

Можать-

УНИВЕРСАЛ

в приборостроении

А. С. КЕССЕЛЬМАН



ТОКАРЬ-УНИВЕРСАЛ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ СОЮЗНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ленинград
1959

В книге изложены основы теории резания, понятия о чистоте обработки и технических измерениях, приведены стандарты чертежей в машиностроении. Дается описание новейших конструкций приспособлений и режущего инструмента, применяемых в токарном деле на отечественных и зарубежных приборостроительных предприятиях.

Книга рассчитана на рабочих-токарей, мастеров, учащихся технических и ремесленных училищ и для курсов по повышению квалификации рабочих.

А. С. КЕССЕЛЬМАН

ТОКАРЬ—УНИВЕРСАЛ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Научный редактор *Н. В. Кашин*

Редактор *В. С. Чичканова*

Технический редактор *Р. К. Цал*

Корректоры *Н. Н. Васильева* и *Э. В. Краснова*

Слано в набор 20/IV-59 г. Подписано к печати 8/IX-59 г. М 49006 Изд. № 644-59

Формат бумаги 60×92/16 Печ. л. 16. Уч.-изд. л. 16

Тираж 15300. Цена 7 р. 10 к. Зак. № 763

Судпромгиз, Ленинград, ул. Дзержинского. 10

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	4
Глава I. Основные технические сведения, необходимые токарю-универсалу	5
Понятие о чертежах	—
Понятие о взаимозаменяемости, допусках и посадках	13
Понятие о чистоте обрабатываемых поверхностей и средствах контроля	31
Понятие о базах	38
Понятие о видах производства и об организационной структуре технологического процесса	40
Основные понятия об измерениях	42
Глава II. Некоторые вопросы теории резания	45
Общие сведения	—
Влияние различных факторов на скорость резания, стойкость и работу реза	46
Обработка резанием металлов с подогревом	62
Глава III. Режущий инструмент	68
Резцы	—
Сверла	84
Зинкера	92
Развертки и их назначение	97
Резцы для нарезания наружных и внутренних резьб	105
Резьбовые гребенки	112
Метчики	114
Плашки	117
Абразивные материалы	119
Глава IV. Технология обработки деталей на токарных станках	125
Обработка осей и валов	—
Обработка втулок, дисков и шкал	137
Контроль гладких цилиндрических и конических поверхностей	155
Обработка рабочей поверхности эксцентрика на токарном станке	158
Обработка деталей со смещенными осями	162
Обработка деталей класса крестовин, корпусов и рычагов	165
Приспособление для обработки деталей с перекрещивающимися осями	169
Обработка фигурных поверхностей	170
Обработка деталей протягиванием или прошиванием	172
Нарезание винтовой резьбы	175
Некоторые сведения из области доводки поверхностей	201
Обработка давлением на токарных станках	204
Технология изготовления витых спиральных и плоских пружин	207
Глава V. Специальные приспособления к токарным станкам	212
Быстросменные и многорезцовые приспособления	—
Устройства к токарному станку для автоматического получения размеров	215
Стробоскопический измеритель	217
Гидрокопировальный суппорт ГС-1	220
Приложения	223
Литература	256

ВВЕДЕНИЕ

Развитие приборостроения в СССР потребовало комплексного решения задач, относящихся к производственному процессу, в том числе к резанию металлов на металлорежущих станках.

При решении поставленной задачи существенную помощь оказало изучение факторов, влияющих на процесс резания, как, например, теплоты резания, режимов резания, применяемых при различных видах обработки, зонального нагрева обрабатываемого материала, смазочно-охлаждающих жидкостей и элементов, повышающих стойкость режущих кромок.

Вопросам изыскания рациональных приемов работы, ускорения обрабатываемости материалов, повышения режимов резания, геометрии заточки режущего инструмента, применения высокостойких сплавов уделялось за последние годы большое внимание.

Повышение производительности труда вследствие новейших видов зажимных устройств, совершенные конструкции многолезвийного инструмента, многолезцовая настройка, автоматический контроль размеров на рабочем месте, снижение механических свойств обрабатываемого материала и обработка давлением на токарных станках, — все это обеспечивает развитие технологии токарного дела в приборостроении.

На формирование технологии токарного дела оказывали влияние труды Ленинградского политехнического института, Института точной механики и оптики, Института авиационного приборостроения и опыт ряда новаторов производства отечественного приборостроения.

Обобщая в работе вопросы отечественной и зарубежной техники токарного дела в приборостроении, а также рекомендации новаторов производства, можно надеяться, что материал, изложенный в настоящей книге, будет способствовать повышению производительности труда и послужит полезным пособием для работников этой профессии.

