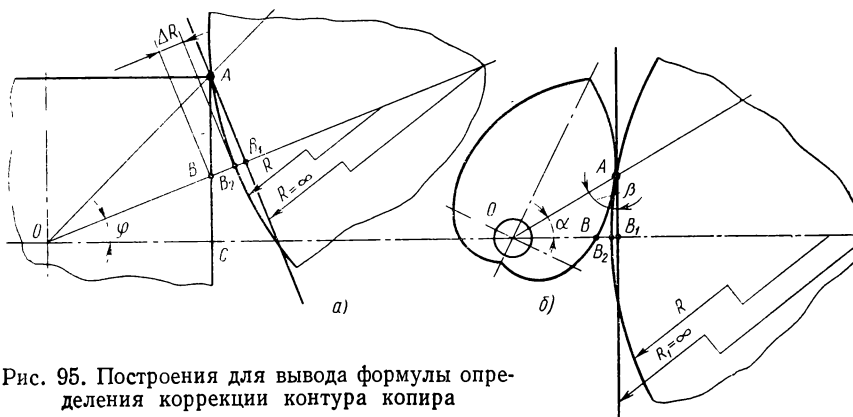


Рис. 95. Построения для вывода формулы определения коррекции контура копира

граней шлифуемой детали; $\Delta R = \left(\rho_{\max} \sin \frac{\pi}{n} - \rho \sin \varphi \right) \sin \varphi - R + \sqrt{R^2 - \rho_{\max}^2 \sin^2 \left(\frac{\pi}{n} - \varphi \right)}$.

Для расчета коррекции ΔR при шлифовании кулачка, контур которого образован плавной кривой (например, логарифмической), можно пользоваться формулой, вывод которой произведен с помощью рис. 95, б:

$$\Delta R = \rho_{\alpha} \sin \alpha - \rho - R + \sqrt{R^2 - \frac{\rho^2}{\alpha} \sin^2 \alpha},$$

где α — угол подъема логарифмической спирали — величина постоянная; ρ_{α} — радиус-вектор, соответствующий точке касания круга; $\beta = 90^\circ - \alpha$ — угол давления; ρ — текущий радиус-вектор. Приспособление позволяет получить контур копира непосредственно шлифованием, используя метод обратной настройки по эталонной детали, которая в данном случае выполняет роль копира.

Перестройка приспособления для шлифования профиля копира по контуру эталонной детали заключается в следующем. С кронштейна 7 (см. рис. 90) снимается упор с роликом 21, а с боковой стороны кронштейна устанавливается упор 20. Упор 20 имеет кривизну, соответствующую радиусу применяемого для

обработки деталей шлифовального круга. Для облегчения скольжения радиусную поверхность упора тщательно полируют и покрывают смазкой. Копир, являющийся в данном случае шли-

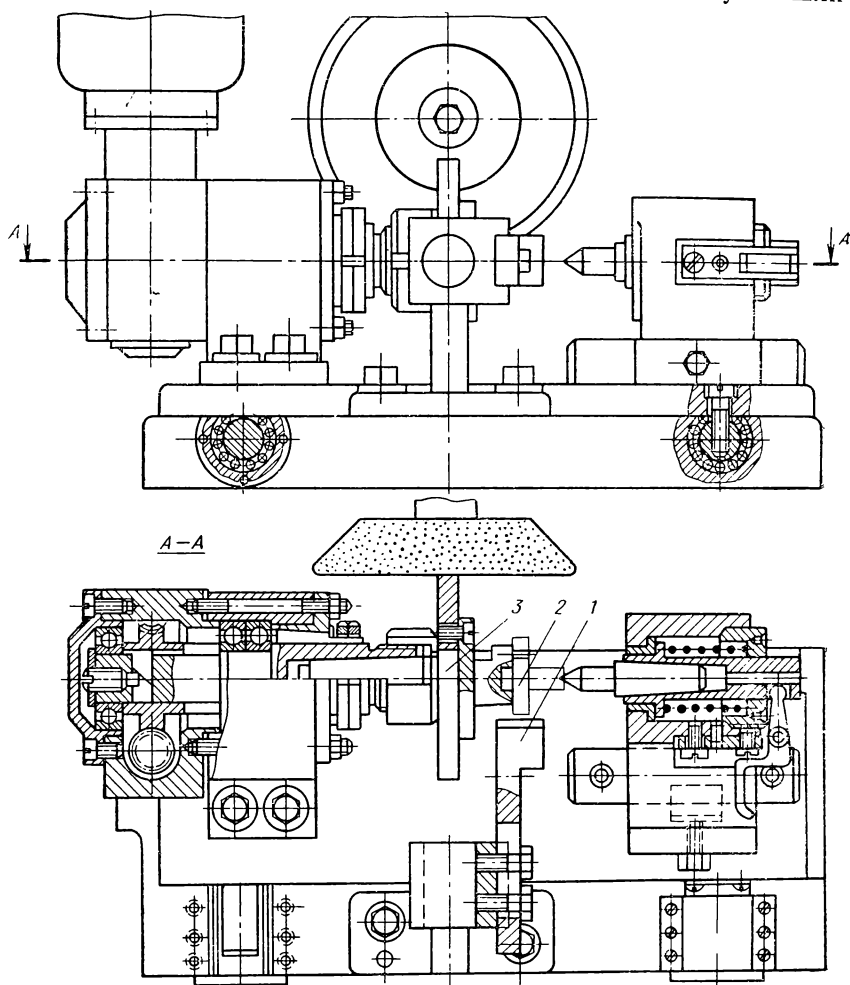


Рис. 96. Схема шлифования копира по контуру эталонной детали:

1 — упор; 2 — эталонная деталь; 3 — заготовка копира

фуемой деталью, предварительно обрабатывается по черновому профилю, размеченному без коррекции. Упор, имея кривизну, соответствующую кривизне дуги шлифовального круга, автоматически вводит коррекцию в процессе шлифования копира. Чтобы на копире участки подъема и спада спирали, в свою очередь, не искажали собственный профиль, копир желательно шлифовать плоской кромкой круга (рис. 96) (например, чашечного).

При шлифовании режущую кромку круга устанавливают на высоте центров приспособления.

Учитывая, что у приспособления имеется самостоятельный привод вращения шпинделя, копир целесообразно шлифовать на универсально-заточном станке, предварительно повернув шпиндельную бабку на 90° , чтобы круг мог работать своей плоской кромкой. Удобство шлифования копира на универсально-заточном станке заключается в том, что на нем можно регулировать отношение высоты центров приспособления к высоте режущей кромки шлифовального круга.

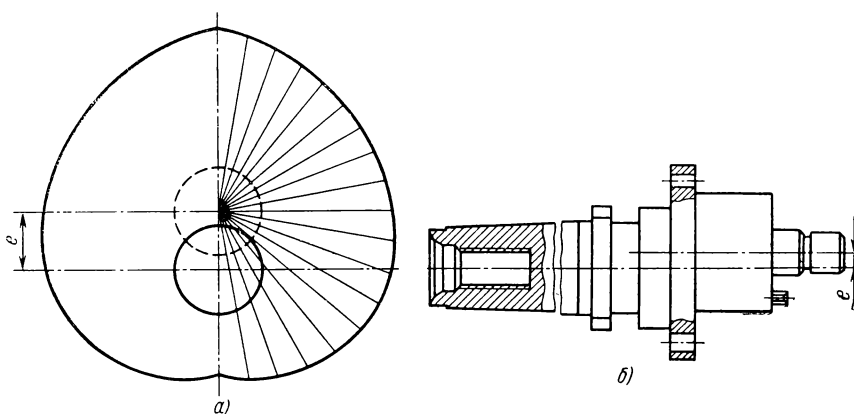


Рис. 97. Схема смещения центра для обработки кулачков с большими перепадами радиус-векторов

Эталонную деталь для шлифования копира изготавливают по размерам контура, предусмотренного чертежом детали, но с меньшей шероховатостью. Методом обратной настройки можно изготавливать копиры и в том случае, если невозможно рассчитать профиль детали или если нет ее математического описания.

Для переналадки приспособления необходимо заменить устанавливаемую в конусное отверстие шпинделя приспособления оправку с закрепленным на ней копиром и элементами фиксации и закрепления обрабатываемой детали (рис. 92).

В практике изготовления ряда механизмов создается необходимость применения кулачков с большими перепадами в величинах радиус-векторов. В этих случаях возможность шлифования профиля кулачка ограничивается ходом каретки приспособления и сложностью получения контура копира из-за больших величин коррекции.

Чтобы уменьшить радиальные колебания кулачка и создать более благоприятные условия обработки, прибегают к приему смещения центра (рис. 97, а). При этом обрабатываемую деталь устанавливают на оправку, у которой фиксирующие де-

таль элементы смещены относительно оси вращения шпинделя (рис. 97, б). Для шлифования кулачков аналогичное смещение посадочного отверстия выполняется на копире.

В обычных случаях при чистовом шлифовании кулачков допускается износ шлифовального круга диаметром 300 мм до 50 мм, при этом значительных изменений в размерах шлифуемых кулачков не замечалось. Большой износ круга вызывает снижение точности обработки.

Шлифование кулачков со спиралью Архимеда. Профили дисковых кулачков со спиралью Архимеда, как правило, шлифуют по копирам. Изготовление самих копиров по принятой технологии

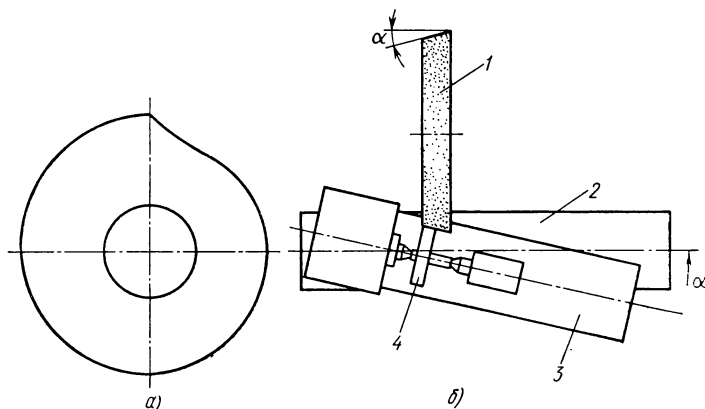


Рис. 98. Кулачок с контуром по архимедовой спирали (а) и схема его шлифования (б)

является весьма сложным и трудоемким. Чаще всего эта работа выполняется на плоскошлифовальных станках с помощью делительных приспособлений. Для шлифования по архимедовой спирали профиля у кулачка (рис. 98, а) поступают следующим образом. Кулачок надевают на оправку, крепят гайкой и устанавливают в центра делительного приспособления. Рабочую поверхность или шаг спирали делят на части. Для каждой части подсчитывают радиус-вектор. Шлифование производят в несколько переходов.

1. Предварительное шлифование. Угол поворота кулачка между делениями принимается равным 3° , а вертикальная подача равна разности радиус-векторов. Шлифование начинают с наибольшего радиус-вектора, находящегося на горизонтальной оси шпинделя делительного приспособления.

2. Чистовое шлифование. Угол поворота кулачка принимают равным $1^\circ 30'$. Вертикальная подача шлифовального круга в данном случае после каждого деления может быть равна 0,02 мм. При чистовом шлифовании нужно оставлять припуск 0,01—0,015 мм на окончательную доводку.

3. При окончательном доводочном шлифовании особо важное значение имеет соответствующий угол поворота кулачка и вертикальная подача шлифовального круга.

При определении угла поворота кулачка необходимо учитывать отклонения радиусов и шага спирали. В рассматриваемом примере при угле поворота 1° профиль кулачка будет иметь форму многогранника с прямыми площадками шириной 1,4 мм. При угле поворота $0^\circ 10'$ размер прямой площадки многогранника составит только 0,23 мм, что укладывается в допустимые отклонения для профиля кулачка. Таким образом, придерживаясь принятой для единичного производства технологии, при обработке одного контура по архимедовой спирали требуется выполнить свыше 2300 делений [5, 12]. Для шлифования такого контура необходимо затратить свыше 4 ч рабочего времени.

Сокращение трудоемкости бескопирного шлифования кулачков по архимедовой спирали достигается заменой обработки контура на плоскошлифовальных станках по отдельным участкам непрерывной обработкой на резбошлифовальных станках. Шлифование архимедовой спирали на резбошлифовальных станках производится по схеме, показанной на рис. 98, б. На шпиндель шлифовальной бабки устанавливают шлифовальный круг 1. Его ширина в 5—6 раз больше ширины шлифуемого кулачка. Продольную подачу нижнего стола 2 настраивают на шаг, несколько меньший ширины круга. Закрепленную на оправке заготовку кулачка 4 устанавливают поворотом верхнего стола 3 под углом α к ходу стола 2. Угол поворота детали

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{s},$$

где h — шаг шлифуемой архимедовой спирали; s — величина хода стола 2 за время одного оборота детали 4.

Под этим же углом заправляют шлифовальный круг так, чтобы образующая конуса была параллельна оси установки шлифуемой детали. Обрабатываемую деталь подводят к шлифовальному кругу, включают подачу охлаждающей жидкости и поперечным перемещением шлифовальной бабки производят врезание на глубину прохода.

Затем включают механизм вращения детали и движения стола. После одного оборота детали и соответствующего перемещения ее вдоль шлифовального круга контакт между кругом и деталью прерывают, возвращают деталь в исходное положение и процесс повторяют до тех пор, пока не будет образована архимедова спираль. Учитывая, что за один проход можно сошлифовать профиль на глубину порядка 0,2—0,4 мм, вся операция может быть выполнена не в течение 3—4 ч, как это требуется при шлифовании на плоскошлифовальных станках, а за несколько минут.

Для шлифования профиля кулачка по архимедовой спирали на большинстве конструкций резбошлифовальных станков

необходимо применять специальные устройства для поворота детали на угол α относительно хода стола. Без применения специальных устройств можно шлифовать кулачки с шагом архимедовой спирали в пределах 3 мм на станках фирмы Excello мод. 35. Стол этих станков состоит из двух частей: нижней и верхней. Верхняя часть может поворачиваться относительно нижней на угол до $4^{\circ}45'$ в обе стороны от нулевого деления. При шлифовании резьбы поворот стола на угол позволяет устранить конусность или шлифовать конусные резьбы. Используя этот поворот и шлифовальный круг шириной 40 мм, настроив ход стола на шаг

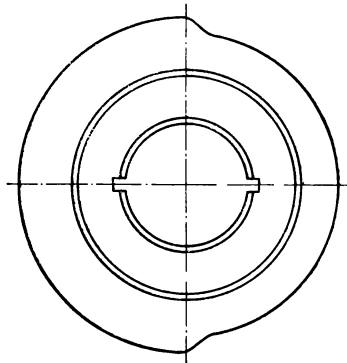


Рис. 99. Профиль кулачка к затыловочному устройству резьбошлифовального станка

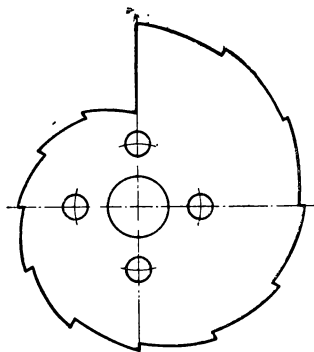


Рис. 100. Кулачки с прерывистым профилем

36 мм, можно шлифовать кулачки по спирали. При шаге ходового винта 4 мм для настройки хода стола на шаг 36 мм применяют сменные колеса со следующим соотношением зубьев:

$$\frac{56}{28} \frac{60}{40} \frac{90}{30}.$$

Для профилирования шлифовального круга на необходимый угол можно использовать ручное приспособление, подобное показанному на рис. 54. Для отвода кулачка (после одного оборота) от шлифовального круга используют механизм затылования, в который устанавливают кулачок, применяемый для шлифования резьбы через шаг. Профиль этого кулачка (рис. 99) образован двумя concentric semi-circular arcs of different radii, соединенными одна с другой с помощью кривых с плавными переходами.

Шлифование кулачков с прерывистыми поверхностями, не образующими плавный замкнутый контур (рис. 100), можно выполнять в копирном приспособлении к плоскошлифовальному станку. Приспособление (рис. 101) может быть установлено на магнитную плиту с фиксацией по упорной планке или непосред-

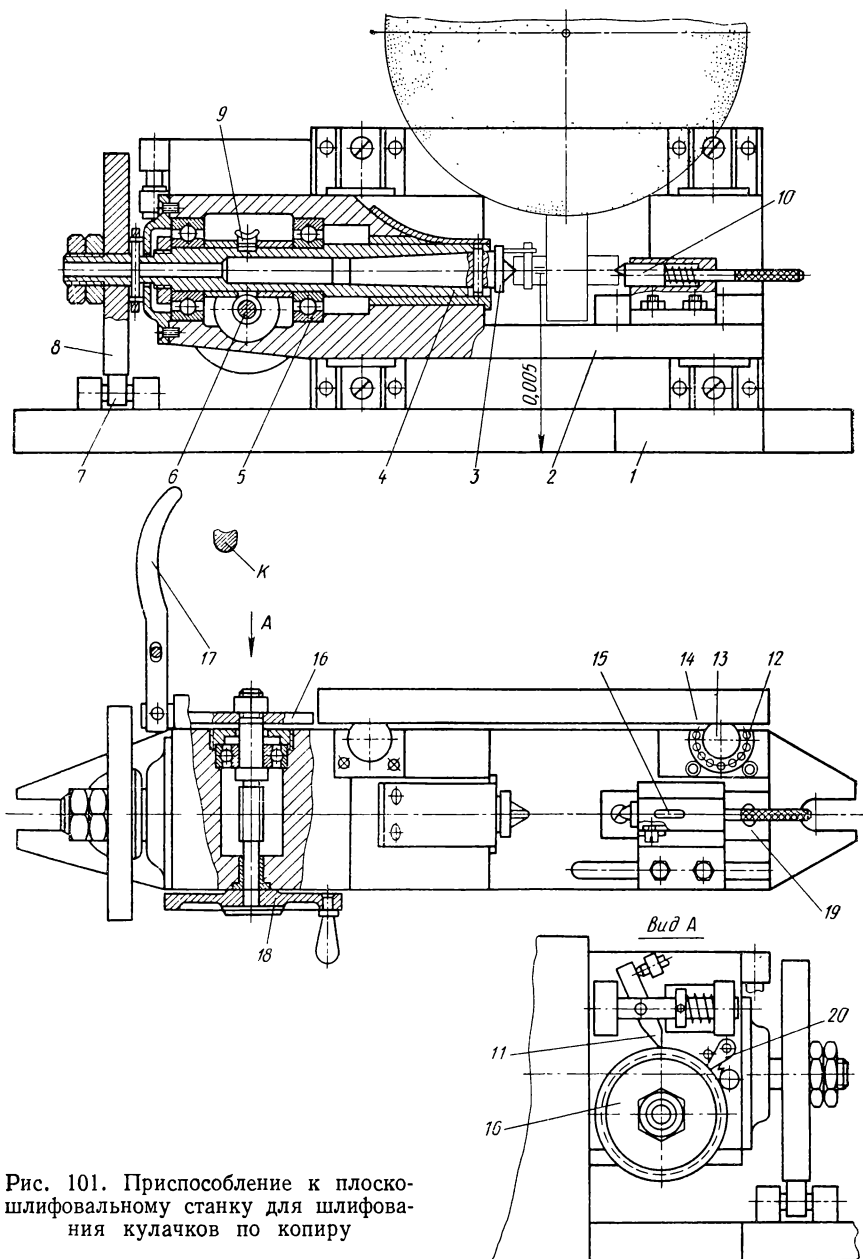


Рис. 101. Приспособление к плоско-шлифовальному станку для шлифования кулачков по копиру

ственно на столе станка, где оно фиксируется по пазу и закрепляется двумя болтами.

К корпусу 1 приспособления, имеющему форму угольника, прикреплены две направляющие планки 13, представляющие собой валы со снятыми лысками. По направляющим планкам, на которые установлены сепараторные втулки 12 с шариками 14, перемещается ползун 2. Шарик входит в зазор между направляющими планками 13 и цилиндрическими поверхностями отверстий в ползуне 2 с натягом 0,01—0,02 мм, что исключает возможность люфта при перемещении ползуна. Через подшипники 5, установленные в ползуне, проходит шпиндель 4, в переднее конусное отверстие которого устанавливается центр 3 с поводком.

На задней стороне шпинделя закрепляется копир 8, прижимающийся к копируемому ролику 7. На противоположной шпинделю стороне ползуна закреплена направляющая 19, по которой перемещается задняя бабка 15 с центром 10, находящимся под воздействием пружины. На шпиндель установлено червячное колесо 9, зацепленное с червяком 6. На валу червяка с одного конца установлен маховик 18 с рукояткой, а с другого — храповое колесо 16. При шлифовании кулачка его закрепляют на оправке, устанавливают между центрами ползуна и соединяют при помощи хомутка с поводком центра 3. Вращением маховика 18 посредством червяка 6 и червячного колеса 9 поворачивают шпиндель 3 в положение, при котором закрепленная в центрах заготовка оказывается обращенной к шлифовальному кругу самой высокой точкой профиля, а копир к ролику самой низкой. Затем, установив упоры переключения продольного хода станка так, чтобы при возвратно-поступательном ходе стола шлифовальный круг выходил за пределы шлифуемой заготовки с обеих сторон на 15—20 мм, включают продольный ход стола и вертикальным перемещением шлифовальной бабки врезаются вращающимся кругом в заготовку.

В процессе возвратно-поступательного хода стола сферический упор К, закрепленный на неподвижной части станка, толкает рукоятку 17, которая связана через шток с собачкой 11. Перемещаясь со штоком, собачка поворачивает на некоторый (регулируемый посредством винта) угол храповое колесо 16, а вместе с ним и шпиндель с заготовкой. Контрольная собачка 20 препятствует повороту храпового колеса 16 в направлении, противоположном вращению его под воздействием собачки 11. Врезание лимбом вертикальной подачи продолжается до окончания обработки всего профиля кулачка.

Как и у приспособления для шлифования кулачков на круглошлифовальном станке, в этом приспособлении применяется принцип обратного копирования, т. е. шлифовальный круг и копирующий ролик расположены с диаметрально противоположных сторон копира. Червячное колесо 9 имеет 24 зуба, таким образом за один оборот вала с червяком шпиндель делает $\frac{1}{24}$ оборота

или поворачивается на 15° . Храповое колесо 16 имеет 60 зубьев и при продвижении собачкой храпового колеса на один зуб деталь поворачивается на $15'$. При диаметре шлифуемого кулачка 70—80 мм такой поворот образует на поверхности кулачка прямую площадку шириной 0,07 мм, что создает отклонение радиус-вектора в пределах 0,002 мм. Такое отклонение практически неощутимо и полностью укладывается в допуски на изготовление кулачков. Учитывая, что деление производится автоматически, рабочий может совместить шлифование профиля кулачков с обслуживанием еще одного станка.

Шлифование кулачков с крутым подъемом профиля кривой вызывает особые затруднения (рис. 102). В этих случаях даже при заправке круга под углом или по дуге небольшого радиуса в процессе обработки одного радиус-вектора металл снимается также на соседнем большем радиус-векторе.

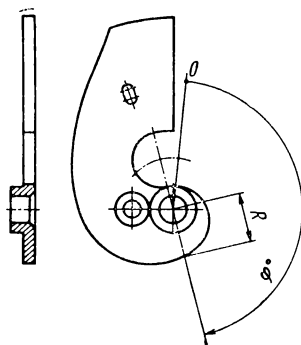


Рис. 102. Профиль кулачка с крутым подъемом кривой

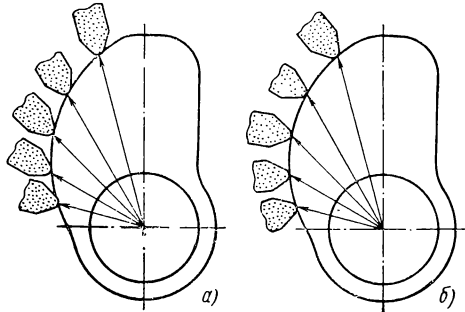


Рис. 103. Схема расположения шлифовального круга в разных точках профиля кулака на обычных шлифовальных станках (а) и на копировально-шлифовальных станках с двойным параллелограммом (б)

Наиболее рационально такие кулачки шлифовать на копировально-шлифовальных станках типа ЗП95 или фирмы «Studer» (Швейцария) при последовательном синхронном повороте вокруг оси обрабатываемой детали и копира (см. рис. 6). У этих станков двойной параллелограмм в процессе шлифования позволяет, поворачивая копирный палец, поворачивать головку с шлифовальным кругом в необходимое положение относительно обрабатываемой детали. Эта особенность конструкции станка дает возможность в процессе шлифования кулачков с крутым подъемом кривых у контура устанавливать ось шлифовального круга перпендикулярно обрабатываемому профилю в данной точке, что исключает возможность искажения профиля из-за срезания шлифовальным кругом радиус-вектора на смежном с обрабатываемым участке.

На рис. 103 показана схема расположения шлифовального круга относительно обрабатываемой поверхности кулачков с кру-

тым подъемом контура кривой на обычных профилешлифовальных станках и на станках с двойным параллелограммом, соединяющим копирный палец с шлифовальной головкой. Для шлифования контура кулачков очень важно правильно сделать копир. Копир изготавливают с увеличением в 4—5 раз по разметке, выполненной на координатно-расточном станке. Разметку и обработку производят в следующем порядке.

1. Ось поворотного стола совместить с осью шпинделя станка.

2. Закрепить на поворотном столе заготовку копира из металлического листа толщиной 1,5—2 мм и растачивать в ней базовое отверстие, от которого ведут отсчет координат.

3. Фрезеровать и растачивать предварительно, а затем окончательно поверхности, которые не ограничиваются радиус-векторами и базовые поверхности для установки копира на станке.

4. Возвращать стол в исходное положение, а затем перемещением его по одной из координат стола на величину радиус-вектора и поворотом стола на углы φ , заданные чертежом, произвести разметку механическим кернером, закрепленным в шпинделе станка.

5. Фрезеровать по разметке контур с припуском на припиловку, а затем припилить его, не допуская срезания накерненных мест больше половины их диаметра. Если копир обрабатывать другим методом (расточиванием или фрезерованием по координатным точкам), то даже при пользовании инструментом малого диаметра радиус-вектор смежного углового участка все равно будет срезан и у копира получатся погрешности контура, значительно превышающие допустимые техническими условиями.

Наряду с плоскими кулачками в машиностроении и приборостроении находят широкое применение кулачки с профилем, выполненным на торце цилиндрической поверхности (рис. 104). Такие кулачки применяются для автоматизации продольных перемещений отдельных устройств и узлов механизмов.

Шлифование торцовых кулачков чаще всего выполняется шлифовальными кругами малых диаметров. Поэтому для их обработки рационально использовать приспособления, устанавливаемые на внутришлифовальных станках, шпиндели которых позволяют развивать шлифовальному кругу достаточную скорость (рис. 105). Приспособление крепится основанием 1 к шпиндельной бабке внутришлифовального станка. С основанием 1 соединен кронштейн 23, положение которого при сборке с основанием опреде-

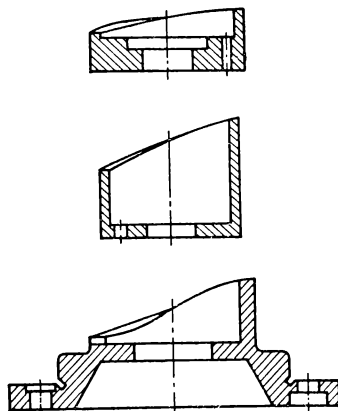


Рис. 104. Торцовые кулачки

ляется на станке по установу 27, вставляемому конусным хвостовиком в отверстие шпинделя. После закрепления кронштейна 23 установ удаляют из шпинделя и вместо него в шпиндель устанавливают конусную оправку 26. На кронштейн 23 крепят фланец 22, с которым собирают корпус 11 со стопорной втулкой 14 и вращающимся во втулке 24 зубчатым колесом 25. К корпусу 11

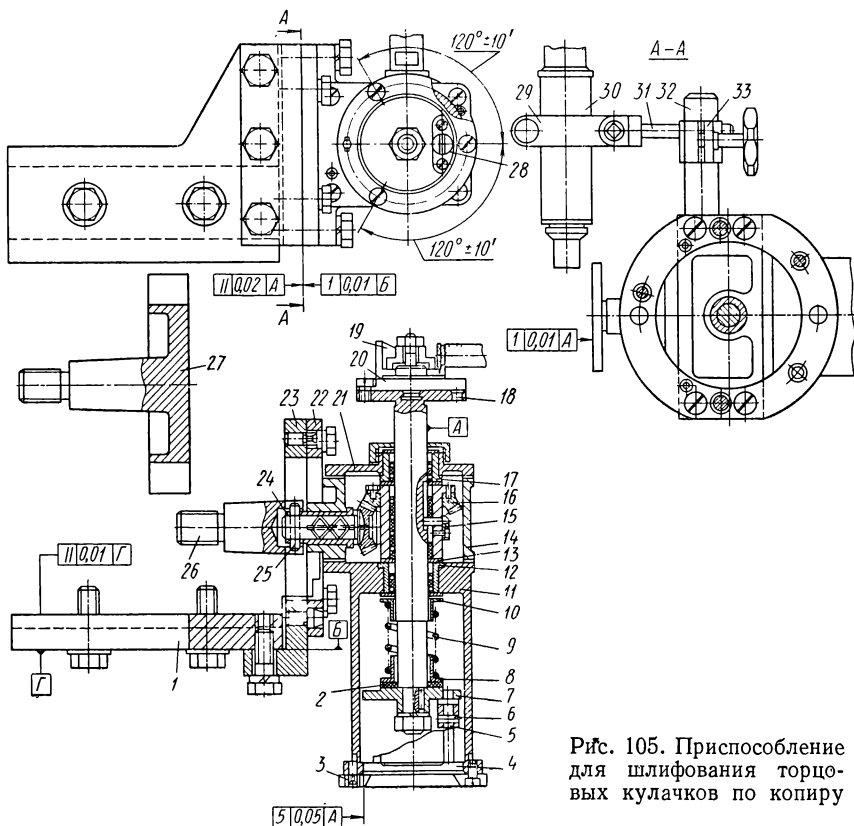


Рис. 105. Приспособление для шлифования торцовых кулачков по копиру

с одного торца крепится крышка 21. Через корпус 11 и крышку 21 проходит скалка 18, на которой установлены два сепаратора 12 и сепаратор 17. В сепараторах находятся шарики, которые входят в зазор между скалкой и втулкой с натягом 0,004—0,006 мм.

На втулке 13, соединенной со скалкой шпонкой 15, закреплен зубчатый венец 16, находящийся в зацеплении с колесом 25. На скалке неподвижно закреплен диск 7 и свободно установлены втулки 8 и 10, находящиеся под действием пружины 9. Между торцом втулки 8 и диском 7 установлены шарики 2, которые при вращении скалки дают возможность втулке 8 и пружине 9 не проворачиваться. На нижнем торце диска 7 закреплен держатель 28, в котором на оси 6 вращается ролик 5. Со стороны ниж-

него торца на стакане 11 устанавливается и фиксируется в определенном положении фиксатором 3 копир 4. Копир находится в постоянном контакте с роликом 5, который прижимается к нему пружиной 9. На торец скалки 18 закрепляется оправка 20 с обрабатываемой деталью 19. Шлифование торцевой поверхности кулачка производят в такой последовательности.

1. В шпиндель шлифовальной головки станка установить оправку с шлифовальным кругом.

2. Наружную поверхность круга править алмазом для устранения биения.

3. В посадочное гнездо стакана 11 установить копир.

4. На торцевую поверхность скалки закрепить оправку с обрабатываемой деталью.

5. Включить электродвигатели станка. Детали сообщить частоту вращения 80—120 об/мин. Шлифовальному кругу придать частоту вращения, соответствующую скорости его наружной поверхности 28—35 м/с.

6. Продольным перемещением шпиндельной бабки и поперечным перемещением шлифовальной головки ввести в контакт с деталью шлифовальный круг и продолжать лимбом поперечного перемещения шлифовальной головки врезание шлифовального круга до завершения операции. После окончания врезания для снижения шероховатости обработки выполнить выхаживание. Затем деталь снять и заменить другой.

Нередки случаи, когда профиль кулачка в радиальном сечении имеет форму дуги определенного радиуса (например, кулачок, показанный на рис. 105). В таких случаях заправленный на радиус шлифовальный круг подводят к торцу кулачка и с помощью микроскопа «Мир-2» совмещают радиусный профиль шлифовального круга с положением торца обрабатываемой детали. Микроскоп 30 при помощи хомутика 29 закрепляют винтом к стержню 31, который устанавливают в отверстие клеммы 33. Фокусировку обрабатываемой детали производят перемещением микроскопа в вертикальном положении на стойке 32, а в горизонтальном — передвижением стержня 31.

Шлифование профиля по копир-шаблону можно выполнять на любом плоскошлифовальном станке при использовании устройства, показанного на рис. 106. Устройство состоит из подставки 5, к которой прикреплен поворотный шаблонодержатель 6. На шаблонодержателе закреплен ролик, расположенный на расстоянии 100 мм от оси, соединяющей его с подставкой. Это позволяет использовать при установке шаблонодержателя на требуемый угол принцип синусной линейки. К шлифовальной бабке станка прикреплено устройство 9 с индикатором часового типа 8, наконечник которого соприкасается с рабочим контуром шаблона 7. Подставка закреплена на верхней наружной поверхности направляющей поперечного перемещения стола и перемещается вместе с ней. На столе станка закреплена поворотная синусная

магнитная плита 3, на которой устанавливается обрабатываемая деталь. Шлифование контура детали нужно производить в следующем порядке.

1. В шаблондержатель 6 закрепить шаблон с профилем, идентичным профилю, который требуется получить на обрабатываемой детали 2. На магнитной плите закрепить обрабатываемую деталь.

2. Шаблон с шаблондержателем и обрабатываемую деталь с синусной магнитной плитой повернуть на угол, при котором

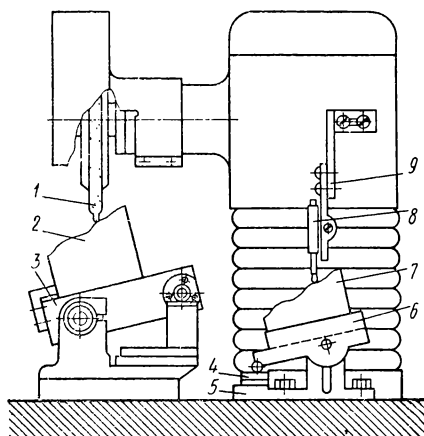


Рис. 106. Устройство к плоскошлифовальному станку для шлифования по копир-шаблону

перепады высоты между участками профиля наиболее и наименее удаленными от поверхности, расположенной горизонтально к столу станка, становятся минимальными. Поворот на идентичный угол синусной магнитной плиты и шаблондержателя производить с помощью наборов концевых мер 4, устанавливаемых под соответствующие ролики поворотных устройств.

3. В наконечник индикатора установить сферический наконечник, радиус сферы которого меньше наименьшего радиуса в контуре обрабатываемого профиля.

4. Шлифовальный круг 1 заправить по ширине до диаметра наконечника индикатора, а в поперечном сечении по дуге, равной радиусу этого наконечника.

5. Шлифовальный круг подвести к наивысшей точке шлифуемого контура, включить вращение круга и подвести его к обрабатываемой детали.

6. Наконечник индикатора подвести к наивысшей точке профиля шаблона и установить так, чтобы стрелка поднялась на 0,1—0,2 мм от нулевого деления.

7. Включить продольный ход стола и вертикальной подачей шлифовального круга снять основной припуск в данной точке, оставляя на чистовой проход 0,02—0,03 мм.

8. Поворотом циферблата индикатора совместить стрелку с нулевым делением.

9. Сместив стол лимбом поперечной подачи на 0,1—0,15 мм, врезаются вертикальной подачей до тех пор, пока стрелка индикатора снова не совпадет с нулевым делением шкалы. Такие поперечные и вертикальные перемещения производят на всей ширине обрабатываемого контура.

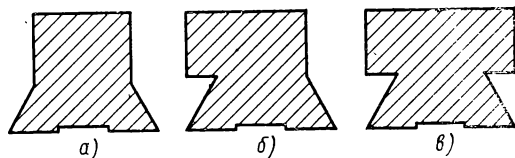
После чернового рабочего хода подправляют шлифовальный круг, возвращают его в исходное положение, врезаются на глубину до чистового размера детали в данной точке и повторяют операцию 9, следя за тем, чтобы поперечная подача не была излишне большой и чтобы после нее по контуру не оставались гребешки, превышающие по высоте допустимые отклонения на точность обработки.

ПРОФИЛЬНОЕ ШЛИФОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ В СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Шлифование призматических резцов. Заготовки призматический резцов состоят из двух частей — режущей (головки) и хвостовой. Хвостовая часть чаще всего имеет форму ласточкина хвоста. Режущая часть изготавливается из быстрорежущей стали или твердого сплава, хвостовик — из стали 45 или 40Х. Режущую часть и хвостовик скрепляют сваркой или пайкой. При обработке призматических резцов у них шлифуют боковые стороны, ласточкин хвост, профиль и переднюю поверхность.

Рис. 107. Конструкции хвостовой части призматических резцов:

а — открытый профиль; *б* — полуоткрытый; *в* — закрытый



Профиль хвостовой части может быть симметричным и асимметричным, подход к углам профиля ласточкина хвоста открытым, полуоткрытым и закрытым (рис. 107). Сообразно этому строятся типовые процессы шлифования углов ласточкина хвоста. Первой операцией обычно является шлифование боковых сторон. Для этого можно применить приспособление, показанное на рис. 108, где базирование производится по предварительно обработанному на фрезерном или строгальном станках углу, что при дальнейшей обработке угла сокращает трудоемкость шлифования и уменьшает износ шлифовального круга. Приспособление с закрепленными резцами устанавливают плоскостью *I* на магнитную плиту плоскошлифовального станка, прижав поверхностью *II* к установочной планке, и шлифуют плоскость *A* хвостовой части резца. Затем, не раскрепляя деталей, приспособление переустанавливают на магнитную плиту плоскостью *III* и шлифуют плоскость *B* хвостовой части резца.

Приспособление для шлифования боковых сторон резца изготовляют из расчета одновременной обработки нескольких деталей. Плоскость *C* резца шлифуют под прямым углом к плоскостям *A* и *B* чаще всего в лекальных тисках (см. рис. 35).

Хвостовики с открытым профилем угла (см. рис. 115), шлифуют в магнитной призме непрофилированным шлифовальным кругом (рис. 109), хвостовики с закрытым профилем угла — кругом, заправленным под углом 60° . Резец закрепляют в положении,

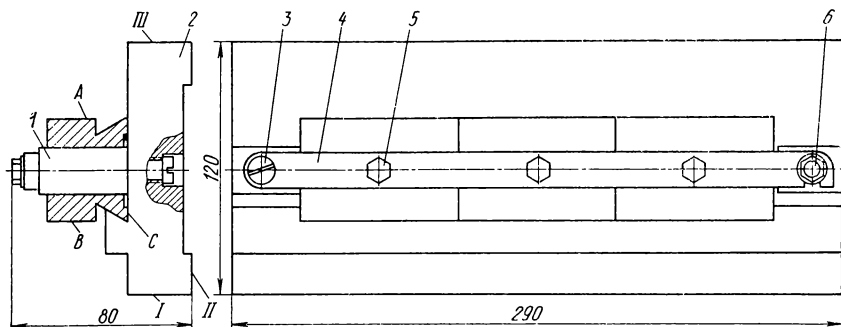


Рис. 108. Приспособление для шлифования боковых сторон призматических резцов:

1 — колонка; 2 — корпус; 3 — ось прижимной планки; 4 — прижимная планка; 5 — болты для зажима резцов; 6 — зажим крепежной планки

при котором плоскость *C* перпендикулярна поверхности магнитной плиты. При возможности для этого используют (как базовые поверхности) плоскости *A* и *B* (см. рис. 108), которыми резец

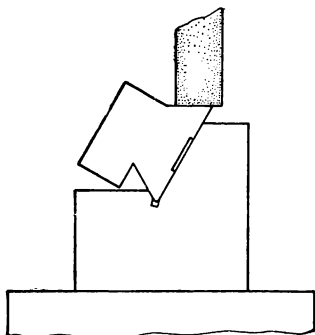


Рис. 109. Схема шлифования хвостовика в магнитной призме непрофилированным кругом

устанавливают на магнитную плиту, прижав поверхность *C* к направляющей планке магнитной плиты. Шлифование производят вертикальной подачей шлифовального круга по схеме, показанной на рис. 80. Шлифование углов в призматических резцах с полуоткрытым профилем ласточкина хвоста выполняют комбинированным путем: одну сторону в магнитной призме непрофилированным кругом, а вторую профилированным кругом (см. рис. 80).

Если для шлифования хвостовой части призматических резцов могут быть применены два типовых технологических процесса, то при шлифовании профиля режущей части резца приходится

в каждом отдельном случае, в зависимости от материала и характера профиля, решать, на каком оборудовании рациональней выполнить шлифование, выбирать количество и последовательность операций и переходов.

При шлифовании профиля партии призматических резцов надо учитывать, что для исключения необходимости подналадок станка при замене притупившегося и вышедшего из строя в процессе

эксплуатации инструмента положение профиля режущей части всех резцов партии должно быть увязано с положением профиля хвостовой части. Для этого при шлифовании профиля на любом виде оборудования необходимо резец устанавливать в специальное приспособление (рис. 110), где всю обработку и контроль профиля ведут от поверхности *А*.

Призматические резцы, у которых профиль образуется сочетанием угловых участков с дугами малого радиуса, имеющие жесткие допуски на изготовление, чаще всего обрабатывают на профилешлифовальных станках. Для шлифования резцов с поверхностями профиля, перпендикулярными опорной плоскости стола, ход шлифовальных салазков перед началом работы выверяют на перпендикулярность столу заготовок.

Для проверки хода салазков на стол станка устанавливают призму с точно выполненными взаимно перпендикулярными сторонами. К салазкам с помощью стойки и хомутика прикрепляют индикатор. При ходе салазок ножка индикатора перемещается по плоскости контрольной призмы и показывает отклонения от перпендикулярности. Корректировку хода производят поворотом салазок по дуговым направляющим.

После закрепления приспособления со шлифуемой деталью на координатном столе верхнюю плоскость резца фокусируют относительно объектива проектора. Затем устанавливают длину хода салазок шлифовального круга. В верхнем положении холостой ход салазок шлифовального круга должен составлять 5—7 мм. Это делается для того, чтобы дольше просматривать участок шлифуемого профиля, не затемняя его шлифовальным кругом. В нижнем положении холостой ход салазок не должен превышать 2—4 мм.

На координатном столе вначале закрепляют приспособление (см. рис. 110), в которое затем устанавливаются резцы. При установке и закреплении приспособления на координатном столе плоскость *А* приспособления должна быть установлена параллельно направлению поперечного перемещения координатного стола. Это делается для того, чтобы шлифуемый резец размещался на координатном столе так, чтобы оси его прямоугольных координат совпадали с направлением перемещения салазков координатного стола. При этом перемещение резца с помощью поперечных и продольных салазков координатного стола, а также устройств программного управления или по блокам концевых мер при

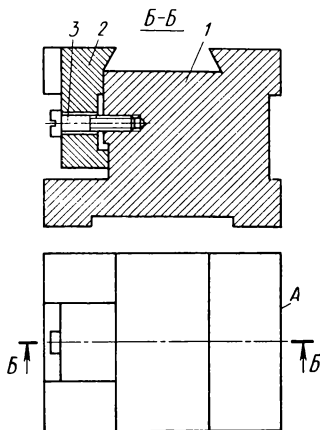


Рис. 110. Приспособление для закрепления призматических резцов при шлифовании режущей части:

1 — корпус; 2 — прижим; 3 — зажимной винт

работе на станках с ручным управлением будет соответствовать чертежу, а показания шкал угловых поворотов салазок шлифовальной головки — значениям углов профиля на чертеже. Профиль контролируют сравнением его проекции на экран с увеличенным чертежом профиля, установленным на проекторе. Следовательно, увеличенный чертеж и обрабатываемая деталь должны быть правильно установлены относительно друг друга.

Правильное расположение резца в установочном приспособлении, закрепленном на координатном столе, достигается проверкой по ранее отшлифованным боковым поверхностям и установочным граням, лежащим в направлении движения координатного стола. В процессе проверки соответствующая поверхность при движении салазок не должна отклоняться от какой либо заранее намеченной определенной точки увеличенного чертежа, закрепленного на экране проектора станка. Для установки самого чертежа на экране проектора пользуются базовыми линиями увеличенного чертежа детали, которые должны быть параллельными и перпендикулярными направлению перемещения координатного стола, поэтому совпадение боковых поверхностей и установочных поверхностей резца с базовыми линиями чертежа на экране на всем их протяжении может определить правильность установки как детали, так и чертежа. Иногда чертеж устанавливают по изображению спроектированной на экран тонкой грани вспомогательного угольника, который располагают внутренними поверхностями к салазкам координатного стола.

Прямолинейные участки профиля обрабатывают в процессе перемещения либо продольных, либо поперечных салазок шлифовального суппорта. Это перемещение может производиться механически или вручную. Для обработки наклонных поверхностей соответствующие салазки поворачиваются на заданный чертежом угол. Криволинейные участки шлифуют на станках с программным управлением. На оптических профилешлифовальных станках других типов эта операция производится вручную при одновременном перемещении продольных и поперечных поворотных салазок шлифовального суппорта. При этом дуги обрабатывают до полного совпадения их изображения на экране проектора с увеличенным чертежом.