ГЛАВА I

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ТОКАРЮ-УНИВЕРСАЛУ

Понятие о чертежах

Форматы чертежей. По общесоюзному стандарту ГОСТ 3450—52 форматы чертежей после обрезки должны укладываться в следующие размеры:

Обозначение	0	1	2	3	4	5
Форматы, мм	814 × 1152	576 × 814	407 × 576	288 × 407	203 × 288	144 × 203

Листы чертежной бумаги должны быть прямоугольными и по размерам соответствовать установленному стандарту.

Исходные данные для расчета стандартных листов получаются из отношения сторон последующего листа к предыдущему, т. е.

$$b_{i+1} = \frac{l_i}{2}, \text{ а также } b_i = 0,707 l_i,$$

где b_i — ширина листа;
 l_i — длина листа.

Такое условие сохраняет исходное расположение проекций при перечерчивании детали в определенном масштабе.

При наложении стандартных листов чертежной бумаги и совмещении сторон можно провести диагональ, характеризующую аналитическую зависимость деления отрезков в установленном отношении.

Если по условиям чертежа требуется увеличить формат чертежной бумаги, то его можно получить, увеличивая удлиненную сторону в $1\frac{1}{2}$; 2; $2\frac{1}{2}$; 3 и более раз или укороченную — в $1\frac{1}{2}$; $2\frac{1}{2}$; 3; $3\frac{1}{2}$ раза и т. д.

При брошюровании чертежей в альбом оставляется с левой стороны чертежа поле шириной 25 мм.

Если на чертеже предполагается нанесение рамки, то не следует отступать свыше 5 мм от края листа чертежной бумаги.

Форматы чертежей принято по ГОСТ 3450—52 обозначать порядковым номером формата, как, например, 0; 1; 2; 3; 4 и 5 (рис. 1).

Установленная система форматов дает основание для нормализации чертежных столов, чертежных досок, шкафов и папок для хранения чертежей.

М а с ш т а б ы для технического черчения устанавливаются согласно ГОСТ 3451—52 в следующем порядке:

Масштабы уменьшения	1:2; (1:2,5); (1:4); 1:5; 1:10; (1:15); 1:20; 1:25; 1:50; 1:75
Масштабы увеличения	2:1; (2,5:1); (4:1); 5:1; 10:1

Масштабы, поставленные в скобках, допускаются, но не рекомендуются.

В тех случаях, когда по условиям чертежа требуется увеличение или уменьшение изображения, выходящее за пределы масштабов, применяют установленные стандартом:

масштабы уменьшения

$1:10^n$; $1:(2 \cdot 10^n)$; $1:(5 \cdot 10^n)$;

масштабы увеличения

$(10 \cdot n):1$,

где n — целое число.

Для большей наглядности чертежа изображение рекомендуется делать в натуральную величину (масштаб 1:1), при этом допустима визуальная оценка габаритных размеров детали.

П о н я т и е о п р о е к ц и я х. При графическом изображении детали на чертеже ее устанавливают наиболее важной для работы стороной. После этого наносят изображение видимой стороны на плоскость чертежа, называя это изображение проекцией на фасадную плоскость или главным видом.

Проекциям, в зависимости от положения рассматриваемой стороны, присваиваются условные наименования: вид спереди, или главный вид, вид сверху, вид снизу, вид сзади, вид слева и вид справа.

Из двух существующих способов расположения проекций, известных под названием европейского и американского, принят для

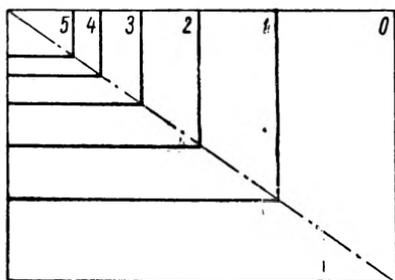


Рис. 1. Схема образования форматов чертежей.

общесоюзного стандарта ГОСТ 3453—52 европейский способ, показанный на рис. 2.

Главный вид 1 служит для данного чертежа основным видом, остальные нормально располагают в проекционной связи с главным видом: вид сверху — под главным видом 2; вид слева — справа от

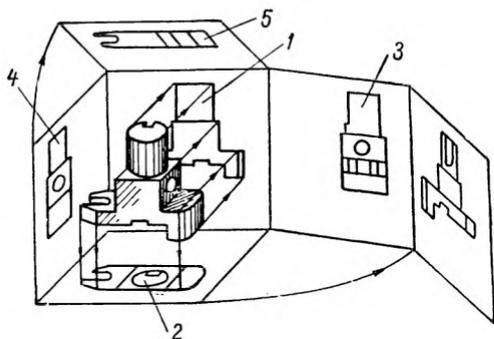


Рис. 2. Европейский способ расположения проекций.