На рис. 111 показан профиль призматических резцов, режущая часть которых изготовляется из разных материалов. После шлифования хвостовой части резца дальнейшая обработка производится в следующем порядке. Поверхность *A* шлифовать на плоскошлифовальном станке до размера 35С, а поверхности *B* и *C* — на размер $42 \pm 0,05$ мм. Для резцов, изготавливаемых из твердого сплава, наиболее рациональным методом дальнейшего шлифования профиля является обработка на профилешлифовальных станках по проекторному чертежу. Приняв за базу поверхность *C*, вычертить в масштабе (на проекторном чертеже) 50 : 1 с учетом размеров характерных точек оба крайние участка профиля с уг-

лами 30° и радиусом $R = 1$ мм и участок профиля с координатой $17,5 \pm 0,05$ мм. Затем, установив на проекторе станка проекторный чертеж и закрепив на координатном столе приспособление (см. рис. 110), установить в него обрабатываемый резец и, совместив с чертежом поверхности C и A , шлифовать с одной стороны профиль под углами 30° , 60° и радиусом $R = 1$ мм. Применив концевые меры длины размером 14,5 мм, а затем 13 мм, шлифовать участки профиля с двойными углами 60° и радиусами 1 мм. Затем, снова переместив деталь концевой мерой длиной 12,37 мм, обработать четвертый участок профиля.

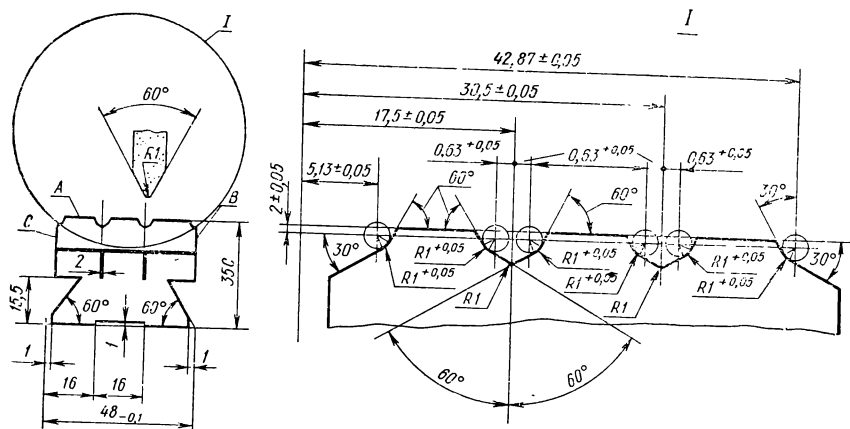


Рис. 111. Призматический резец с симметричным расположением элементов профиля

Шлифование целесообразно производить алмазным кругом формы А2П с углом профиля 40° . Хорошие результаты при обработке подобных резцов показали круги из алмазов марки АСВ зернистостью 80/63—50/40 на связках М5-8 и М0-13 с концентрацией алмазов 150%. При шлифовании резцов такого профиля, но с режущей частью из быстрорежущей стали, хорошие результаты показали круги из электрокорунда белого марки Э9А зернистостью 10-8, твердостью СМ1-СМ2 на керамической связке. Учитывая характер профиля резца, обработку целесообразно вести кругом с боковыми сторонами, имеющими профиль 60° и радиус при вершине $R = 1$ мм, что значительно снижает трудоемкость обработки всего профиля. Такой профиль круга на оптических профилошлифовальных станках может быть заправлен вручную с помощью приспособления, показанного на рис. 112. Раздвижные планки приспособления дают возможность направлять круг под углом 30° и более, а перемещая алмаз вдоль оси державки, можно изменять радиус у вершины круга.

Профиль резца (рис. 113) после шлифования ласточкина хвоста и плоскостей на размеры 35С и $45 \pm 0,2$ мм можно

шлифовать методом врезного шлифования на плоскошлифовальном станке. Для этого круг профилировать универсальным приспособлением по следующему технологическому процессу (рис. 114).

1. Вершину алмаза установить в нулевое положение (на размер A от основания).

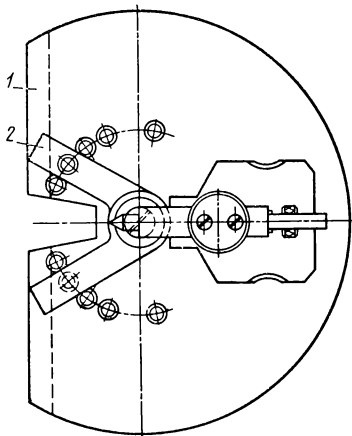
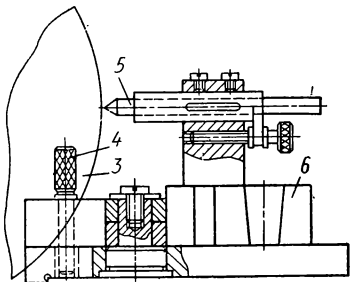


Рис. 112. Приспособление для ручной правки круга на шлифовальных станках:

1 — основание; 2 — раздвижные планки; 3 — шлифовальный круг; 4 — фиксатор; 5 — алмаз; 6 — державка алмазодержателя

2. Приспособление устанавливать на магнитную плиту вплотную к планке. Ось алмаза совмещать с осью круга и шлифовальный круг править по периферии.

3. Кронштейн 12 (см. рис. 45) приспособления поворачивать на 90° так, чтобы вершина алмаза встала в горизонтальное положение и вертикальным перемещением шлифовального круга (при врезании алмазом за счет поперечного перемещения стола) править торец. В процессе дальнейшей правки круга стол в поперечном направлении перемещаться не должен, а подачи врезания алмаза выполнять вертикальным перемещением шлифовальной бабки станка.

4. На плоскость N приспособления, под правый валик 5, установить набор концевых мер M для поворота оси на 30° ; $M = C + 50 \sin 30^\circ = 70 + 50 \cdot 0,5 = 95$ мм. Отвести ручку 22 и поворотом маховика 4 подвести вал 5 вплотную к набору концевых мер M , стопорить винтом 24 всю поворотную систему и подвести левый упор 27 к фиксатору 26 (см. также рис. 85, 86). В таком положении приспособление настроено для профилирования угла 30° .

5. Освободить стопор 24 и под вал 5 установить набор концевых мер M для поворота диска с валами на угол 60° ; $M_1 = C + 50 \sin 60^\circ = 70 + 50 \cdot 0,866 = 113,3$ мм. Поворот на 60° фиксировать подводом правого упора 27 к фиксатору 26 и закреплять его. Этой настройкой в приспособление вводятся программы профилирования углов 30 и 60° с одной стороны круга.

6. Развернув кронштейн 14 на 30° (т. е. повернув маховик 4 до соприкосновения левого упора 27 с фиксатором 26 и зажав стопор 24), править профиль круга под углом 30° вертикальным перемещением шлифовальной бабки. Закончив профилирование

угла 30° , установить упоры ограничения вертикальной подачи шлифовальной бабки в нулевое положение.

7. Развернуть кронштейн 12 на угол 60° , для чего освободить стопор 24, подвести к фиксатору 25 правый упор 27 и зажать стопор 24.

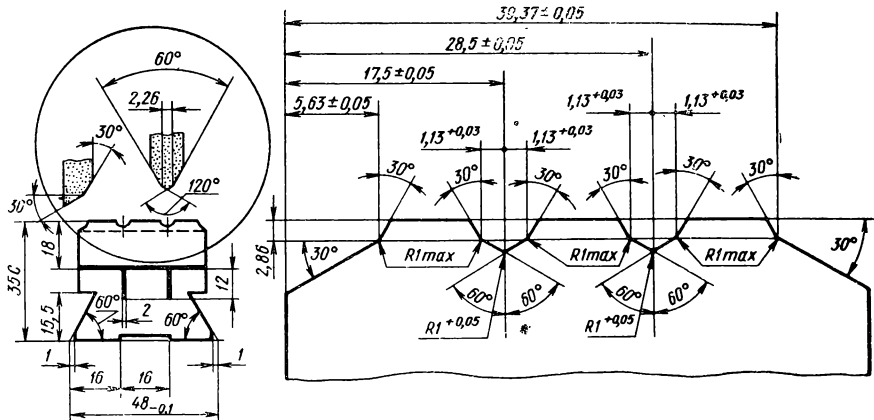


Рис. 113. Профиль призматического резца

8. Поднять вверх шлифовальную бабку. Переместить универсальное профилирующее приспособление на 8 мм, для чего поместить концевую меру длины размером 8 мм и, опуская шлифоваль-

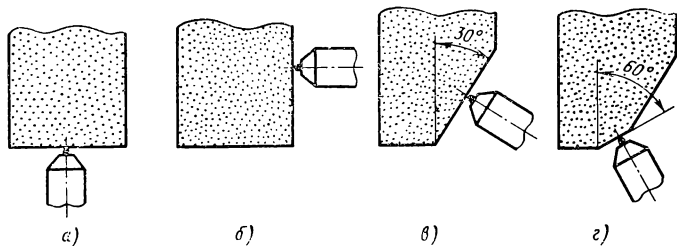


Рис. 114. Схема заправки шлифовального круга для шлифования
профиля резца:

a — заправка периферии; *б* — заправка торца; *в* — профилирование угла 30°; *г* — профилирование угла 60°

ную бабку вниз, править профиль под угол 60° , производя врезание алмазом до тех пор, пока упоры ограничителя вертикальной подачи не возвратятся в нулевое положение. Профилирующее приспособление не обязательно перемещать именно на 8 мм. Размер может быть и другим, но он должен быть больше 5,63 мм, оговоренного чертежом реза.

Для того чтобы резец установить в нужное положение относительно шлифовального круга, между плоскостью A приспособ-

ления (см. рис. 110) и установочной планкой магнитной плиты поместить набор концевых мер длины

$$B_1 = (B - 50) + (8 - 5,63),$$

где B — размер от оси до установочных выступов приспособления для профилирования круга; 50 — расстояние от плоскости A до оси приспособления; 8 — размер, выбранный для перемещения приспособления; 5,63 — размер, заданный чертежом.

Прижав приспособление к концевой мере длины размером B_1 , врезным шлифованием вести обработку до глубины 2,86 мм (чертежный размер). Развернув приспособление на 180° , повторить обработку участка профиля со второй стороны резца. Для шлифования в резце пазов под углами 120° и 60° выдерживать размеры $1,13 \pm 0,05$; $17,5 \pm 0,05$ и $30,5 \pm 0,05$ мм. Круг профилируют в следующем порядке.

1. Универсальное приспособление с алмазом, установленным в нулевое положение (на размер A от основания), настроить на профилирование симметричного профиля под углом 120° (аналогично настройке по рис. 85).

2. Приспособление установить на магнитную плиту и прижать к пластине толщиной 1,13 мм, которую помещают между установочными выступами приспособления и установочной планкой магнитной плиты.

3. Шлифовальный круг поперечным перемещением стола установить над алмазом так, чтобы алмаз был примерно в середине его.

4. Править профиль шлифовального круга с каждой стороны под угол 60° до пересечения обеих заправляемых сторон под углом 120° , производя врезание лимбом вертикальной подачи на одинаковую глубину с обеих сторон. На станке установить упоры ограничения вертикальной подачи шлифовальной бабки в нулевое положение.

5. Наладить приспособление для профилирования симметричного профиля под углом 60° . Удалить пластину толщиной 1,13 мм, прижать приспособление непосредственно к установочной планке магнитной плиты и профилировать соответствующую сторону круга под углом 30° до возвращения упоров ограничения вертикальной подачи к нулевому положению.

6. Между приспособлением и установочной планкой магнитной плиты поместить пластину толщиной 2,26 мм и править вторую сторону круга под углом 30° .

7. Установить приспособление (см. рис. 110) с закрепленным в нем резцом на магнитную плиту, поместив между плоскостью приспособления и установочной планкой магнитной плиты набор концевых мер

$$B_2 = (B - 50) + (28,5 - 22,5),$$

где B — размер по рис. 45; 50 — расстояние от плоскости A до оси приспособления (см. рис. 110); 28,5 и 22,5 — размеры на чертеже.

После этого вертикальной подачей шлифовального круга обработать паз размером 28,5 и 2,86 мм.

8. Вновь установить приспособление (см. рис. 110) с закрепленным в нем резцом на магнитную плиту, пользуясь набором концевых мер $B_3 = (B - 50) + (22,5 - 17,5)$, и шлифовать второй паз, имеющий координату $17,5 \pm 0,05$ мм.

На рис. 115 показан призматический резец для обработки деталей с фасками под углами 30° . У этого резца весь профиль

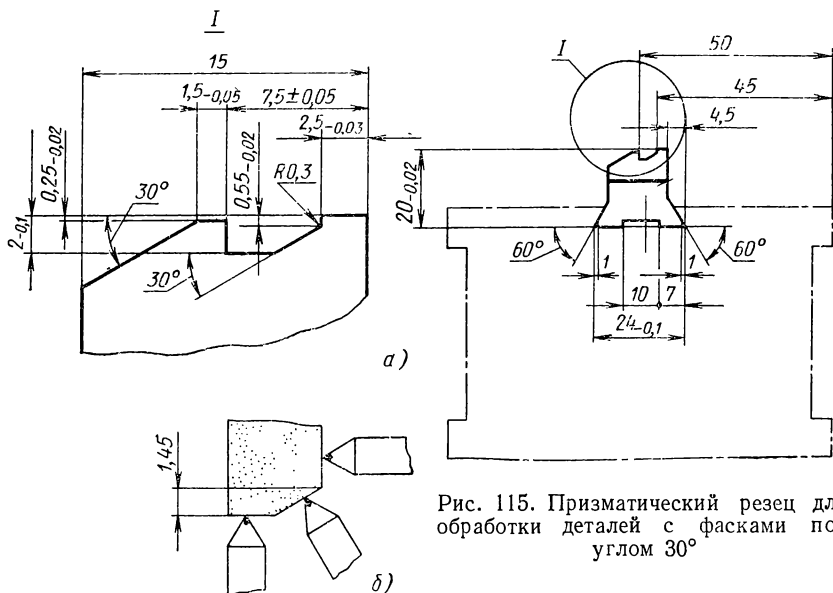


Рис. 115. Призматический резец для обработки деталей с фасками под углом 30°

шлифуют на плоскошлифовальном станке. Первую оперецию шлифования профиля резца производят непосредственно на магнитной плите (рис. 115, а). При этом шлифуют плоскости на размер $20_{-0,02}$ и $0,25_{-0,02}$ мм. Дальнейшая обработка выполняется в приспособлении, показанном на рис. 110. Профилирование шлифовального круга для обработки угла 30° , размеров $2,5_{-0,03}$, $0,55_{-0,02}$ и $7,5 \pm 0,05$ мм производят на круге шириной 5 мм по следующей схеме.

1. Универсальное приспособление с алмазом установить на магнитной плите вплотную к установочной планке (см. рис. 45).

2. Развернув кронштейн приспособления на 90° , профилировать торец круга и при наличии индикаторного ограничителя поперечной подачи фиксировать на нем нулевое положение.

3. Возвратив кронштейны приспособления в исходное положение, заправить круг по периферии, после чего, не меняя положения шлифовальной бабки, индикаторным ограничителем вертикальной подачи (см. рис. 3) фиксировать нулевое положение.

4. Поперечным перемещением стол возвратить в положение, которое он занимал по окончании правки торца, в соответствии с п. 2 и фиксировать это положение.

5. Повернув с помощью набора концевых мер, установленных на плоскости *N*, кронштейн 12 (см. рис. 45) на 30° , профилировать угол на шлифовальном круге до глубины врезания 1,45 мм, которую определяют индикаторным ограничителем вертикальной подачи и по лимбу шлифовальной головки (рис. 115,б).

6. С магнитной плиты снять приспособление для правки круга, очистить плиту от абразивной пыли и грязи и установить на нее

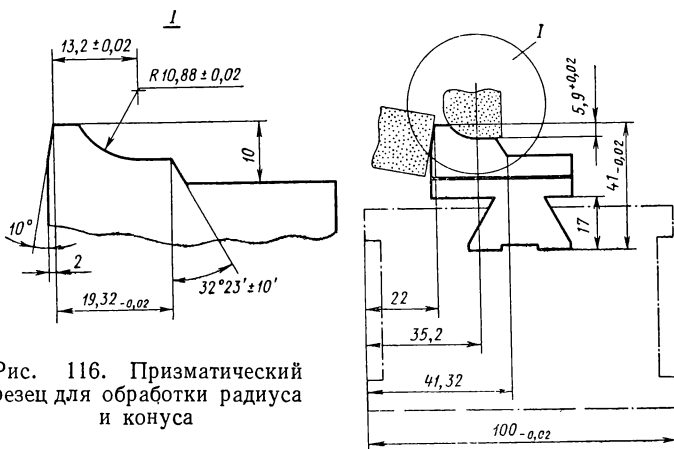


Рис. 116. Призматический резец для обработки радиуса и конуса

приспособление с закрепленным в нем резцом, прижав приспособление поверхностью *A* к установочной планке магнитной плиты.

7. Вертикальным перемещением шлифовальной бабки и поперечным перемещением стола (при возвратно-поступательном ходе его) шлифовать профиль до размеров $2,5_{-0,05}$, $0,55^{+0,02}$ и $7,5 \pm 0,05$ мм. При этом размер $2_{-0,1}$ мм должен получиться автоматически. Шлифование производить с выхаживанием до шероховатости $Ra = 0,32$ мкм.

8. Повернув магнитную плиту на 30° и установив на нее приспособление с резцом, шлифовать непрофилированным кругом угол 30° до размера $1,5_{-0,05}$ мм. Для шлифования на плоскошлифовальном станке призматического резца с профилем, образованным из дуг, касательных и углов, подготовить технологическую схему, в которой увязываются размеры профиля резца с размерами приспособления для его закрепления (рис. 116). Первой операцией обработки профиля является шлифование плоскости по размеру $41_{-0,02}$ мм. Затем резец установить в приспособление, показанное на рис. 110 и выполнить все последующие операции.

Профилирование круга для шлифования профиля по радиусу 10,88 мм и касательной к нему плоскости проще всего производить приспособлением, показанным, на рис. 48, применив сменный алмазодержатель (см. рис. 50, б). Для настройки приспособление устанавливают на контрольную плиту. Головку 23 (см. рис. 48) устанавливают так, чтобы колонки 8 были параллельны основанию приспособления, а вершина алмаза совпадала с осью перемещения головки. Вершину алмаза устанавливают ниже оси вала 15 на 10,88 мм. Для этого на плоскость регулируемого установа ставят набор концевых мер 10,88 мм. Рычажный индикатор, закрепленный на стойке штангенрейсмуса, устанавливают с натягом $0,1_{-0,15}^{+0,15}$ мм относительно плоскости С приспособления, после чего стрелку совмещают с нулевым делением шкалы индикатора. Под шарик индикатора подводят регулируемый установ и поднимают ползун до касания с концевой мерой и совпадения стрелки индикатора с нулевым делением шкалы.

Снимают с ползуна регулируемого установа набор концевых мер и устанавливают нулевое положение рычажного индикатора при соприкосновении его с площадкой, на которой находилась концевая мера длины (т. е. опускают его вниз на 10,88 мм). Головку 23 с алмазодержателем подводят под шарик индикатора, выверяют вершину алмаза по нулевому положению индикатора и закрепляют винтом 25 (см. рис. 49).

На плоскость N (см. рис. 48) планки 27 устанавливают набор концевых мер длины размером 50 мм. Прижимают к нему вал 28 (при горизонтальном расположении скалок 8) и подводят один из упоров 30 к штифту 32, закрепив его так, чтобы он препятствовал вращению рукоятки 20 в направлении вращения по часовой стрелке. После настройки приспособление устанавливают на магнитную плиту плоскошлифовального станка и плоскость K прижимают к упорной планке магнитной плиты. Продольным перемещением стола приспособление устанавливают так, чтобы вершина алмаза совпадала с вертикальной плоскостью, проходящей через ось шлифовального круга.

Рукоятку 20 поворачивают на 90° против вращения часовой стрелки так, чтобы вершина алмаза встала в горизонтальное положение острием к шлифовщику. Поперечным перемещением стола и вертикальным перемещением шлифовальной бабки подводят алмаз к задней кромке шлифовального круга. Рукоятку 20 покачивают так, чтобы вершина алмаза из горизонтального положения перемещалась в вертикальное, и, наоборот, лимбом вертикальной подачи шлифовального круга заправляют радиус $R = 10,88$ мм на противоположной шлифовщику стороне шлифовального круга. Когда дуга по своей величине начнет приближаться к $\frac{1}{4}$ окружности, на рукоятку 20 при вращении ее по часовой стрелке после того, когда упор 30 коснется фиксатора 32, продолжают нажимать. При этом зубчатое колесо 25, взаимодействуя с рейкой 24, перемещает каретку 9 в горизонтальном направлении

по касательной к дуге радиуса 10,88 мм. Продолжая править круг, получают профиль, образованный дугой радиуса 10,88 мм и горизонтальной касательной к радиусу. Теперь до окончания шлифования радиуса поперечное перемещение стола не допускается.

Так как размер L приспособления равен 65 мм, то и расстояние от упорной планки магнитной плиты до центра радиуса на круге также равно 65 мм. Сняв с магнитной плиты приспособление для правки круга, очищают плиту от абразивной пыли и грязи и устанавливают на нее приспособление с закрепленным

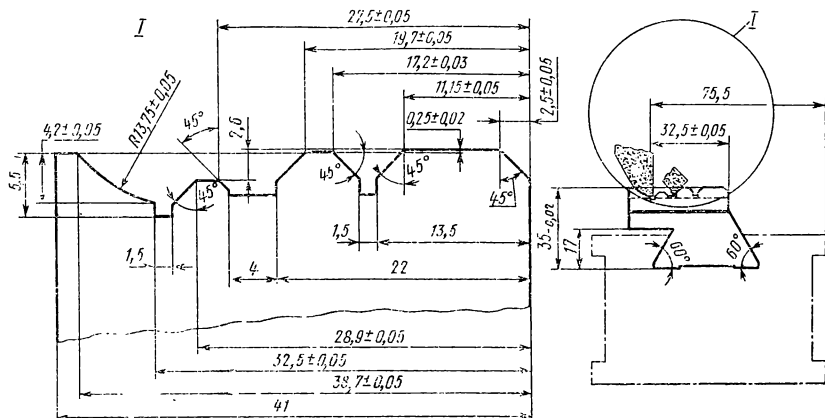


Рис. 117. Профиль и схема шлифования резца для обработки шести фасок под углом 45° и дуги

резцом. Как видно из рис. 116, расстояние от опорной поверхности приспособления до центра радиуса 10,88 мм равно 35,2 мм. Учитывая это, между упорной планкой магнитной плиты и поверхностью A приспособления помещают пластину размером $65 - 35,2 = 29,8$ мм. При такой установке приспособления шлифуют дугу и касательную к ней плоскость до размера $5,9^{+0,02}$ мм. Углы $32^\circ 23'$ и 10° шлифуют непрофилированным кругом при повороте магнитной плиты на соответствующий угол.

Профиль резца (рис. 117) обрабатывают в такой последовательности. Сначала шлифуют плоскость на размер $35_{-0,02}$ мм и уступы $0,25 \pm 0,02$ и $2,6 \pm 0,02$ мм. Для шлифования уступов применяют шлифовальный круг шириной 12—16 мм. Далее шлифуют шесть поверхностей под углами 45° . Для этого пользуются магнитной синусной плитой, повернутой на 45° .

Приспособление, показанное на рис. 111, с закрепленным в нем резцом устанавливают на магнитную плиту и базируют по установочной планке. Обработку производят периферией непрофилированного круга. Для контроля размеров в точках пересечения прямых и наклонных линий пользуются методом, разработанным П. М. Ладутько (см. стр. 167). Для шлифования ра-

диусного участка профиля также применяют шлифовальный круг шириной 16 мм. Профилирование по дуге радиусом $R = 13,75$ мм производят универсальным приспособлением, показанным на рис. 45.

Как видно из схемы (см. рис. 117), расстояние от базовой поверхности приспособления до оси радиуса $R = 13,75$ мм равно 75,5 мм, а у приспособления, которое применяется для профилирования круга, $B = 57,6$ мм.

С целью исключения дополнительной настройки для получения размера $32,5 \pm 0,05$ мм при шлифовании дуги оба расстояния нужно уравнивать. Для этого между установочной планкой магнитной плиты и опорными выступами приспособления для профилирования круга помещают планку шириной $K = 75,5 - 57,6 = 17,9$ мм. Круг профилируют по схеме, приведенной на рис. 87. Дальнейшая обработка состоит из врезного шлифования радиуса до размера $38,7 \pm 0,05$ мм, при этом размеры $4,2 \pm 0,05$ и $32,5 \pm 0,05$ мм получаются автоматически.

Шлифование профилировочных роликов может производиться на круглошлифовальном и резьбошлифовальном станках врезным шлифованием и на оптических или копировальных шлифовальных станках с применением устройств для круглого шлифования.

Для профилирования шлифовального круга при врезном шлифовании могут быть использованы универсальные приспособления (см. рис. 51), приспособления к круглошлифовальному станку для профилирования круга по шаблону (см. рис. 57) и накатные ролики для профилирования шлифовального круга. Шлифование производят в центрах или в конусе шпинделя передней бабки станка, устанавливая ролик на оправке с буртом и закрепляя его гайкой. Чтобы в процессе шлифования партии роликов на индивидуальных оправках при установке на центра новой оправки с роликом не требовалось подналадки при согласовании размеров профиля ролика с базой от торца, торцы буртов у всех оправок должны иметь одинаковый размер относительно конуса центрового гнезда или относительно конуса Морзе. Для этого торцы буртов у оправок шлифуют до упора по индикаторному указателю продольного хода круглошлифовального станка. Размеры сравнивают рычажным индикатором в вертикальных центрах (рис. 118, а) или конусной втулке (рис. 118, б). Отклонение размеров во всей партии применяемых оправок не должно превышать 0,01 мм.

Важным условием получения точного профиля в процессе шлифования на оправке является перпендикулярность торца зажимной гайки оси резьбы. При нарушении этого условия гайка при зажиме ролика может согнуть оправку, в результате чего после обработки профиль ролика не будет концентричным оси посадочного отверстия. Для устранения этого резьбу на оправке желательно окончательно обрабатывать на резьбошлифовальных

станках, а торцы гаек подрезать или шлифовать на резьбовых оправках.

Наиболее простым процессом является шлифование профиля комплекта радиусных роликов, показанных на рис. 119. Ролики, у которых предварительно шлифуют отверстия и торцы, насаживают на центровые оправки с буртом и закрепляют гайкой.

Профилирование шлифовального круга по дуге радиуса $12^{+0,02}$ мм производится универсальным приспособлением (см.

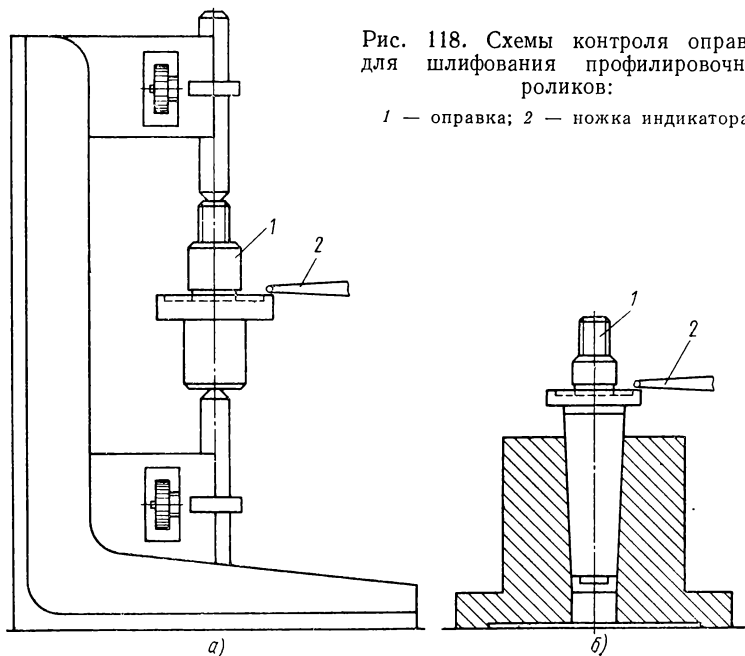


рис. 51) на круге шириной 25 мм, проверенном алмазом по наружной поверхности и отбалансированном с необходимой точностью. После установки приспособления на стол станка устанавливают ползун 10. Для этого, установив по шаблону 9 алмаз в оправке 8 в нулевое положение, помещают на поворотный столик 15 между упором 16 и планкой 13 блок концевых мер размером 55—12 мм. Учитывая сравнительно небольшие размеры профилируемой дуги, алмаз может быть установлен не по блоку концевых мер, а смещением ползуна 10 с помощью лимба микровинта 2. Затем приспособление перемещением стола устанавливают так, чтобы вершина алмаза заняла относительно круга среднее положение. Включают вращение круга и, совершая колебательные движения столика 15 в обе стороны, вокруг оси 22, вращением маховика поперечной подачи шлифовальной бабки заправляют круг.

Для более производительной работы процесс первичной правки круга может быть разделен на две части: предварительная (грубая) правка алмазным карандашом марки С и окончательная правка однокристалльным алмазом в оправке. Последующие правки для восстановления работоспособности затупленного круга производят только алмазом в оправе. После правки круга приспособление снимают со станка и в центрах устанавливают оправку с хомутиком и закрепленным на ней роликом.

При шлифовании первого ролика круг подводят к ролику и по искре определяют, что он одновременно касается заправленным профилем обеих сторон обрабатываемого участка. Затем при включенном охлаждении врезным шлифованием, с последовательным выхаживанием, шлифуют профиль на полную глубину. После окончания обработки круг отводят, вынимают оправку из центров, снимают прошлифованный ролик и закрепляют на оправке следующий ролик. При обработке второго и последующего роликов шлифование должно вестись только поперечной подачей шлифовального круга. При такой обработке расстояние от торца до оси радиуса у всех роликов получается одинаковым, что упрощает комплектовку роликов по парам и замену изношенных роликов.

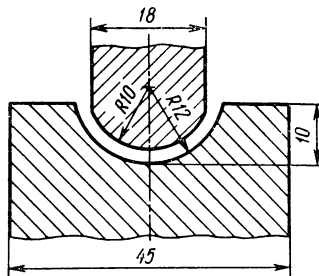


Рис. 119. Ролик с радиусным профилем

Если стол станка достаточен по своей длине для того, чтобы за задней бабкой можно было установить приспособление для правки круга, его можно закрепить стационарно и не снимать между правками. Чтобы каждый раз при повторных правках шлифовального круга не нужно было находить заново положение алмаза относительно заправляемого профиля после первой правки передвижной упор на станке подводят к индикаторному указателю продольного перемещения стола или упору микроподачи, а затем стол при правке круга устанавливают в это же положение.

Для шлифования противоположного ролика с внешней дугой у шлифовального круга должна быть заправлена обратная дуга по радиусу 10 мм. Для этого алмаз профилирующего приспособления из нулевого положения подают вперед на 10 мм. Это делают с помощью лимба микроподачи 2 или путем установки между упором 16 и планкой 21 блока концевых мер длины размером $55 + 10$ мм. Профилирование круга производят на глубину несколько больше (на 0,2—0,3 мм) высоты профиля ролика. Ролик с внешней дугой шлифуют так же, как и ролик с обратным профилем. Ролик II в комплекте, показанном на рис. 120, шлифуют кругом III, а ролик I — кругом IV.

Профилирование круга выполняют в следующем порядке. Заправляют угол α с двух сторон круга, для чего из геометрических построений определяют размер K :

$$K = 2R \operatorname{tg} \frac{90 - \alpha}{2}.$$

При $R = 16$ мм; $\alpha = 20^\circ$ $K = 32$, $\operatorname{tg} 35^\circ = 22,4$ мм. Учитывая, что ширина круга равна B , определяют величину l :

$$l = \frac{B - K}{2} \cos \alpha.$$

При $B = 40$ мм, $K = 22,4$ мм, $\alpha = 20^\circ$

$$l = \frac{40 - 22,4}{2} 2,924 = 25,73 \text{ мм.}$$

Установив универсальное приспособление на стол станка, выставляют ползун 10 (см. рис. 51) по концевой мере длины, равной 55 мм, и алмаз по шаблону 9 в нулевое положение относительно оси 22. Затем правят шлифовальный круг поверху и замечают показание лимба маховика поперечной подачи шлифовальной бабки. На основание приспособления вплотную к планкам 6 с обеих сторон ролика 24 помещают наборы концевых мер, размер которых $M = 6,1$ мм. Это дает возможность поворотному столику 15 устанавливаться в обе стороны под углом 70° ($90 - 20^\circ$). Величина устанавливаемого на основание набора концевых мер

$$M = 100 [1 - \sin (90^\circ - \alpha)].$$

Слегка освободив винт 19, поворачивают столик 15 вправо до упора роликом 24 в соответствующий набор концевых мер. Зажимают винт 19 и освобождают стопор 5. Вращением штурвала 4 сообщают каретке 6 возвратно-поступательное движение. Продольным перемещением стола шлифовального станка подводят алмаз к шлифовальному кругу и, подавая круг маховиком механизма подачи шлифовальной бабки (см. рис. 4), правят его до образования углового профиля на длине примерно 26 мм (замер производить штангенциркулем). Заметив показание лимба маховика поперечной подачи, фиксируют положение стола с помощью индикаторного указателя 6 и передвижного упора 4. Затем, поместив на подставку 5 набор концевых мер 22,4 мм, перемещают стол влево на эту величину и фиксируют его в таком положении. Освободив винт 19, поворачивают столик 15 влево до упора ролика 24 в находящийся с другой стороны основания набор концевых мер размером 6,1 мм и снова закрепляют винт.

Возвратно-поступательным перемещением каретки 6 правят профиль под углом со второй стороны круга, подавая его на алмаз до отметки лимба. При этом на круге автоматически образуется прямая площадка шириной 22,4 мм. Подставив на место стопоры 5, с помощью блока концевых мер размером 55—16 мм

или по лимбу винта 2 настраивают приспособление для профилирования дуги по радиусу 16 мм.

Заменяв на подставке 5 блок концевых мер 22,4 мм на блок размером 11,2 мм, перемещают продольный стол шлифовального станка вправо и совмещают острие алмаза с вершиной угла 40° . Освободив винт 19, поворачивают стол 15 вокруг оси 22 и постепенно врезаются алмазом в шлифовальный круг, профилируя радиус. При вращении столика ролик 24 упирается то в один, то в другой блок концевых мер 17, установленных на основании приспособления и не допускает врезания алмаза в угловые поверхности круга вне точки пересечения касательной с радиусом.

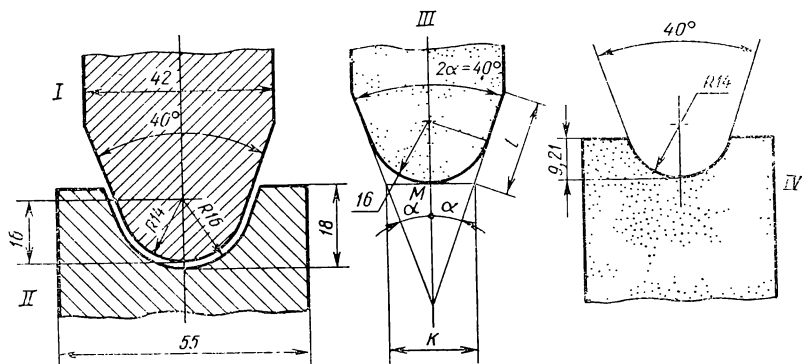


Рис. 120. Профили роликов и шлифовальных кругов

Профилирование радиуса прекращается при достижении отметки на лимбе поперечного перемещения шлифовальной бабки. Закончив профилирование круга, устанавливают на центры оправку с роликом. Включают вращение диска с поводковым пальцем на передней бабке и шлифуют с охлаждением профиль ролика до глубины 18 мм. Для получения шероховатости $Ra = 0,63$ мкм последние 0,03—0,05 мм глубины снимают при подаче 0,005 мм с выхаживанием. По окончании шлифования одного ролика его снимают с центров и устанавливают следующий. При правильном выборе характеристики круга, смазочно-охлаждающей жидкости и режимов шлифования одним кругом (до заправки) можно обработать 8—12 деталей.

Профилирование шлифовального круга для обработки ролика с выпуклым профилем радиуса $R = 14$ мм рационально производить профилированным алмазным или стальным роликом. При отсутствии такой возможности этот профиль можно заправить с применением приспособления, показанного на рис. 57, по схеме, приведенной на стр. 69. Если и этого нельзя сделать, то профилирование круга производят универсальным приспособлением, показанным на рис. 51, а шлифование профиля ролика — за три операции.

Профилирование шлифовального круга следует производить в такой последовательности.

1. По геометрическому построению обрабатываемого контура определить размер H , равный расстоянию от наружного диаметра ролика до прямой, проходящей через точки касания дуги с наклонными прямыми:

$$H = R - R \sin \alpha = R (1 - \sin \alpha).$$

Для взятого примера при $R = 14$ мм $H = 9,21$ мм.

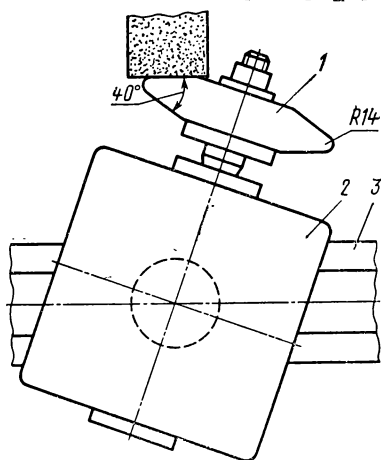


Рис. 121. Схема шлифования с поворотом передней бабки:

1 — деталь; 2 — передняя бабка; 3 — стол

2. Установить универсальное приспособление с алмазом, выставленным по шаблону 9 в нулевое положение, на стол станка. С помощью набора концевых мер перемещают ползун 10 вперед. Для этого между упором 16 и планкой 21 установить набор концевых мер размером $55 + 14$ мм.

3. Править круг по наружной поверхности. Заметить показания лимба на маховике подачи шлифовальной бабки и освободив слегка винт 19 вращением столика 15, профилировать круг по дуге радиусом 14 мм на глубину 9,21 мм, определяя величину врезания по лимбу поперечной подачи.

4. Установить оправку с роликом в центры и шлифовать поверхность радиусом 14 мм на глубину 9,21 мм.

5. На шпиндель шлифовальной бабки установить новый отбалансированный круг. Править его на наружной поверхности и с помощью универсального приспособления — по боковым под углом 20° с каждой стороны. Профилирование боковых участков необходимо выполнять на длине, превышающей общую длину профиля ролика.

6. На центры установить оправку с обрабатываемым роликом и шлифовать угловые участки с двух сторон, применяя врезание продольной микроподачей и поперечное перемещение шлифовальной бабки. Окончание шлифования, когда наклонная коснется дуги, определяют по шаблону. В отдельных случаях, при незначительных отклонениях геометрической формы, место перехода наклонной к дуге может быть зачищено оселком и заполировано.

Для шлифования угловых участков ролика можно пользоваться и другим приемом. В шпиндель передней бабки станка устанавливают оправку с конусом. Бабку поворачивают относительно горизонтальной оси на угол $70^\circ = 90^\circ - \alpha$ (рис. 121) и периферией шлифовального круга, производя врезание поперечной подачей

шлифовальной бабки и выхаживание продольным ходом стола, шлифуют угловые участки, подгоняя сопряжение их с радиусом по шаблону. Шлифование радиуса 20 мм у ролика 1 комплекта (рис. 122) производят так же, как и шлифование радиуса 14 мм у ролика по рис. 121. Контроль радиуса производят по шаблону, базой для установки которого является торец ролика.

Ролик II (рис. 122) шлифуют по следующему технологическому процессу (рис. 123). В переднюю бабку 1 закрепляют оправку 2 с конусным хвостовиком. На цилиндрическую часть оправки насаживают и закрепляют гайкой шлифуемый ролик 3. Шлифовальную бабку поворачивают так, чтобы ось шпинделя

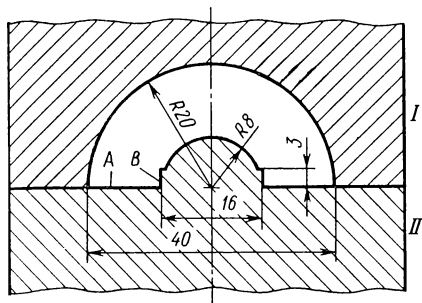


Рис. 122. Комплект роликов радиусом 20 мм

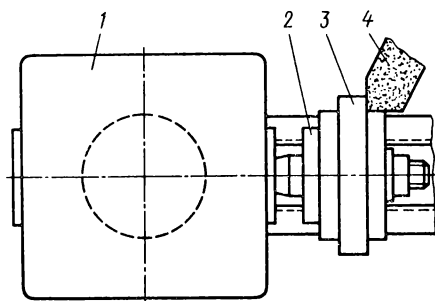


Рис. 123. Схема шлифования ролика с поворотом шлифовальной головки

шлифовального круга 4 была повернута к оси ролика на $26^{\circ} 34'$. Круг заправляют по периферии и торцу под углом 90° . При такой наладке поверхность контакта шлифовального круга с торцом детали уменьшается, что обеспечивает снижение шероховатости обработки и отсутствие прижогов. Шлифование поверхностей А и В (см. рис. 122) ролика производят за две операции, выдерживая симметричное расположение выступа размером 16 мм к оси ролика. Поверхности А и В шлифуют одновременно обеими рабочими поверхностями шлифовального круга. Угол $26^{\circ} 34'$ поворота шлифовальной бабки выбран потому, что при обработке шлифовальным кругом, повернутым под этим углом, упрощаются подсчеты в коррективах подачи для снятия припуска по наружной поверхности и торцу ролика. Тангенс угла $26^{\circ} 34'$ равен 0,5, а котангенс — 2, поэтому при шлифовании наружной поверхности с подачей 0,01 мм сошлифовывают припуск 0,02 мм. При шлифовании торца, с подачей 0,02 мм сошлифовывают припуск 0,01 мм. По окончании операции шлифовальную бабку возвращают обратно в нулевое положение.

Для профилирования шлифовального круга при обработке контура по радиусу $R = 8$ мм применяют профилирующий ролик или универсальное приспособление, показанное на рис. 51. Приспособление устанавливают на стол круглошлифовального станка.

Набором концевых мер ползун устанавливают для профилирования дуги по радиусу $R = 8$ мм. По шаблону 9 проверяют нулевое положение алмаза. Затем правят шлифовальный круг по наружной поверхности.

Замечают деление на лимбе поперечной подачи шлифовального круга и, вращая столик 15 вместе с алмазом вокруг оси 22, профилируют круг по дуге, врезаясь алмазом на глубину 5 мм. Установив обрабатываемый ролик на оправку, шлифуют дугу по радиусу 8 мм и заплечики до размера 3 мм. Радиус проверяют по шаблону. Профилирование круга для шлифования радиуса

$R = 16$ мм ролика II из комплекта (см. рис. 124) производят также роликом или с помощью универсального приспособления (см. рис. 51).

Чтобы выставить приспособление в нулевое положение, сначала устанавливают алмаз по шаблону 9. Затем между упором 16 и планкой 21 помещают набор концевых мер размером $55 + 16$ мм и переустанавливают ползун 10. Установив приспособление на стол станка, заправляют круг по наружной поверхности и, зафиксировав

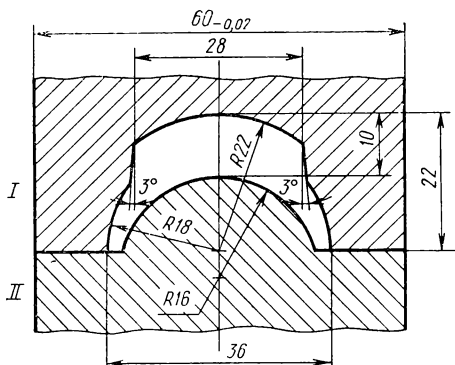


Рис. 124. Комплект роликов для фасонного проката

показания на лимбе маховика поперечной подачи станка, профилируют вогнутый профиль дуги по радиусу 16 мм на глубину 12 мм. Затем этим кругом шлифуют поверхность радиусом 16 мм и заплечики, проводя контроль, как и в предыдущем примере, по шаблону.

Профиль ролика I (см. рис. 124) шлифуют в две операции.

1. На стол круглошлифовального станка устанавливают универсальное приспособление с алмазом, установленным в нулевое положение, и правят наружную поверхность круга. По окончании правки фиксируют показание лимба маховика поперечной подачи шлифовальной бабки. Повернув ползун 10 (см. рис. 51) со столиком 15 вправо, устанавливают его по набору концевых мер длины размером 94,77 мм под углом 87° и правят штурвалом 4 торец круга с правой стороны под угол 3° . Затем столик 15 возвращают в исходное положение. С помощью набора концевых мер длины размером 28 мм, передвигного упора 4 (см. рис. 4) и индикаторного указателя 6 перемещают стол влево и устанавливают поворотом циферблата стрелку индикатора на нулевое деление. Затем ползун 10 (см. рис. 51) поворачивают влево и устанавливают ось шлифовальной головки тем же набором концевых мер длины размером 94,77 мм на угол 87° в противоположном квадранте.

После этого круг правят с левой стороны под угол 3° до размера 28 мм, согласовывая подачу врезания с показаниями индикатора.