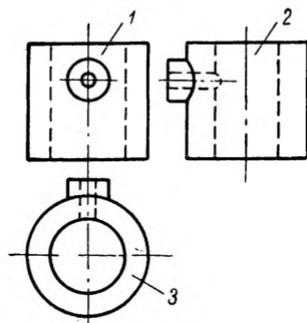


Рис. 3. Американский способ расположения проекций.

главного вида 3; вид справа — слева от главного вида 4; вид снизу — сверху над главным видом 5.

Проекции при американском способе (рис. 3) располагаются: вид сверху (на рисунке не показан) над главным видом 1; вид

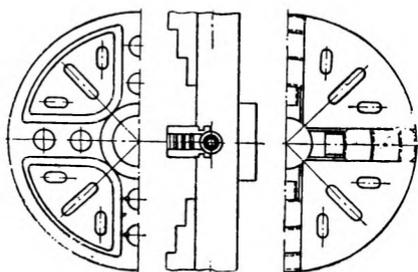


Рис. 4. Изображение симметричной фигуры на чертеже.

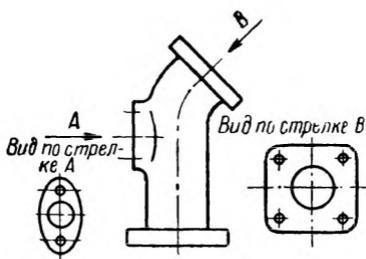


Рис. 5. Вид проекции вне зависимости от проекционной связи.

слева — слева от главного вида; вид справа — справа от главного вида 2; вид снизу — снизу под главным видом 3.

Сравнивая европейский и американский методы трудно отдать преимущество одному из них.

Европейский метод широко распространен также за рубежом, например, в Австралии, Австрии, Венгрии, Германии, Дании,

Италии, Норвегии, Финляндии, Франции, Чехословакии, Швейцарии и ряде других стран.

В чертеже сложной детали для внесения ясности допускаются, согласно ГОСТ 3453—52 отступления от установленных правил, как, например, частичные виды, размещение какого-либо вида вне проекционной связи с другим, соединение противоположных видов около оси симметрии, вычерчивание симметричной фигуры только до половины, как показано на рис. 4.

Виды, расположение которых выходит за пределы проекционной связи с другими видами (рис. 5), дополняются поясняющими надписями «вид по стрелке А» или «вид по А», а стрелкой указывается направление глаз наблюдателя.

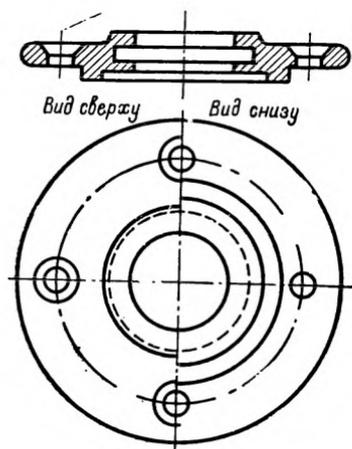


Рис. 6. Изображение противоположных видов симметричных деталей на одной проекции.

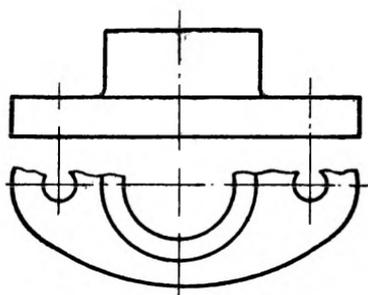


Рис. 7. Вид частичной проекции симметричной детали.

Виды, объединяющие частичные проекции противоположных сторон одной детали около оси симметрии, дополняются поясняющей надписью каждой частичной проекции в отдельности, как показано на рис. 6.

В случае неудобного расположения проекции симметричной детали на чертеже, экономии места и времени допускается вычерчивание частичной проекции — несколько более половины чертежа (рис. 7).

Виды, расположенные по ГОСТ 3453—52, не дополняются на чертеже поясняющей надписью, кроме заднего вида — «вид сзади».

Количество изображаемых проекций обычно делают минимальным, но достаточным для полного представления профиля вычерченной детали.