Переустановив стол с помощью набора концевых мер размером 14 мм, индикаторного указателя и подвижного упора вправо, совмещают ось профилирующего приспособления с осью симметрии шлифовального круга. Набором концевых мер длины алмаз устанавливают для профилирования радиуса $R = 22$ мм. Затем, включая охлаждение, постепенным поворачиванием столика 15 в обе стороны заправляют алмазом радиус на шлифовальном круге, производя врезание поперечным перемещением шлифовальной бабки до деления, зафиксированного при заправке круга по цилиндру. Установив ролик на оправку, совмещают ось симметрии ролика с осью симметрии круга и врезным шлифованием обрабатывают профиль по радиусу 22 мм, размеру 28 мм и углам 3° до глубины 22 мм. Последние 0,03—0,04 мм снимают с уменьшенной подачей и выхаживанием.

2. С помощью набора концевых мер длины размером 55—18 мм ползун 10 устанавливают в положение, при котором алмаз, выставленный по шаблону 9 в нулевое положение, описывает при вращении столика 15 дугу радиуса 18 мм относительно центра оси 22. Установив универсальное приспособление на стол станка, выставляют вершину алмаза посередине шлифовального круга и, вращая стол 15 вокруг оси 22, постепенной врезной подачей шлифовальной бабки правят круг по дуге радиуса 18 мм, врезаясь до тех пор, пока в средней части круга не останется хорда длиной 25—26 мм. Затем в центры устанавливают оправку с роликом и вновь, совместив ось симметрии ролика с прямой, проходящей через центр радиуса 18 мм, обрабатывают деталь методом врезного шлифования до размера 36 мм.

Шлифование дисковых резцов. При шлифовании скошенных внутрь под углом 5° боковых поверхностей режущих элементов дисковых резцов (рис. 125) возникают некоторые трудности. При шлифовании обычным кругом плоского профиля с поворотом шлифовальной бабки на заданный угол требуемый уклон на боковой поверхности не получается, так как режущая кромка круга, находясь на большой длине в контакте с обрабатываемой поверхностью, быстро тупится и теряет требуемую форму. Поэтому боковая поверхность получается перпендикулярной обрабатываемой поверхности дискового резца или скошенной в обратную сторону. Это увеличивает силы трения при резании и приводит к преждевременному затуплению резца.

Для получения правильного и стабильного скошенного внутрь угла боковой поверхности дисковых резцов шлифование производят конической поверхностью круга (рис. 126). У канавочных гребенчатых резцов рассматриваемого типа расстояние между канавками наиболее точно можно проверить рычажным индикатором с малым диаметром шарика на контактной части рычага, применяя при этом регулируемый установ и набор концевых мер

(рис. 127). Рычажный индикатор с малым диаметром шарика позволит проверить не только расстояние между гребешками резца, но и линейную величину поднутрения на боковых поверхностях. У резца, показанного на рис. 128, диаметры $50_{-0,02}$, $34_{-0,02}$ мм и торцы на размер $40,04 \pm 0,05$ мм шлифуют на универсальных круглошлифовальных станках, а угол 30° и радиус $R = 0,8^{+0,05}$ мм, учитывая сложность профилирования алмазом малых радиусных участков с вогнутым профилем, целесообразно шлифовать на

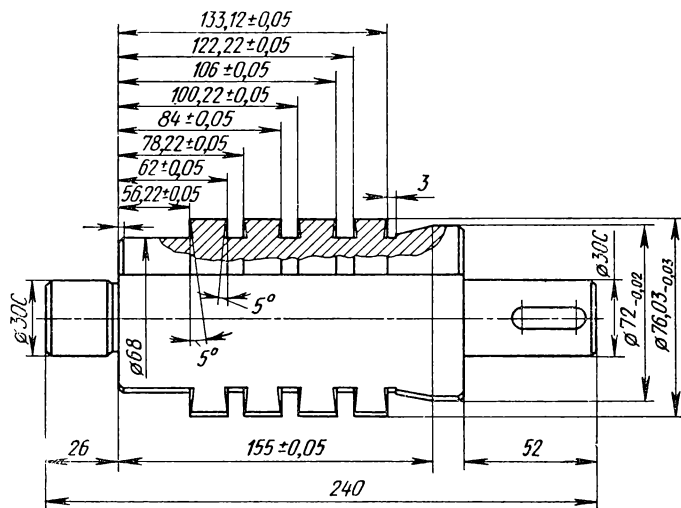


Рис. 125. Фасонный резец

резьбошлифовальном станке кругом с профилем, образованным накатным роликом, или на оптическом профилешлифовальном станке по чертежу. Профиль резца (рис. 129, а) шлифуют за четыре операции:

- 1) шлифуют «как чисто» торец А;
- 2) профилированным под угол 30° кругом шлифуют поверхность диаметром $57,3_{-0,02}$ мм и угол 30° . При шлифовании угла 30° выдерживают размер $11,5 \pm 0,05$ мм, проверяя эту длину по шаблону. Не меняя установки детали на центрах, отводят шлифовальную бабку и шлифуют поверхность диаметром $70_{-0,1}$ мм;
- 3) зажав хвостовик резца в цанговый патрон и повернув переднюю бабку на угол 75° , шлифуют фаску под углом 15° до размера $4,1 \pm 0,1$ мм;
- 4) с помощью приспособления (см. рис. 57) по шаблону профилируют радиус 13,7 мм и касательную к нему; профилированным таким методом кругом шлифуют поверхности диаметром $64,1_{-0,02}$ мм и радиусом $R = 13,7$ мм, выдерживая размер $8,6 \pm 0,05$ мм.

Профиль резца (рис. 129, б) целесообразно шлифовать на двух разных станках: круглошлифовальном и оптическом профиле-шлифовальном. На круглошлифовальном станке шлифуют хвостовик до диаметра $40_{-0,04}^{+0,04}$ мм, переустановив хомутик, шлифуют поверхность диаметром $50_{-0,02}^{+0,02}$ мм и со стороны торца на длине 3 мм цилиндрическую шейку до диаметра $46_{-0,04}^{+0,04}$ мм. Затем, зажав хвостовик резца в цанговый патрон, установленный в передней бабке станка, и повернув ее вокруг оси на 75° , выполняют третью операцию — шлифование угла 15° на длине 2,5 мм.

Дальнейшая обработка резца выполняется на оптическом профилешлифовальном станке в приспособлении для шлифования круглых деталей. На этом станке шлифуют сопряженные дуги по радиусу $R = 8_{+0,1}^{+0,1}$ мм и углу 30° . Сопряженные дуги на опти-

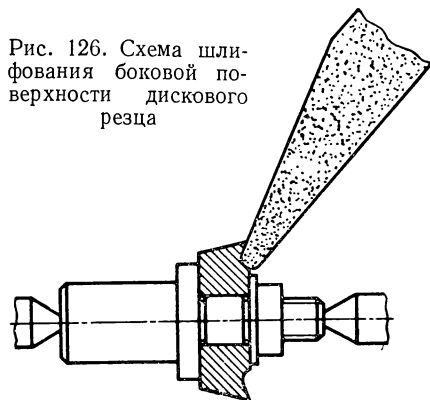
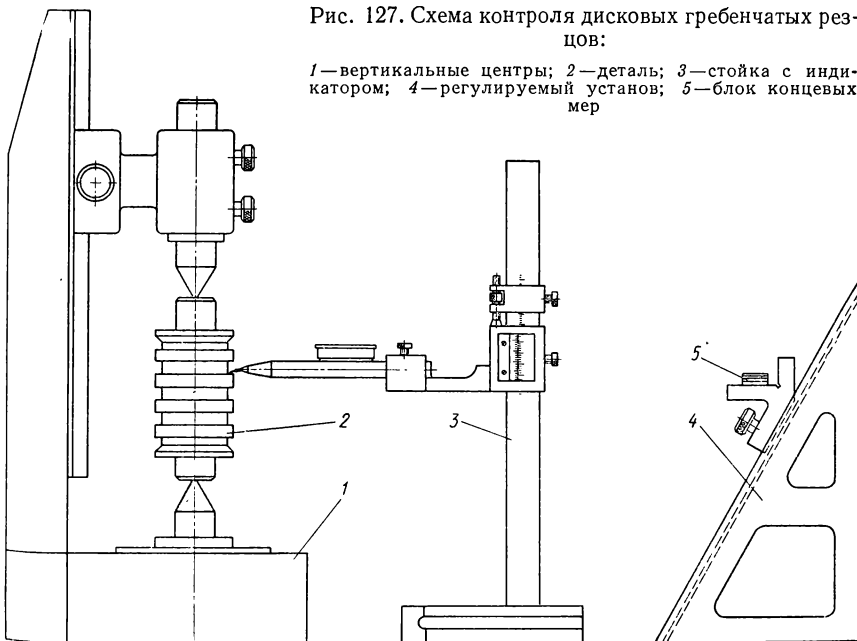


Рис. 126. Схема шлифования боковой поверхности дискового резца

Рис. 127. Схема контроля дисковых гребенчатых резцов:

1—вертикальные центры; 2—деталь; 3—стойка с индикатором; 4—регулируемый установ; 5—блок концевых мер



ческих профилешлифовальных станках шлифуют, перемещая шлифовальную головку станка с кругом последовательно по отдельным точкам профиля, вращая одновременно рукоятки продоль-

ных и поперечных салазок и совмещая все точки обрабатываемого профиля с профилем увеличенного в 50 раз чертежа, установленного на экране проектора станка. Заправив круг на радиус $R = 8$ мм для ручной профильной правки шлифовального круга, можно в значительной мере сократить время шлифования профиля. Это достигается тем, что участки контура, на котором дуги радиуса $R = 8$ мм имеют вогнутый профиль, обрабатывают по всему участку дуги соответственно заправленным шлифовальным кругом.

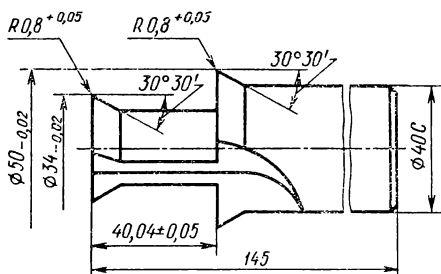


Рис. 128. Профильный резец

После этого вручную шлифуют участки профиля, где дуга имеет выпуклую форму и, развернув салазки на 30° , обрабатывают при механическом перемещении салазок участки профиля, расположенные под углом.

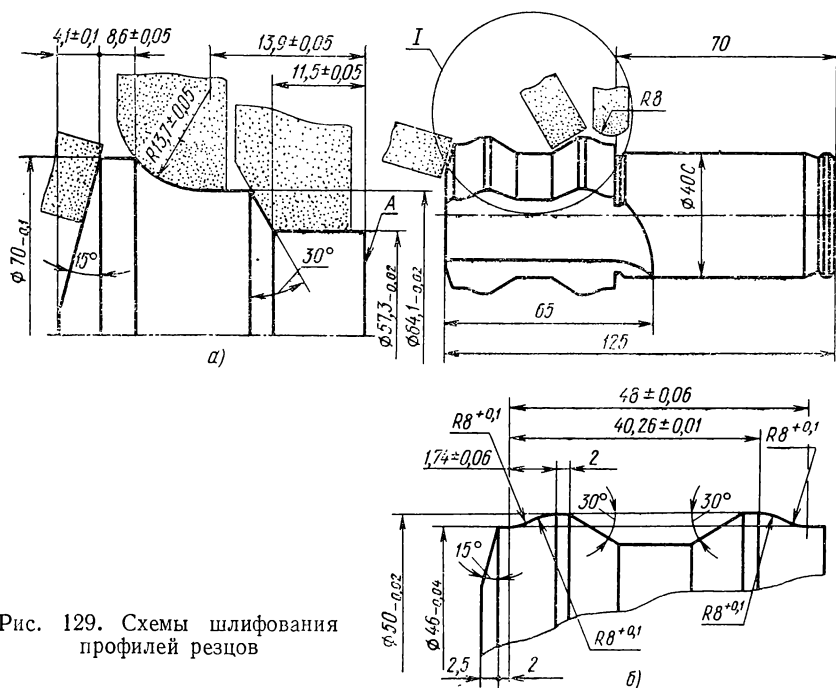


Рис. 129. Схемы шлифования профилей резцов

Профиль резца (рис. 130) наиболее рационально шлифовать на резьбошлифовальном станке, заправив круг накатным роликом соответствующей формы. При отсутствии такой возможности его следует шлифовать на профильшлифовальных станках.

Профиль фасонного дискового резца (рис. 131) шлифовать по следующему технологическому процессу: на внутришлифовальном станке обрабатывать отверстие и один торец, на плоскошлифовальном станке — второй торец; дальнейшую обработку про-

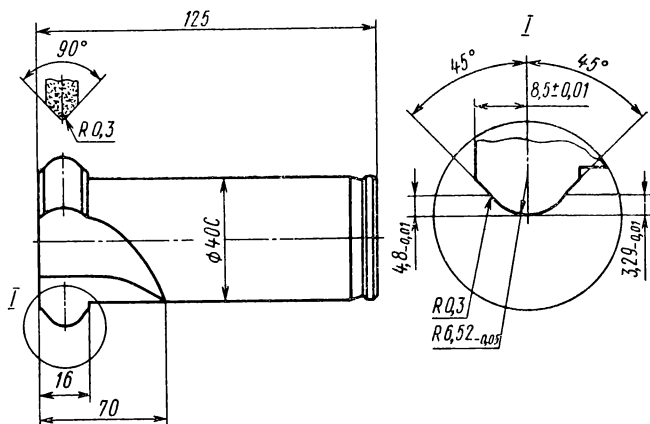


Рис. 130. Резец для обработки канавок в отверстиях

изводить на круглошлифовальном станке. Надев резец на оправку с конусом Морзе, установленную в шпиндель передней бабки станка, шлифуют резец по наружной поверхности до $\phi 68$ мм. Затем, повернув переднюю бабку на угол 45° , шлифуют поверхность угла на длине 8 мм и в последующей операции профиль по радиусу $R = 36$ мм. Профилирование круга производить с помощью универсального приспособления.

Шлифование деталей

штампов. Среди деталей, изготавливаемых штамповкой в раздельных штампах, наиболее сложны статорные и роторные пластины электродвигателей, трансформаторные и контактные пластины. Даже на предприятиях с мелкосерийным характером производства эти детали изготавливают массовым производством или крупными сериями. Пластины (рис. 132) имеют допуски по 2-му классу точности, угловой допуск на шаг и на любую сумму шагов от осевой $\pm 5'$, эксцентриситет наружного и внутреннего диаметров — в пределах 0,007 мм.

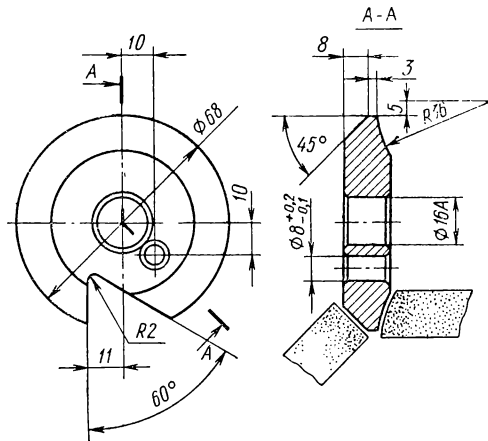


Рис. 131. Дисковый фасонный резец

Ажурный контур детали и высокие требования к точности ее изготовления штамповкой требуют особого внимания при проектировании и изготовлении штампов. Конструкции штампов для роторных и статорных пластин отличаются высокой жесткостью и точностью направляющих и рабочих элементов. В производстве все шире и шире применяется профильное шлифование. Для этого основные элементы штампов — пуансоны и матрицы — изготовляют составными. Составные пуансон-матрицы можно изго-

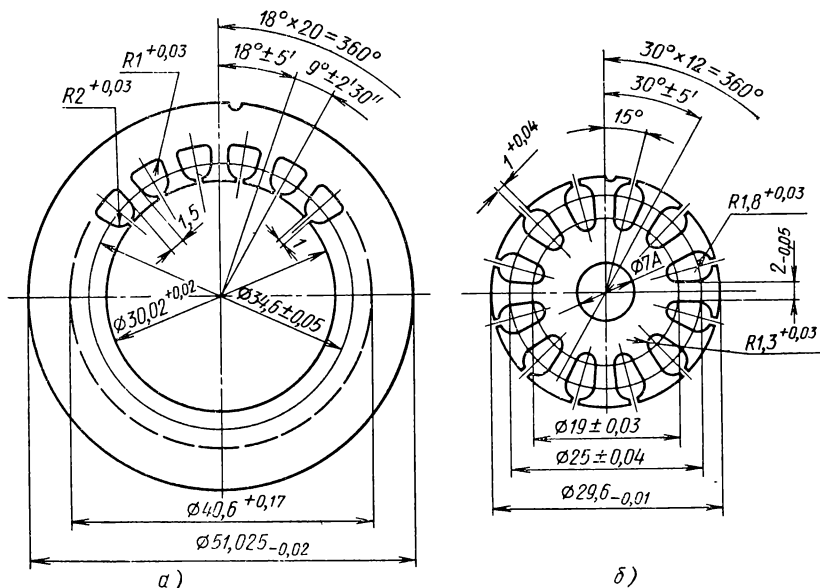


Рис. 132. Пластины для ротора (а) и статора (б)

товить из закаленных до твердости $HRC\ 58-60$ прямоугольных заготовок из стали $X12\Phi 1$ или $X12\Phi 2$ (табл. 2, 3 и рис. 133). Схема для расчета размеров заготовок показана на рис. 134, где:

$$b = b_1 + 0,6; \quad b_1 = D \sin \frac{\alpha}{2};$$

$$a = \frac{D+1}{2} - \frac{d \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) - 2}{2}; \quad a_1 = a - 0,5.$$

Первой операцией является шлифование на магнитной плите двух плоскостей в размер b_1 (рис. 134, а). Этот размер выдерживается с точностью 0,01 мм. Операции 2 и 3 являются подготовительными для шлифования профиля. В операции 2 поверхность заготовки шлифуют для создания перпендикулярности к боковым сторонам, а при шлифовании второй боковой поверхности в операции 3 выдерживается размер a с точностью до 0,02 мм.

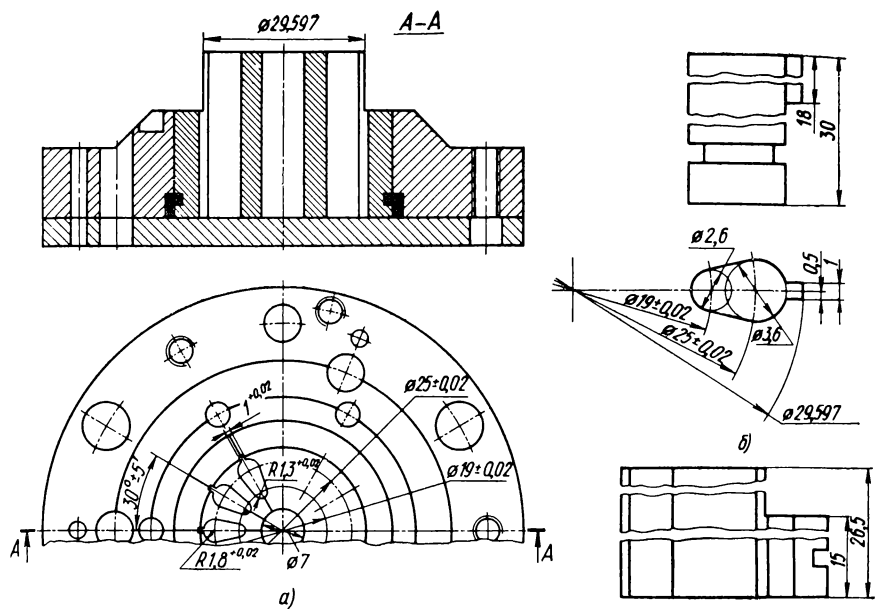


Рис. 133. Составная пуансон-матрица (а), фигурный пуансон (б) и секция составной пуансон-матрицы (в)

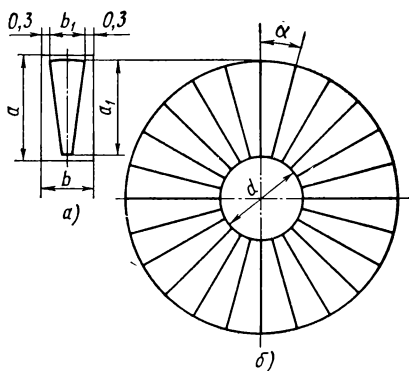
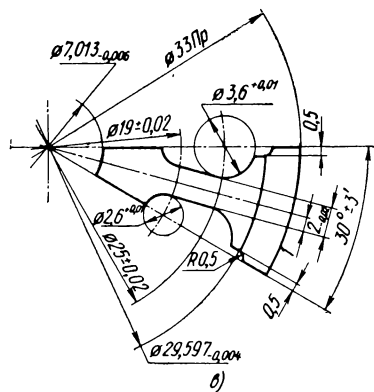
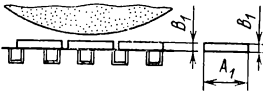
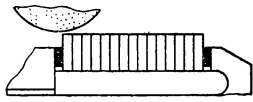
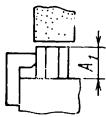
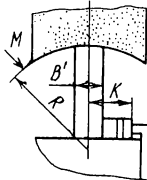
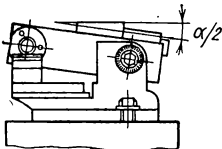
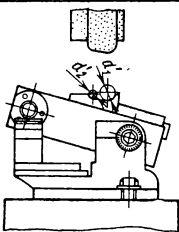
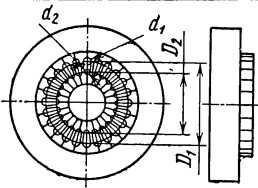
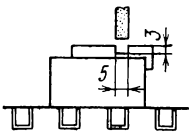
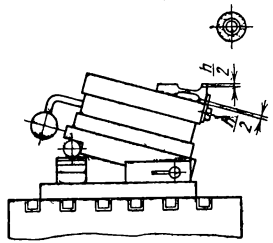
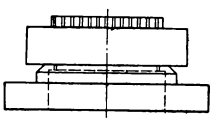
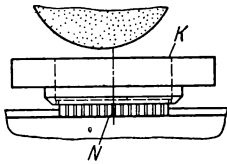


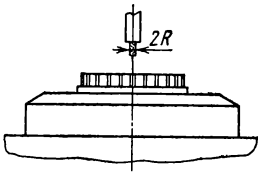
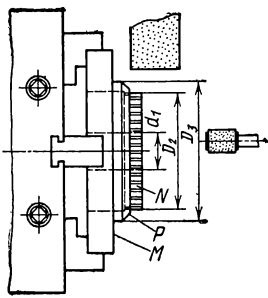
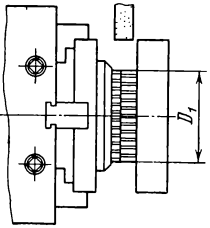
Рис. 134. Схема для расчета размеров заготовки секции пуансон-матрицы

Таблица 2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОСТАВНОЙ
ПУАНСОН-МАТРИЦЫ ПРОФИЛЬНЫМ ШЛИФОВАНИЕМ

№ операции	Эскиз	Операция
1		Шлифовать две плоскости в размер B_1
2		Шлифовать одну плоскость в размер A_1 «как чисто», выдержав перпендикулярность плоскостей
3		Шлифовать вторую плоскость в размер A_1
4		Шлифовать одну плоскость в размер A_1 по радиусу R
5		Шлифовать одну плоскость в размер B_1 предварительно и окончательно под углом $\frac{\alpha}{2}$, согласовав размер с диаметром установочного вала в пределах $\pm 0,002$ мм
6		Шлифовать вторую плоскость в размер B_1 предварительно и окончательно под углом α , согласовав размер с диаметром установочного вала в пределах $\pm 0,002$ мм

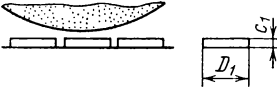
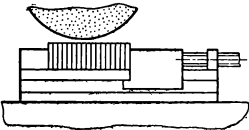
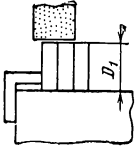
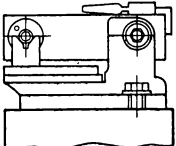
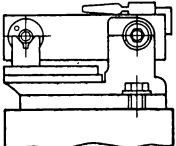
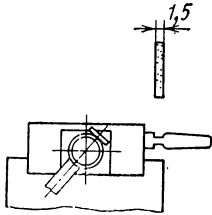
№ операции	Эскиз	Операция
7		Шлифовать профиль с одной стороны в размер предварительно и окончательно
8		Шлифовать профиль со второй стороны в размер предварительно и окончательно
9		Собрать в технологическую обойму секторы по напряженной посадке Проверить диаметры D_1 и D_2 , при необходимости подправить места сопряжения дуг диаметрами d_1 и d_2 Замаскировать порядковые номера секторов Разобрать
10		Шлифовать паз шириной 5 мм на глубину 3 мм
11		Шлифовать понижения с двух сторон в размер $\frac{h}{2}$ на длине 10 мм
12		Собрать в технологическую обойму, проверить положение секций Нагреть основную обойму до $t = 500 \div 550^\circ \text{C}$, перепрессовать секции из технологической обоймы в основную; дать обойме остыть; проверить положение секций Залить зазор между обоймой и секциями самотвердеющей пластмассой
13		Шлифовать плоскость K заподлицо с торцом обоймы Шлифовать плоскость N параллельно плоскости K с точностью до 0,01 мм Размагнитить

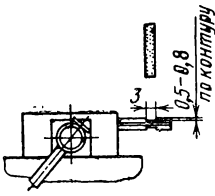
№ операции	Эскиз	Операция
14		Установить поверхность диаметром D_1 concentric до 0,005 мм Шлифовать по верху контрольный поясok шириной 5 мм «как чисто» Шлифовать лунку радиусом R под углом β
15		Установить по торцу и контрольному пояску с точностью до 0,003 мм Шлифовать отверстие диаметром d_1, оставляя припуск 0,02 мм на доводку Шлифовать поверхность диаметром D_2, оставляя припуск 0,02 мм на доводку Шлифовать у обоймы торцы P, M и поверхность диаметром D_3 «как чисто»
16	—	Довести отверстие диаметром d_1 плотно по центральному пуансону Довести поверхность диаметром D_2 плотно по обсечной матрице
17	—	Собрать с центральным пуансоном и пуансонодержателем; установить фигурные пуансоны по гнездам матрицы; установить пуансоны под пайку Запаять; зачистить
18		Установить с точностью до 0,005 мм по диаметру и торцу обоймы пуансон-матрицы Шлифовать «усики» пуансонов на поверхности диаметром D_1

Примечание. Операции № 1—8; 11, 13 выполняются на плоскошлифовальном станке; операция 10 — на универсально-заточном станке; операция 14 — на координатно-шлифовальном станке; операции 15, 18 — на круглошлифовальном станке; операция 16 — на токарном станке.

Таблица 3

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФИГУРНОГО ПУАНСОНА
ПРОФИЛЬНЫМ ШЛИФОВАНИЕМ

№ операции	Эскиз	Операция
1		Шлифовать две плоскости в размер C_1
2		Шлифовать одну плоскость в размер D_1 «как чисто», выдержав перпендикулярность плоскостям размера C_1
3		Шлифовать вторую плоскость в размер D_1
4		Шлифовать профиль предварительно по одной из плоскостей в размер C_1
5		Шлифовать профиль предварительно по второй плоскости в размер C_1
6		Шлифовать профиль окончательно с двух сторон, подгоняя по пазам готовой пуансон-матрицы
7		Отрезать технологический припуск со стороны усика

№ операции	Эскиз	Операция
8		Прорезать канавки для припоя

Примечание. Операции № 1—6 выполняются на плоскошлифовальном станке, операции 7, 8 — на универсально-заточном станке.

Профиль начинают шлифовать с операции 4. При выполнении этой операции шлифуют на одной из плоскостей размера a дугу по радиусу, равному $\frac{D}{2}$ (рис. 134, б). От точности выполнения этой операции в значительной мере зависит правильность расположения секции в обойме после запрессовки.

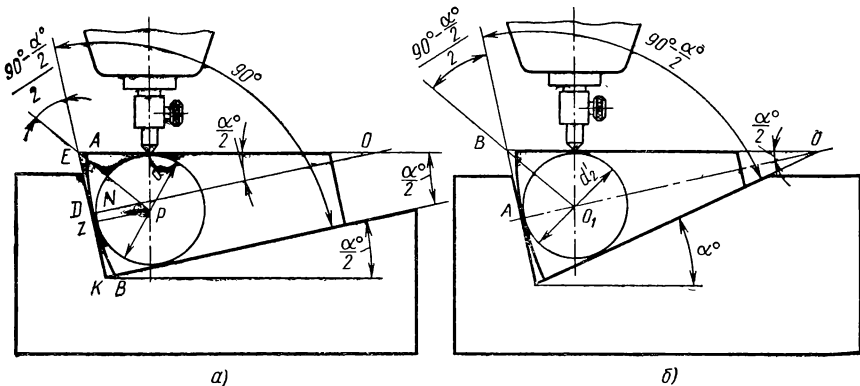


Рис. 135. Схема контроля секции пуансон-матрицы

Профилирование круга по дуге радиуса R выполняют с помощью универсального приспособления (см. рис. 45). При установке приспособления на станок требуется тщательно очистить магнитную плиту и опорные поверхности приспособления для того, чтобы на них не остались частицы абразивной пыли и грязи. Размер K на эскизе обработки соответствует размеру B приспособления. Для правильной установки шлифуемой детали между плоскостью установочной планки магнитной плиты и шлифуемой заготовкой помещают набор концевых мер размером $K - \frac{b_1}{2}$.

Врезание шлифовальным кругом производят исключительно подачей шлифовальной бабки. В период всей обработки поперечное перемещение стола недопустимо, так как при этом будет нарушена наладка станка. В операциях 5 и 6 выполняется обработка боковых сторон секций. Этими сторонами секции сопрягаются между собой в обойме. Отклонения по углу $\frac{\alpha}{2}$ при обработке этих сторон может вызвать перекося секций в обойме и образование отклонений по углу между пазами штампуемой детали. При соблюдении точности обработки углов $\frac{\alpha}{2}$ погрешности угла детали могут явиться следствием неодинакового размера хорд секций. Контроль по этому размеру производится в специальных призмах широкошкальным миниметром с ценой деления 0,001 мм. Для установки миниметра в нулевое положение пользуются валиком, размеры которого выполняются в пределах $\pm 0,001$ мм от расчетного.

На рис. 135, а приведена схема контроля секции пуансон-матрицы в процессе выполнения операции 5 и приведены данные для определения диаметра d установочного вала. Исходя из построения, приведенного на рис. 135,

$$AO = OD = R;$$

$$EZ = r \operatorname{ctg} \frac{90 - \frac{\alpha}{2}}{2} \quad \left(\text{где } r = \frac{d_1'}{2} \right);$$

$$EZ = EK - ZK; \quad EK = ED + NB.$$

Но

$$ED = OD \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

$$NB = AN = R \sin \frac{\alpha}{2},$$

следовательно,

$$EK = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + R \sin \frac{\alpha}{2} = R \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2} \right).$$

Так как

$$EZ = EK - ZK = EK - r,$$

а

$$EZ = r \operatorname{ctg} \frac{90 - \frac{\alpha}{2}}{2},$$

следовательно,

$$r \operatorname{ctg} \frac{90 - \frac{\alpha}{2}}{2} = EK - r$$

или

$$r \operatorname{ctg} \frac{90 - \frac{\alpha}{2}}{2} = R \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2} \right);$$

откуда

$$\begin{aligned} r \operatorname{ctg} \frac{90 - \frac{\alpha}{2}}{2} + r &= R \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2} \right); \\ r \left(\operatorname{ctg} \frac{90 - \frac{\alpha}{2}}{2} + 1 \right) &= R \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2} \right); \\ r &= \frac{R \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2} \right)}{\operatorname{ctg} \frac{90 - \frac{\alpha}{2}}{2} + 1}; \\ d'_1 &= 2R \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2}}{\operatorname{ctg} \frac{90 - \frac{\alpha}{2}}{2} + 1}. \end{aligned}$$

Контроль размеров секции после шлифования угла со второй стороны производят по схеме (рис. 135, б). Контрольная призма имеет здесь угол наклона α , а диаметр контрольного вала выводится следующим путем:

$$r = AB \operatorname{tg} \frac{90 - \frac{\alpha}{2}}{2}, \quad \text{но} \quad AB = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

следовательно,

$$r = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{90 - \frac{\alpha}{2}}{2} \quad \text{и} \quad d'_2 = 2R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{90 - \frac{\alpha}{2}}{2}.$$

Проверяя в призмах с помощью контрольных валов размеры секций, одновременно контролируют и отклонения по углу в линейных величинах. При наличии отклонений по углу стрелка миниметра выявит перекося по ширине и длине шлифуемой поверхности. Для правильной установки шлифуемой секции на магнитной плите между упорной планкой плиты и обрабатываемой деталью помещают промежуточную планку, у которой сторона, обращенная к обрабатываемой детали, прошлифована под угол $\frac{\alpha}{2}$.

Профиль пазов под окна в пуансон-матрице шлифуют профилированным шлифовальным кругом. Круг профилируют по шаблону способом, разработанным чехословацким новатором-шли-

фовщиком Франтишеком Гамром (рис. 136). На магнитную плиту устанавливают подставку с закрепленным на ней шаблоном (рис. 137). По подставке, упираясь копирным пальцем 1 (см.

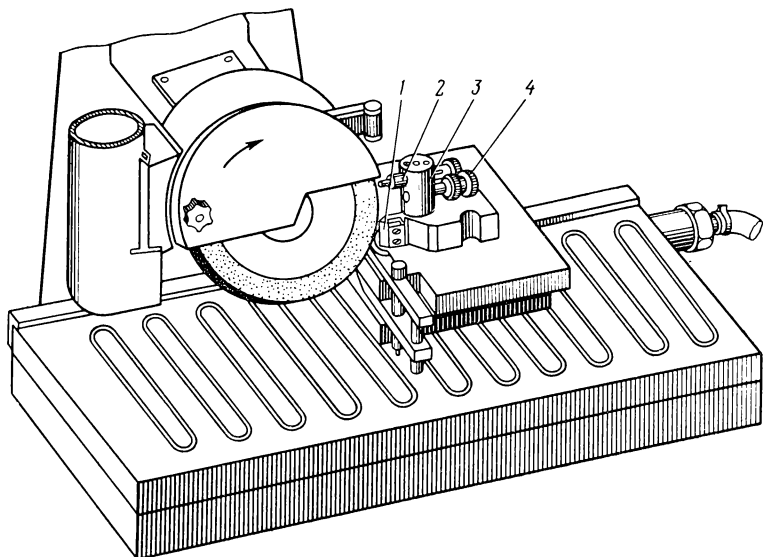
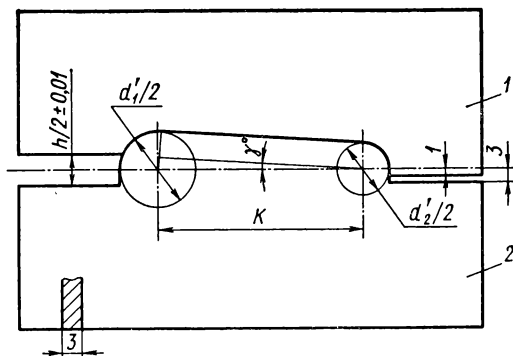


Рис. 136. Профилирование круга для шлифования паза в секции пуансон-матрицы на плоскошлифовальном станке

рис. 136) в шаблон, вручную перемещают приспособление, у которого в стойке 3 установлена оправа 2 с алмазом. Продольное перемещение алмаза в стойке может быть осуществлено винтом 4.

Рис. 137. Шаблоны для профилирования круга при шлифовании контура секции сборной пуансон-матрицы и фигурного пуансона:

1 — контршаблон для матрицы и шаблон для пуансона; 2 — шаблон для матрицы



Для предварительного шлифования пазов применяют круг Э9А16СМК, для чистового шлифования Э9А10С1К. При предварительном шлифовании вдоль упорной планки устанавливают одновременно несколько заготовок. Обработку ведут с охлаждением. На чистовое шлифование профиля оставляется припуск до 0,05 мм.

Профиль пазов может быть также шлифован на оптических профилешлифовальных станках. Для этого удобно закреплять деталь в магнитное устройство с базированием по торцу (см. рис. 33). Для повышения производительности шлифования здесь можно применить опыт новаторов по использованию на оптических профилешлифовальных станках кругов, имеющих профиль, соответствующий шлифуемому радиусу. Профилирование такого круга

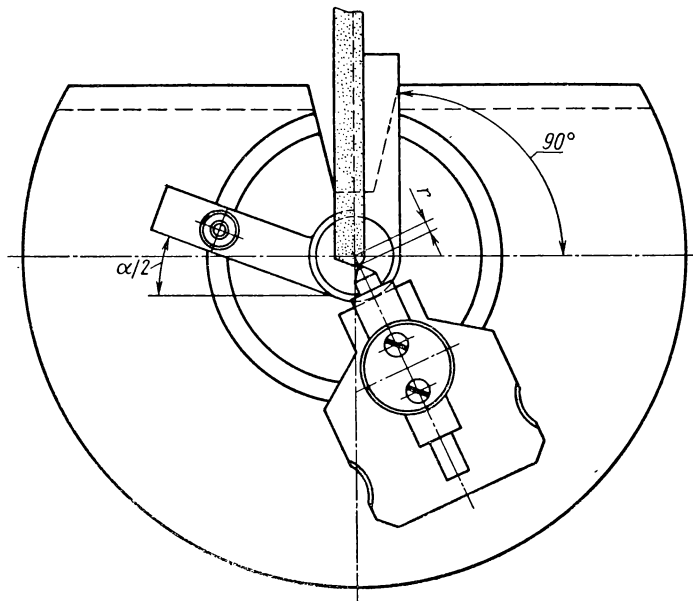


Рис. 138. Схема профилирования круга для шлифования паза в секции пуансон-матрицы на оптическом профилешлифовальном станке

показано на рис. 138. В процессе заправки круга его профиль сверяют с профилем чертежа на экране проектора. Профиль обрабатываемой детали вычерчивают в масштабе 50 : 1 на тонком листе из органического стекла. Чертеж должен быть выполнен с точностью $\pm 0,1$ мм, что обеспечит получение изображения обрабатываемой детали с отклонением в пределах $\pm 0,002$ мм.

При совмещении контуров обрабатываемой детали и чертежа на экране проектора возникают дополнительные погрешности из-за ошибок, допускаемых человеческим глазом. При нормальном зрении эти ошибки могут составить до 0,3 мм, что соответствует отклонению по размерам детали в пределах 0,006 мм. Учитывая возможность всех отклонений, общая погрешность при проверке детали на проекторе с увеличением в 50 раз может составить до 0,01 мм, что укладывается в допуски на изготовление окон у пуансон-матриц.

После шлифования на каждой секции пазов для прохода усиков пуансона секции собирают в технологические обоймы и под микроскопом проверяют смещение профиля пазов. Учитывая, что секции обычно шлифуют одновременно для нескольких пуансон-матриц, при выявлении отклонений на стыках соседних секций их можно заменить или в крайнем случае несколько секций подправить доводкой на фигурном притире.

Следующей ответственной операцией является перепрессовка секций из технологической в постоянную обойму. Так как натяг между отверстием обоймы и наружной поверхностью пуансон-матрицы составляет примерно 0,05—0,06 мм, обойму перед запрессовкой пуансон-матрицы нагревают до температуры 400—500° С и устанавливают на прогретую подставку под винтовой пресс. При этой температуре отверстие в основной обойме расширяется на достаточную величину, чтобы выступающая из технологической обоймы цилиндрическая часть пуансон-матрицы вошла в него без всякого усилия. Остальное зависит от быстроты действия и некоторого опыта рабочего, производящего запрессовку.

Для выполнения работ на координатно-шлифовальном станке предусматривается крепление пуансон-матрицы на дополнительном координатном столе, устанавливаемом на поворотный стол. Это позволяет без больших затрат времени установить окна у пуансон-матрицы концентрично оси поворотного стола. Затем проверяют центроискателем с микронным индикатором действительное отклонение углов между пазами и шлифуют наружную поверхность технологического пояса (для упрощения последующей установки детали при окончательной обработке наружной и внутренней поверхностей).

Учитывая накопленную погрешность расположения пазов, выбирают место для лунки, чтобы эта погрешность была распределена равномерно, и шлифуют лунку. Затем выполняют все остальные операции, предусмотренные технологическим процессом и передают пуансон-матрицу для сборки. Ширину заготовки для пуансона делают больше на величину припуска (8—10 мм). Этот припуск используют в технологических целях для базирования и закрепления заготовки на магнитной плите и исключения возможности ее перекаса при профильном шлифовании.

Контур пуансона шлифуют профилированным по шаблону кругом идентичным тому, которым шлифуют профиль секции сборной пуансон-матрицы. Шаблоном для профилирования круга при шлифовании профиля пуансона является контрольный шаблон профиля секции пуансон-матрицы (см. рис. 137).

Как показала практика, стальной штамп для вырубki пластин статора и ротора выдерживает 12—15 тыс. ударов между переточками и примерно 15 переточек до полного износа. Таким образом, стальным штампом до полного его износа можно изготовить порядка 250 тыс. деталей. Однако даже на предприятиях серийного производства штампы должны изготавливаться десятками.

В то же время применение режущих элементов штампа из твердого сплава ВК20 увеличивает количество деталей, вырабатываемых между двумя переточками, до 200 тыс. шт., а до полного износа штампа количество изготавливаемых деталей составляет 2,5—5 млн. шт. Таким образом, один твердосплавный штамп может заменить, как минимум, десять стальных. Если учесть, что трудоемкость изготовления твердосплавного штампа, даже в условиях инструментального цеха среднего технического уровня, только в 2 раза выше трудоемкости изготовления стального штампа, экономичность применения твердосплавных штампов неоспорима.

Существует два основных метода изготовления твердосплавных деталей штампов: обработка на электроискровых станках; профильное шлифование. Поскольку первый метод требует дополнительной, довольно трудоемкой ручной доводки, а профильное шлифование производят исключительно на станках с минимумом ручной доводки, то, безусловно, применение профильного шлифования при изготовлении твердосплавных штампов на роторные и статорные пластины высокой точности является наиболее целесообразным. Карты технологических процессов изготовления секций сборной твердосплавной пуансон-матрицы приведены в табл. 4.

Для изготовления твердосплавных элементов штампов, например, пуансонов, секций матриц, необходимо иметь заготовки соответствующих размеров. Заготовки твердого сплава обычно получают путем прессования под гидравлическим прессом твердосплавной смеси в специальных пресс-формах. В процессе подготовки к прессованию твердосплавную смесь перемешивают с раствором каучука в бензине, просушивают и тщательно размалывают в шаровых мельницах. При прессовании в пресс-форме заготовке придают форму, определяющую с учетом коэффициента усадки при спекании припуск на последующую обработку.

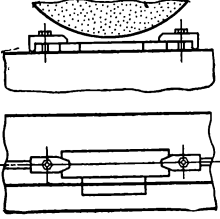
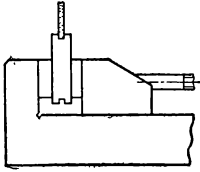
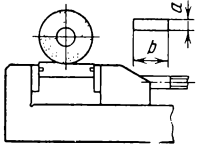
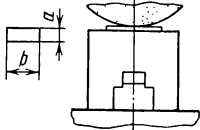
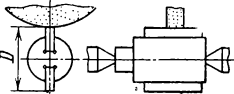
Один твердосплавный штамп заменяет 10—15 стальных штампов, таким образом, для обеспечения годовой потребности серийного выпуска деталей достаточно изготовить 1—2 штампа. Но для одного штампа нужно иметь несколько разновидностей заготовок, т. е. необходимо изготовить 3—4 пресс-формы для получения разных по размеру заготовок, в каждой из которых в течение года придется спрессовать 30—40 заготовок. Изготовление пресс-форм для такого малого количества заготовок нерентабельно для предприятия, а поэтому для снижения затрат на изготовление заготовок поступают следующим образом. Выбирают пластину наиболее оптимальных размеров, из которой при разрезке можно получить несколько разновидностей меньших заготовок и изготавливать для нее пресс-форму.

После прессования заготовку пропитывают парафином и затем разрезают на части, размеры которых равны номинальному

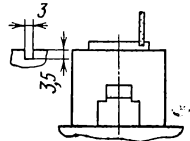
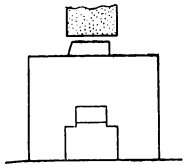
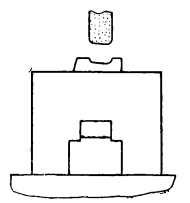
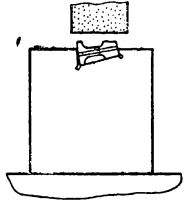
156

Таблица 4

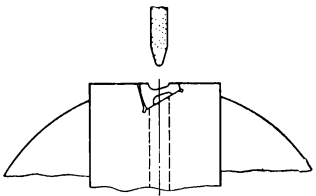
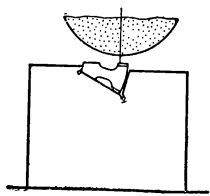
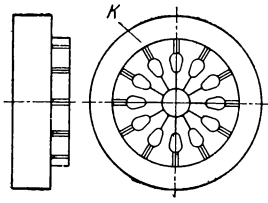
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНОЙ СОСТАВНОЙ ПУАНСОН-МАТРИЦЫ ПРОФИЛЬНЫМ ШЛИФОВАНИЕМ

№ операции	Эскиз	Операция
1		Разрезать пластифицированную твердосплавную пластину на заготовки секций с припуском на усадку при спекании и на шлифование
2		Прорезать на торцах пазы
3	—	Выполнить окончательное спекание
4		Предварительно обработать стороны по размерам $a \times b$ глубинным методом с припуском 0,3 мм на шлифование
5		Шлифовать плоскости по размерам a и b под углом 90°
6		Шлифовать наружную поверхность диаметром D Шлифовать поверхность на длину 2,5 мм до диаметра $D_{-0.1}$

Продолжение табл. 4

№ операции	Эскиз	Операция
7		Прорезать канавку шириной 3 мм на глубину 3,5 мм
8		Обработать глубинным методом плоскость в размер a под углом $\alpha/2$ с припуском 0,3 мм
9		Прорезать паз с припуском 0,5 мм
10		Шлифовать одну плоскость в размер a под углом $\alpha/2 \pm 1'$, согласовав размер с диаметром валика в пределах $\pm 0,005$ мм
11	См. операцию № 8	Обработать глубинным методом угол $\alpha/2$ по второй плоскости размера a с припуском 0,3 мм
12	См. операцию № 9	Прорезать паз со второй стороны с припуском 0,5 мм
13	См. операцию № 10	Шлифовать вторую плоскость размера a под углом $\alpha/2 \pm 1'$, согласовав размер с диаметром валика в пределах $\pm 0,005$ мм

Продолжение табл. 4

№ операции	Эскиз	Операция
14		Шлифовать профиль паза с одной стороны с припуском 0,02 мм
15		Шлифовать профиль паза со второй стороны с припуском 0,02 мм
16	—	Довести плоскости, прошлифованные в операциях № 10 и 13, выдержав плоскость в пределах 0,002 мм и согласовав размер с диаметром валика в пределах 0,003 мм
17	См. операции № 14, 15	Шлифовать профили пазов на-чисто
18		Шлифовать занижения с двух сторон до размера $h/2$ на длине 10 мм
19		Собрать в технологическую обойму; проверить положение секций. При несовпадении секций заменить. Нагреть основную обойму до температуры 500—550° С. Перепрессовать секции из технологической обоймы в основную. Дать обойме остыть. Проверить положение секции. Залить зазор между обоймой и секциями со стороны <i>K</i> самоотвердеющей пластмассой
20		Шлифовать торцы с двух сторон «как чисто»

Примечание. Операции № 1, 2, 7, 18 выполняются на универсально-заточном станке 3А64М; операции 4, 8, 9, 11, 12 — на модернизированном фрезерном станке; операции 5, 10, 13, 20 — на плоскошлифовальном станке; операция 6 — на круглошлифовальном станке; операции 14, 15, 17 — на копировально-шлифовальном станке.

размеру деталей для штампа плюс припуск на усадку при отгоне парафина, спекание и последующую обработку. Перед разрезкой пластину размечают с учетом наиболее рационального выхода готовых заготовок и ширины реза. Наиболее производительной является разрезка на заточном станке отрезным кругом на вулканитовой или бакелитовой связках. При этом методе разрезки наименее вероятно появление на заготовке сколов и образование при спекании трещин. Для удобства разрезки на столе универсально-заточного станка закрепляют упорную планку, к которой прижимают заготовку. Так как силы при разрезке весьма незначительны, то прижим производится от руки. За один проход врезаются на глубину 3—4 мм, продолжая врезание примерно до половины толщины пластины. Затем заготовку переворачивают верхней плоскостью вниз и обработку продолжают.

Следующей операцией является прорезка на торцах заготовки пазов шириной и глубиной 1,5—2 мм. Эти пазы нужны для закрепления заготовок при последующей обработке. После этого заготовки поступают на отгонку парафина и окончательное спекание. Обычно после спекания таких заготовок припуск на последующую обработку составляет 1,5—2 мм. Этот припуск снимают за две операции: глубинной алмазной обработкой; плоским шлифованием.

Глубинная обработка твердых сплавов производится алмазными кругами на металлических связках М5-2, М5-10 и М1; зернистость кругов АСВ 250/200 или 315/250, концентрация алмазов 100—150%. Обработку глубинным методом (2—3 мм за один рабочий ход) выполняют на фрезерных станках периферией круга; скорость резания 180—250 м/мин. В процессе глубинной обработки в зону резания подается охлаждающая жидкость, содержащая 100 г триэтанолamina, 300 г нитрита натрия и 250 г глицерина на 100 л воды. При работе на таких режимах резания съем твердого сплава составляет до 450 мм³/мин при весьма незначительном удельном расходе алмазного инструмента. Методом глубинной обработки производится также предварительная прорезка пазов и снятие боковых сторон секций под углом. Операции глубинной обработки являются дополнением к операциям плоского шлифования. Профиль пазов у пуансон-матриц и у фигурных пуансонов обрабатывают на копировально-шлифовальных станках фирмы «Studer» (Швейцария) или ЗП95, поскольку у них шлифовальная головка связана с копирным пальцем через двойной параллелограмм. Головка с кругом при поворотах копирного пальца может поворачиваться вокруг оси и в любой точке профиля устанавливаться в перпендикулярное положение к касательной, проведенной в данной точке профиля. В результате шлифовальной головкой можно обрабатывать любые участки самого сложного профиля.

На станках другого типа при перемещении шлифовальной головки по прямоугольным координатам можно при обработке

кругом одного участка профиля врезаться в соседний участок, который обработке не подлежит (рис. 139). Правда, у оптических профилешлифовальных станков головка также может поворачиваться. Однако это является дополнительной наладкой станка в процессе выполнения операции и требует затраты лишнего времени на обработку. Профиль секций пуансон-матриц и пуансонов шлифуют в две операции. В первой операции обработка может производиться алмазным кругом А2П125×6×32×40° зернистостью А125/100 на связке М5-8. Эти круги позволяют работать с глубиной резания 0,1—0,2 мм за один рабочий ход. При пред-

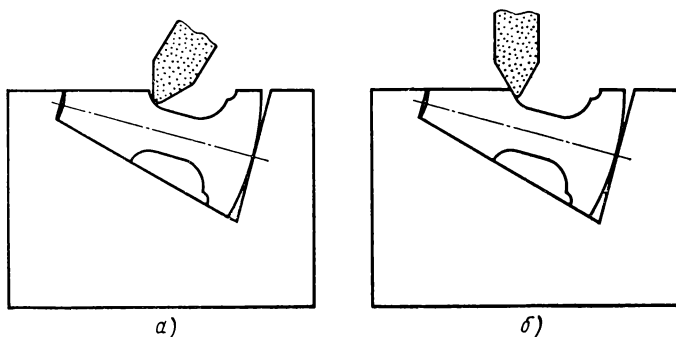


Рис. 139. Схемы обработки контура паза секции пуансон-матрицы при повороте круга на угол (а) и при прямом его перемещении (б)

варительном шлифовании оставляется припуск 0,02—0,03 мм на чистовую обработку. После предварительной обработки профиля секции доводят по плоскостям угла α для устранения возможных перекосов и снятия оставшихся микронеровностей. Затем профиль шлифуют начисто. При шлифовании на станке фирмы «Studer» по шаблону с увеличением в 20 раз разброс размеров профиля между отдельными секциями во всей партии обрабатываемых деталей может составить 0,003 мм.

После профильного шлифования пуансоны с одного конца запаивают. Секции пуансон-матрицы запрессовывают в обойму с натягом 0,08—0,1 мм. Такой натяг выбирают для того, чтобы повысить прочность соединения в условиях длительной эксплуатации. Кроме того, твердый сплав хорошо работает под влиянием сжимающих нагрузок. Обойму пуансон-матрицы для повышения усталости изготавливают из стали Х12М с тем, чтобы при нагреве до 500° С под запрессовку она не уменьшала полученную при закалке твердость (HRC 56—58). После запрессовки в обойму с торца сошлифовывают слой, в котором остался прорезанный перед спеканием паз, и дальнейшую сборку производят по технологии, аналогичной сборке стальных штампов.

КОНТРОЛЬ КОНТУРОВ И РАЗМЕРОВ ПРИ ПРОФИЛЬНОМ ШЛИФОВАНИИ

Точность контура, полученного профильным шлифованием, проверяется в основном относительным (сравнительным) методом измерения, при котором оценка отклонений производится от образца другой формы или от установочной меры. Наименьшие потери времени на измерения получают при оснащении рабочих мест средствами контроля отдельных элементов обрабатываемого профиля предельными калибрами (шаблонами), а всей операции — комплексными средствами измерения, у которых отклонения всех составляющих элементов ограничиваются полем суммарного допуска. Одним из видов комплексного измерения профиля детали по всему контуру или отдельному участку ее является измерение на проекторах. При этом методе контроля профиль измеряемой детали, увеличенный в несколько раз, отражается проектором на экран, где он сличается с чертежом, вычерченным в масштабе. Сличение производится измерением отклонений спроектированного контура от вычерченного с помощью микровинтов, которые позволяют определить величину перемещения предметного столика проектора с установленной на нем измеряемой деталью.

Для сокращения времени на измерение вычерченный контур делается сдвоенным и определяет наибольшие и наименьшие предельные размеры измеряемой детали. При таком измерении деталь признается годной, если линии ее контура находятся в пределах поля, ограниченного сдвоенными линиями чертежа. Большинство применяемых в производстве проекторов дают следующий ряд увеличений: 10, 20, 50, 100 и 200. При увеличении в 10 раз линейное поле зрения на объекте составляет 35×48 мм, в 20 раз — $17,5 \times 24$ мм, в 50 раз — $7 \times 9,6$ мм, в 100 раз — $3,5 \times 4,8$ мм. Это позволяет подбирать для каждой детали необходимое для нее увеличение.

Для получения наибольшей контрастности проекции пользуются меньшим увеличением, а для получения наибольшей точности — наибольшим. Проектор дает возможность измерять как в проходящем, так и в отраженном свете. В проходящем свете, как правило, проверяют детали плоской формы небольшой высоты, измеряемый контур которых не перекрывается какими-либо выступающими частями. При измерении деталей, контур которых перекрыт на некоторой части их высоты выступающими за пределы контура элементами, пользуются отраженным светом.

Если у контролируемой детали необходимо измерить расстояние между двумя плоскостями или между плоскостью и стенкой отверстия, вычерчивать контурный чертеж не нужно. В таких случаях измерение можно производить пользуясь натянутыми за экраном взаимно перпендикулярными металлическими нитями, которые являются исходными точками для измерения. Измеряемую деталь устанавливают на предметное стекло координатного

стола так, чтобы линии ее теневого контура были параллельны направлениям продольного и поперечного перемещения стола. Затем, вращая барабаны микрометрических винтов, подводят к линиям крестовины на экране линию теневого контура и совмещают их таким образом, чтобы линии теневого контура разместились посередине линий крестовины. Заметив показания на барабанах микрометрических винтов, изображение перемещают до совмещения следующей проекции контура, до которой производится измерение с крестовиной экрана, и снова замечают показания на барабанах микрометрических винтов. Разница этих показаний и будет являться действительным размером между двумя плоскостями или точками теневой проекции.

При измерении сложных деталей их контур сравнивают с контуром чертежа, вычерченного в масштабе. Установив соответствующий объектив, чертеж укрепляют на экран, а деталь устанавливают на предметное стекло координатного стола. Отфокусировав вертикальным перемещением стола контур измеряемой детали, совмещают его, поворачивая предметное стекло и вращая барабаны микрометрических винтов с чертежом. Если чертеж имеет двоянные линии, ограничивающие поля допусков, то контроль детали ограничивается проверкой того, чтобы линии теневого контура нигде не выходили за пределы поля, заключенного между двумя линиями чертежа.

Если чертеж ограничен только одной линией, определяющей номинальные размеры измеряемой детали, и если не удастся совместить контур проекции по всему ее периметру с чертежом, отклонения определяют следующим образом. При параллельном отклонении перемещение координатного стола определяется как разность соответствующих отсчетов по барабанам микрометрических винтов. В случае, если направление отклонений не совпадает с направлением перемещения координатного стола, действительную их величину определяют измерением на экране расстояния от контурной линии чертежа до линии теневого контура детали с помощью прилагаемых к проектору стеклянных масштабных линеек. Полученный результат измерения делят на соответствующее увеличение объектива и получают действительное отклонение.

Большое влияние на точность измерений с помощью проектора оказывает точность выполнения увеличенных чертежей. Человеческий глаз не всегда может заметить разницу между линиями проекторного чертежа и линиями теневого контура детали (она меньше 0,3 мм). Поэтому чем выше точность выполнения чертежа, тем меньше накопленная погрешность измерения. Для повышения точности выполнения чертежей все построения нужно производить по точкам, полученным в результате математических расчетов. Нельзя при построении профиля пользоваться в качестве измерителей транспортирами и угольниками. Чертежи для проектора, выполненные на чертежной бумаге или кальке, пригодны только для однократного пользования. Для длительного хранения они

не пригодны, так как в результате температурных колебаний и воздействия влажности фактические размеры на них меняются. Наиболее точные, не меняющие размеров, чертежи получают на органическом стекле при выполнении разметки на координатно-расточных станках. Для нанесения прямых линий пользуются координатными перемещениями стола и специальной чертилкой, острие которой совпадает с осью шпинделя расточного станка.

Окружности и дуговые участки выполняются с помощью специального приспособления (рис. 140), позволяющего нанести дугу любого радиуса из точки расположения координат центра

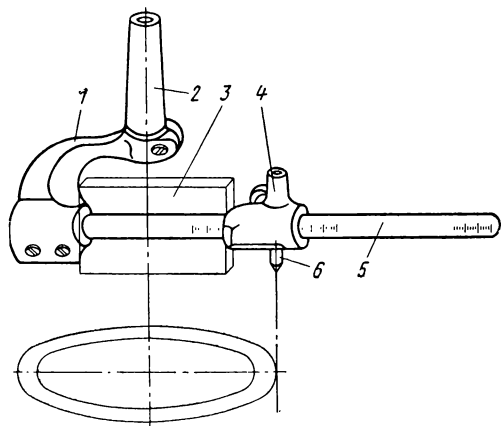


Рис. 140. Приспособление для разметки дуг на координатно-расточном станке

этого радиуса. Приспособление состоит из штанги 5, закрепленной неподвижно в кронштейне 1, движка 4 с чертилкой 6 и конусного хвостовика 2, с помощью которого приспособление закрепляют в шпиндель координатно расточного станка. В исходном положении движка 4, когда он вплотную придвинут к кронштейну 1, ось чертилки 6 совпадает с осью шпинделя станка. Для настройки на требуемый радиус размечаемой дуги между кронштейном 1 и движком 4 устанавливают набор

концевых мер 3, равный размечаемому радиусу. Для исключения явления параллакса органическое стекло берется толщиной 1—2 мм и закрепляется размеченной поверхностью к экрану.

Применение УСКП. Наряду со специальными методами контроля, в производственной практике, особенно при изготовлении деталей небольшими партиями, приходится иметь дело с измерениями, выполняемыми универсальными средствами, часто с применением геометрических и тригонометрических расчетов. С целью сокращения общего количества применяемых в производственных условиях универсальных средств контроля и наиболее полного оснащения средствами измерения предприятий серийного и мелкосерийного производства ведутся работы по созданию универсально-перенастраиваемого контрольного комплекса (УСКП). Ряд элементов и узлов, входящих в такой комплекс, может получить применение и при измерениях, производимых при профильном шлифовании.

Одним из узлов, входящих в УСКП, является двухповоротный синусный столик (рис. 141), предназначенный для линейно-угловых измерений деталей в двух взаимно перпендикулярных пло-

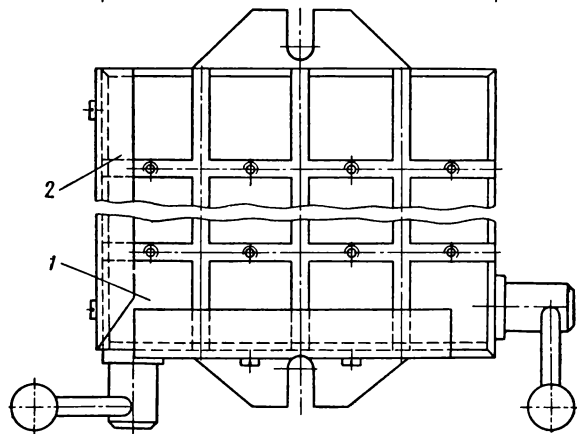
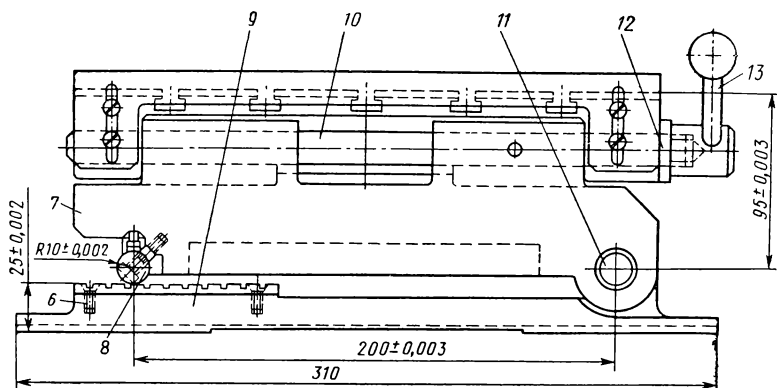
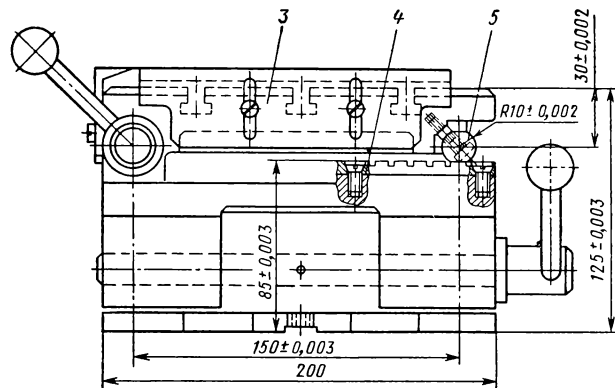


Рис. 141. Двухповоротный синусный столик

скостях. Столик состоит из основания 9, нижней поворотной плиты 7 и верхней поворотной плиты 1. Поворотные плиты вращаются вокруг закаленных притертых осей — валиков 10 и 11, а стопорение поворота осуществляется гайкой-штулкой 12 с помощью рукоятки 13. Одной из ответственных деталей в столике являются ролики 5 и 8. К основанию 9 и поворотной плите 7 прикрепляются закаленные доведенные планки 4 и 6, являющиеся опорными поверхностями для роликов 5 и 8 и базами для установки блоков концевых мер при повороте синусного столика на угол. К верхней

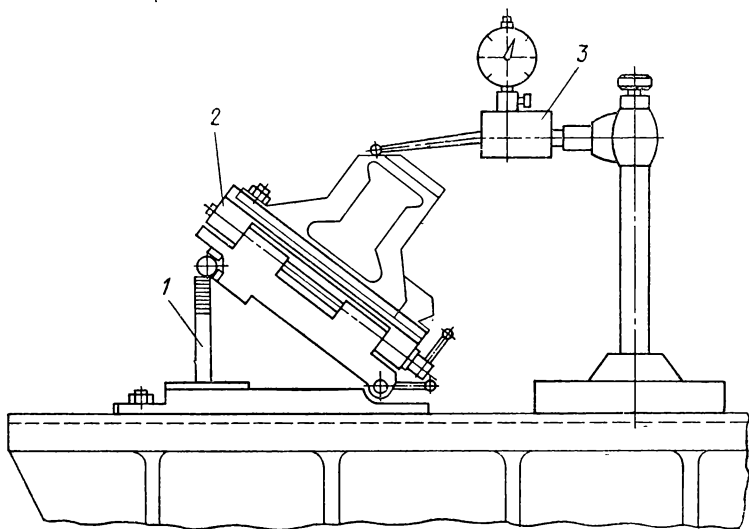


Рис. 142. Схема контроля угла на синусном столике:

1 — блок концевых мер; 2 — синусный столик; 3 — индикаторная передача

поворотной плите 1 прикреплены две Г-образные планки 2 и 3. В отличие от синусных линий по ГОСТ 4046—71 у рассматриваемого столика Г-образные планки изготовлены так, что плоскости, проведенные через их опорные поверхности, проходят точно через центры осей-валиков 10 и 11 на всем их протяжении. Такое расположение Г-образных планок позволяет косвенным путем проверять линейный размер прямолинейных отрезков между точками пересечения, образованными наклонными плоскостями. На верхней поворотной плите имеются продольные и поперечные Т-образные пазы и ряд резьбовых отверстий, что позволяет быстро и надежно крепить проверяемую деталь с помощью универсальных прижимов.

Контроль угла с помощью синусного столика производится по схеме, показанной на рис. 142. Контролируемую деталь крепят на верхней поворотной плите синусного столика. Блок концевых мер размером h рассчитывают по формуле $h = L \sin \alpha$ (где L — расстояние между центрами ролика и оси-валика) и устанавливают под ролик синусного столика. Измерительной ножкой индикатора с ценой деления 0,001 мм проводят по поверхности контролируе-

мой детали. Если деталь выполнена точно с углом α , стрелка индикатора будет находиться все время в нулевом положении. Если угол α выполнен с отклонениями, то индикатор покажет какую-то величину, например a на длине l (на концах контролируемой поверхности). Угол отклонения от α подсчитывается по формуле $\sin \alpha_1 = a/l$, где α_1 — отклонение угла.

Основными погрешностями при контроле на синусном столике могут быть: отклонения в размере набора блока концевых мер;

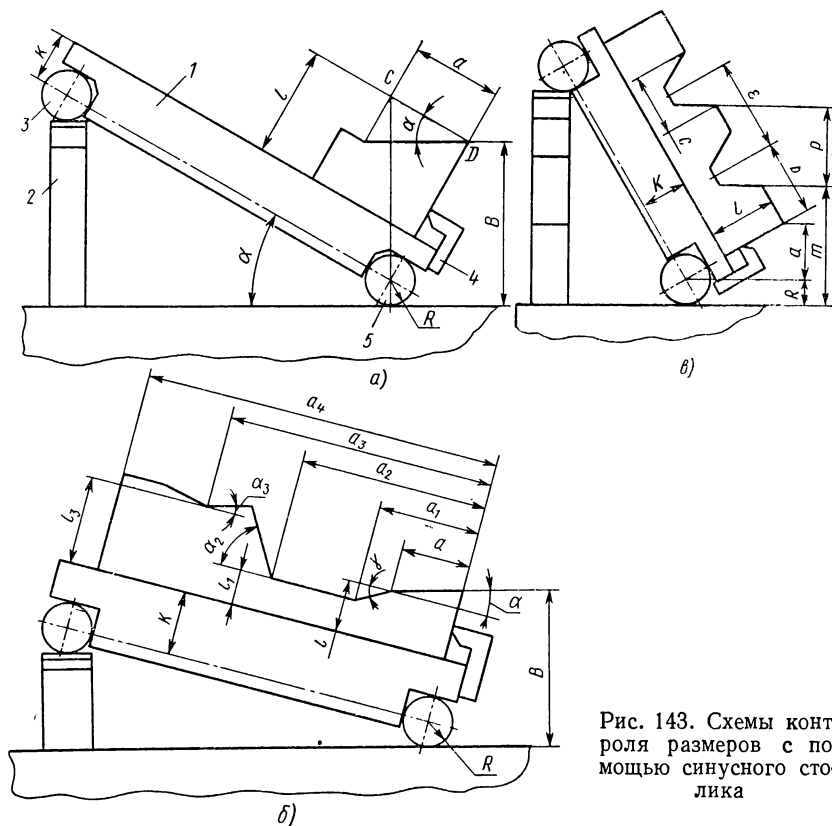


Рис. 143. Схемы контроля размеров с помощью синусного столика

отклонения размера синусного столика. Ориентировочно погрешность угла α , проверяемого на синусном столике с расстоянием $L = 200$ мм, составляет:

α , град	0—15	15—30	30—45	45—60	60—80
Погрешность ($\pm$), с	3	5	7	12	38

Для контроля линейной величины отрезков между пересекающимися плоскостями синусный столик устанавливают на контрольную плиту. На верхнюю поверхность помещают проверяемую деталь, так чтобы одна из базовых поверхностей лежала на столике 1 (рис. 143, а), а другая упиралась в Г-образную планку 4.

Под ролик 3 устанавливают блок концевых мер 2, набранный в соответствии с заданным углом α . Ролик 5 столика упирается в плиту. Из тригонометрической зависимости образовавшихся прямоугольных треугольников следует, что линейная величина

$$a = \frac{B - R - (l + k) \cos \alpha}{\sin \alpha},$$

где B — расстояние от поверхности плиты до проверяемой плоскости детали; l — заданное чертежом расстояние от основания детали до точки пересечения плоскостей; k — расстояние от центра ролика до поверхности синусного столика; R — радиус ролика синусного столика.

Из приведенной выше зависимости

$$B = (l + k) \cos \alpha + a \sin \alpha + R.$$

Установив на плиту стойку с индикатором с помощью блока концевых мер, измерительный штифт выставляют на размер B .

Если контур детали образован рядом пересекающихся наклонных плоскостей (рис. 143, б) обработку производят последовательно каждой плоскости ($a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$), устанавливая синусный столик на углы $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ и выставляя соответственно размеры $B_1, B_2, \dots, B_n$. Размеры направляющих пазов (рис. 143, в) также можно измерять косвенным путем с помощью синусного столика. Для этого столик устанавливают на плиту и выставляют набором концевых мер на угол α (в нашем случае 60°). Деталь основанием устанавливают на поверхность синусного столика, а боковой стороной прижимают к Г-образному упору. Из тригонометрической зависимости образовавшихся треугольников $m = R + (k + l) \sin (90 - \alpha) + \left(B - \frac{c}{2}\right) \cos (90 - \alpha)$, где m — расстояние от поверхности плиты до боковой поверхности направляющей; l — высота детали, заданная чертежом; B — расстояние от плоскости направляющей до оси паза, заданное чертежом; c — ширина паза направляющей.

Размер между сторонами пазов направляющих

$$p = \frac{E}{\sin \alpha} - \frac{c}{2} \cos \alpha,$$

где E — расстояние между осями пазов направляющих, заданное чертежом.

На плиту устанавливают блок плиток, равный m . По нему выставляют индикатор, измерительный штифт которого при контакте с угловой поверхностью направляющей показывает отклонения размера m . Аналогично измеряют расстояние p . Одновременно с проверкой размера по отклонениям стрелки индикатора в период перемещения его по плоскости направляющей определяется погрешность шлифования угла паза $\frac{\alpha}{2}$.

При выполнении работ по профильному шлифованию может быть использован и другой узел УСКП — универсальные центры. Универсальные центры предназначены для контроля радиального и торцового биения детали и измерения размеров между пазами и выступами цилиндрических деталей. Кроме того, центры применяются также при измерении межосевых расстояний.

Центрами (рис. 144) можно пользоваться, располагая их на нижнюю и боковую опорные поверхности в горизонтальном положении и устанавливая их на торец в вертикальном положении. Таким образом, универсальными центрами можно производить

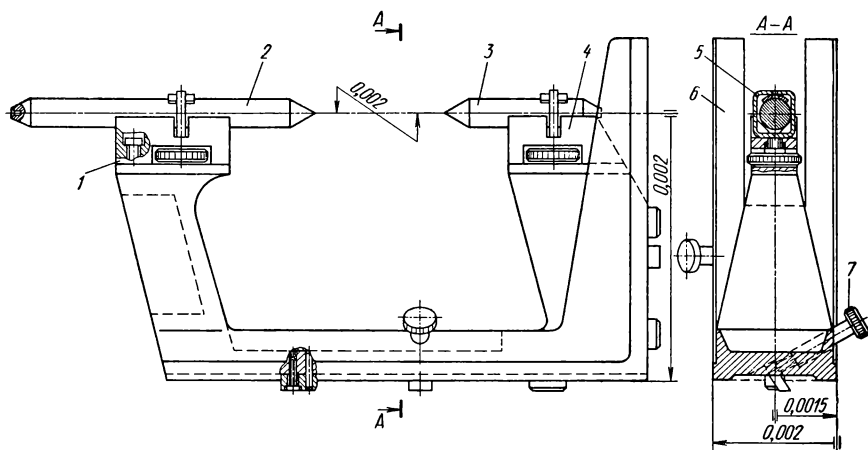


Рис. 144. Универсальные центры

измерения в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Универсальные центры крепят в пазах плиты комплекса УСКП болтами 7. На корпусе 6 установлены две призмы 1 и 4, оси которых находятся на одной высоте. В призмы устанавливают скалки 2 и 3, которые крепят прижимами 5. При пользовании центрами в вертикальном положении скалки 2 и 3 при их откреплении могут упасть. Чтобы этого не произошло, в нижней части призм предусмотрены пазы с закрепленными в них на клею пластмассовыми вкладышами, выполняющими роль тормозов. Такое решение конструкции центров значительно упрощает их эксплуатацию.

В центрах можно производить следующие операции: контроль параллельности плоскостей относительно оси; измерение расстояния между плоскостями, перпендикулярными оси центров детали; контроль параллельности осей отверстий; контроль радиального и торцового биения.

В процессе эксплуатации область использования центров может быть значительно расширена.

Для контроля неперпендикулярности двух плоскостей в УСКП применяется универсальный угольник оригинальной конструкции. Угольник состоит из основания 4 (рис. 145, а) имеющего паз

типа ласточкина хвоста, по которому перемещается ползун 5, несущий на себе жесткий упор 1 и зажим 2. В зажим винтом 3 закрепляют измерительную головку (индикатор) с присоединитель-

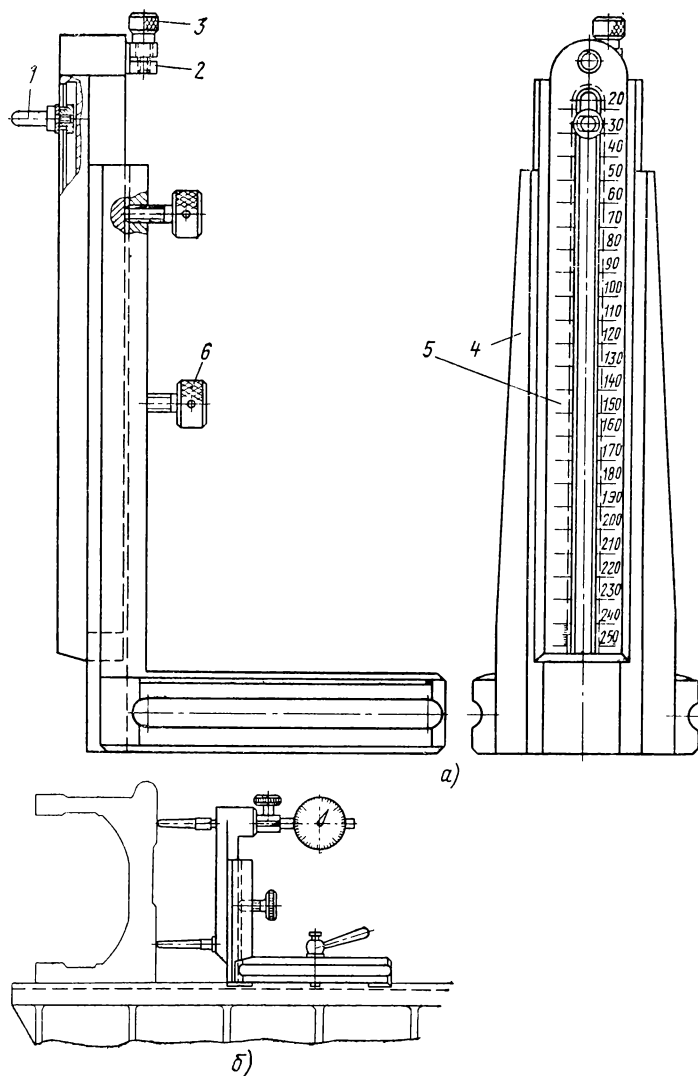


Рис. 145. Универсальный угольник

ным диаметром 8 мм. На ползуне нанесены миллиметровые деления, позволяющие установить жесткий упор 1 на необходимое расстояние от индикатора. Ползун 5 крепится двумя винтами 6. Установка индикатора на ноль производится по эталонному

цилиндру или лекальному угольнику. Схема измерения универсальным угольником показана на рис. 145, б. В процессе измерения индикатор показывает линейную величину отклонения от перпендикулярности проверяемой плоскости.

Кубик (рис. 146) является элементом вспомогательной оснастки, входящей в комплекс, и применяется для закрепления деталей при контроле различных линейных параметров: смещения плоскостей, расстояний между плоскостями, симметричности отверстия и плоскостей относительно оси других отверстий, высоты детали и т. п.

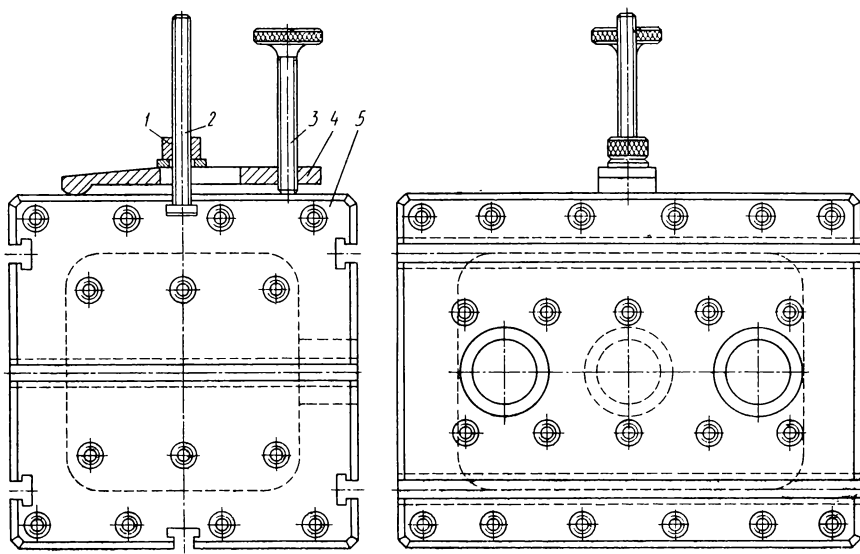


Рис. 146. Кубик для закрепления деталей при измерениях

Кубик состоит из корпуса 5, по оси которого расположены три точных отверстия под сменные втулки. В них вставляют различные оправки, применяемые для точного базирования контролируемых деталей. Закрепляются детали на кубике универсальными прижимами, состоящими из болтов 2, планки 4, устанавливаемой на требуемую высоту винтом 3, и гайки 1, с помощью которой зажимается планка 4. Универсальные прижимы устанавливают болтом 2 в Т-образные пазы, предусмотренные для них на всех гранях кубика, а также на других позициях измерительного комплекса.

Все стороны кубика взаимно перпендикулярны, а расстояния от осей, расположенных в средней части кубика отверстий, до двух параллельных рабочих поверхностей строго одинаковы. На гранях кубика намаркированы действительные значения размеров между его поверхностями и размер от оси установочных отверстий до боковых поверхностей, что упрощает ведение под-

счетов при измерениях. В корпусе имеются резьбовые отверстия для дополнительных винтов, закрепляющих проверяемые детали на кубике.

Все основные измерения, предусмотренные для выполнения элементами комплекса (например, измерение расстояний между плоскостями или осями отверстий, деление, определение несоосности), производят с помощью индикаторной передачи, показанной на рис. 147. Передача состоит из неподвижной колодки 9, скрепленной с ножкой 10, подвижной колодки 4, подвешенной к неподвижной колодке на плоских пружинах 8, закрепляемых планками 1, и

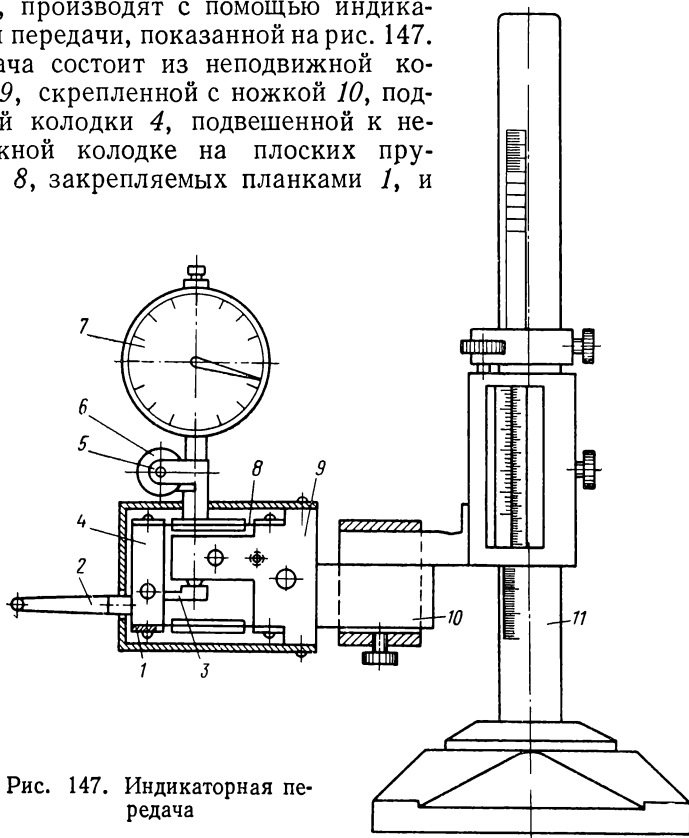


Рис. 147. Индикаторная передача

опоры 3, находящейся под воздействием измерительной головки 7. В подвижную колодку 4 устанавливают сменные измерительные наконечники 2. Благодаря тому, что показания измерений от наконечников 2 к головке 7 передают через плоские пружины, изменение длины и формы наконечников не влияет на точность измерения. В индикаторной передаче может быть использована измерительная головка с любой точностью отсчета, имеющая присоединительный диаметр 8 мм. Присоединительному размеру головки соответствует отверстие в зажиме 5, куда головка вставляется и где она зажимается винтом 6. Посредством ножки 10 передача может закрепляться в хомутке стойки 11 любой существующей конструкции.

Измерение радиусов как правило ведут геометрическим методом. Только для измерения малых радиусов имеются специальные оптические головки, входящие в комплект оснащения измерительных микроскопов:

$$R = \frac{L^2 + 4h^2}{8h},$$

где L — длина хорды; h — высота сегмента (стрелки) (рис. 148, а).

Размеры L и h могут быть определены в зависимости от размеров и конфигурации измеряемой детали. При снятии данных для подсчета радиуса посредством зубомера вертикальную ли-

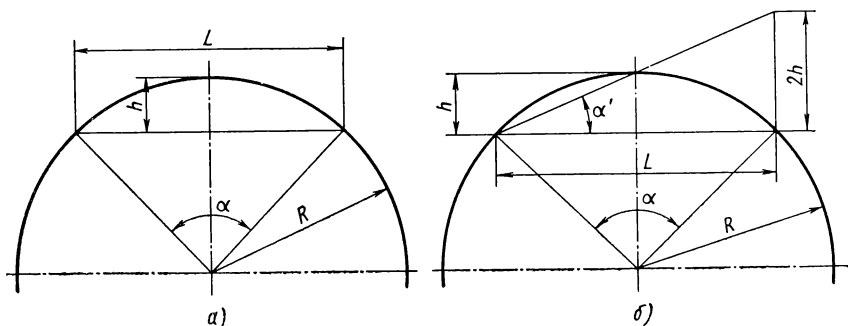


Рис. 148. Схемы определения радиуса геометрическим (а) и тригонометрическим (б) методами

нейку его устанавливают на произвольный размер h и, приложив ее к подлежащей измерению дуге, подводят по горизонтальной линейке губки до соприкосновения с окружностью и фиксируют полученные показания.

Отличаясь сравнительно высокой точностью, этот метод измерения обладает большими недостатками. Основным из них является влияние на результаты измерения местной погрешности профиля, что сказывается на результатах расчета. Для устранения этого недостатка производят несколько измерений с изменением величины h и затем определяют среднюю арифметическую величину подсчета, которую и принимают как действительный размер радиуса. Вторым недостатком этого метода является громоздкость и сложность расчетов радиуса. Для упрощения формула несколько преобразована и геометрический метод заменен тригонометрическим:

$$R = \frac{L^2 + 4h^2}{8h} = \frac{L^2}{8h} + \frac{4h^2}{8h},$$

откуда

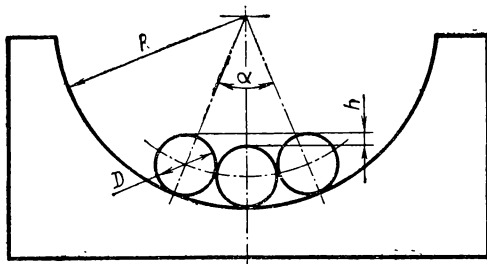
$$R = \frac{L^2}{8h} + \frac{h}{2}.$$

Из построения, приведенного на рис. 148, б, видно

$$\frac{L}{2h} = \operatorname{ctg} \alpha_1; \quad L = 2h \operatorname{ctg} \alpha_1;$$

$$R = \frac{L}{4} \cdot \frac{L}{2h} + \frac{h}{2} = \frac{L}{4} \operatorname{ctg} \alpha_1 + \frac{h}{2} = \frac{2h \operatorname{ctg} \alpha_1 \operatorname{ctg} \alpha_1}{4} + \frac{h}{2} = \\ = \frac{h}{2} (\operatorname{ctg}^2 \alpha_1 + 1) = \frac{h}{2} \operatorname{cosec}^2 \alpha_1.$$

Таким образом, для нахождения радиуса необходимо определить две величины



$$\frac{L}{2h} = \operatorname{ctg} \alpha_1 \text{ и } R = h \frac{\operatorname{cosec}^2 \alpha_1}{2},$$

Такое упрощение дает возможность заранее на вычислительной машине подготовить таблицы значений

$$\frac{L}{2h} = \operatorname{ctg} \alpha_1 \text{ и } \frac{\operatorname{cosec}^2 \alpha_1}{2},$$

Рис. 149. Схема определения радиуса методом трех шаров

что упрощает определение радиуса окружности по хорде и стрелке.

Довольно простой способ измерения радиусов следующий. Берут три закаленные и доведенные шайбы или три шара одинакового диаметра, укладываются вплотную друг к другу и к проверяемой дуге (рис. 149). Чтобы обеспечить надежный контакт шайб между собой и между проверяемой поверхностью, их намагничивают. Радиус проверяемой дуги

$$R = \frac{D^2}{2h} \pm \frac{D}{2},$$

где D — диаметр шайб; h — расстояние между средней и двумя крайними шайбами по линии измерения.

Знак плюс ставится при подсчете радиуса вогнутых дуг, знак минус — выпуклых. Так как при измерении обычно пользуются шайбами или шарами одного диаметра, то входящие в расчет значения $\frac{D^2}{2}$ и $\frac{D}{2}$ могут в нем участвовать как известные постоянные величины A и B .

Следовательно,

$$R = A \frac{1}{h} \pm B.$$

Значение $1/h$ может быть взято из математических таблиц, что значительно упрощает процесс расчета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов М., «Наука», 1967. 719 с.
2. Барун В. А., Будинский А. А. Автоматическое управление металлорежущих станков. М.—Л., «Машиностроение», 1973, 341 с.
3. Вердиев М. Г., Иванов А. М., Коленко Е. А. Устройство для крепления деталей методом примораживания при шлифовании. — «Станки и инструмент», 1973, № 5, с. 27—30.
4. Вольф А. М. Резание металлов. М.—Л., «Машиностроение», 1973, 496 с.
5. Камышев Н. Л. Практика профильного шлифования. Горьковское книжное изд-во, 1962. 403 с.
6. Лурье Г. Б., Комиссаржевская В. Н. Шлифовальные станки и их наладка. М., «Высшая школа», 1967. 473 с.
7. Металлорежущие станки. Тепинкичиев В. К., Красниченко Л. В., Тихонов А. А., Колев И. С., М., «Машиностроение». 1970. 463 с.
8. Малкин Б. М. Профилешлифовальные станки. М.—Л., «Машиностроение». 1967. 383 с.
9. Справочник по алмазной обработке металлорежущего инструмента. Киев. «Техника», 1971. 207 с. Авт.: Бакуль В. Н., Захаренко И. П., Кункин Я. А., Мильштейн М. З.
10. Теплицкий Б. М., Мазо Г. И. Делительные механизмы. М.—Л., «Машиностроение», 1974, 279 с.
11. Терган В. С. Плоское шлифование. М., «Высшая школа». 1974. 299 с.
12. Черкашин В. И. Профильное шлифование. М., «Машиностроение», 1971. 71 с.

СОДЕРЖАНИЕ



Введение	3
Станки для профильного шлифования	4
Подбор и балансировка шлифовальных кругов .	31
Устройства для закрепления деталей при профильном шлифовании	34
Устройства для профилирования шлифовальных кругов .	49
Шлифование пазов и направляющих	78
Шлифование контуров непрофилированным кругом .	100
Профильное шлифование деталей в серийном производстве .	119
Контроль контуров и размеров при профильном шлифовании	162
Список литературы	175



ИБ № 700

Илья Исаакович ДАШЕВСКИЙ, Иван Максимович БУРЦЕВ,
Анатолий Матвеевич ЗАКРЕВСКИЙ

ПРОФИЛЬНОЕ ШЛИФОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ПРИБОРОВ

Редакторы издательства: *Б. П. Святов, А. А. Степанова*
Технический редактор *Е. Б. Смирнова* Корректор *В. А. Воробьева*
Переплет художника *Е. В. Бекетова*

Сдано в набор 12/X 1976 г. Подписано к печати 19/I 1977 г. Т-02117
Формат 60×90^{1/16} Бумага типографская № 2 Усл. печ. л. 11 Уч.-изд. л. 11,65
Тираж 22 000 экз. Заказ № 1303 Цена 41 коп.

Издательство «Машиностроение», 107885, Москва, Б-78, 1-й Басманный пер. д. 3

Ленинградская типография № 6 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
193144, Ленинград, С-144, ул. Моисеенко, 10

41 коп.



«МАШИНОСТРОЕНИЕ»