Разрезы и сечения. Подавляющее большинство деталей сложных конструктивных форм не обеспечивает ясности чертежа даже при наличии шести основных видов. Общесоюзным стандартом допускается делать дополнительные разрезы неясных мест или сечения. В большинстве случаев это относится к изображениям

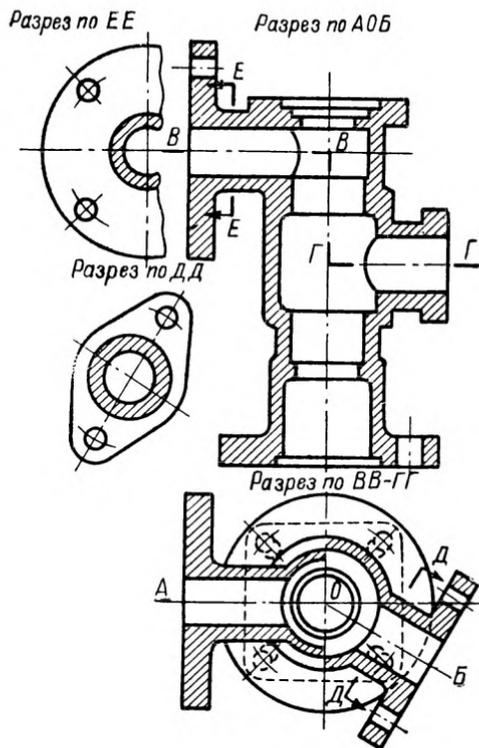


Рис. 8. Вид простого и сложного разрезов детали на чертеже.

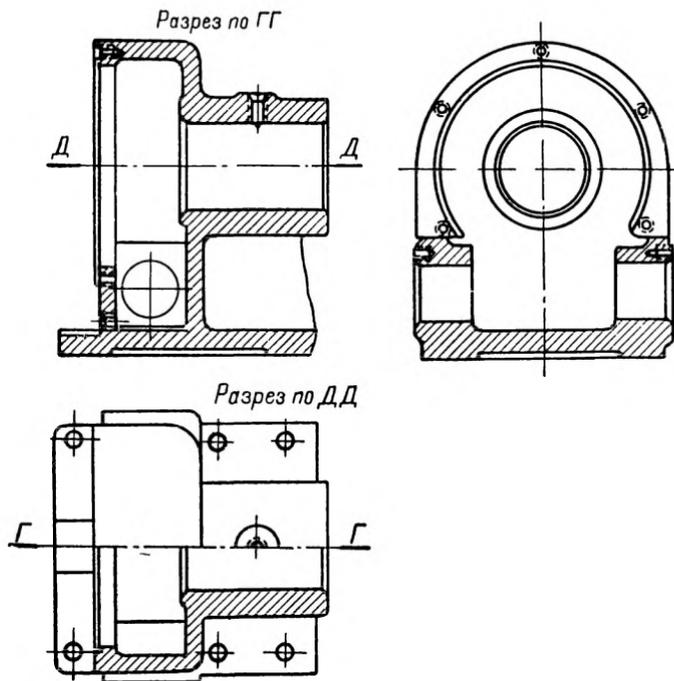


Рис. 9. Вид продольного и поперечного разрезов детали на чертеже.

внутренних конструктивных форм или внешним профилям, неясно выраженным на чертеже.

Разрезом или сечением называется сечение плоскостью, наиболее выгодной для ясности чертежа. Отличием разреза изображенной детали на чертеже от сечения является видимость контуров в плоскости сечения и контуров, расположенных в отдалении от него. Сечение дает изображение видимых контуров только в плоскости сечения. Поверхности в плоскости разреза или сечения выделяются соответствующей штриховкой.

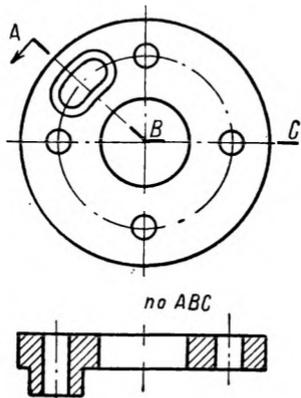


Рис. 10. Вид частичного разреза симметричной фигуры.

Разрезы, в зависимости от числа плоскостей сечения, бывают простыми и сложными.

Разрезы, которые делаются одной плоскостью сечения, называются простыми; сложными называются разрезы ступенчатые или расположенные под углом. Простые делаются параллельными плоскостями сечения, сложные — плоскостями с угловым параметром, как показано на рис. 8, где разрезы «по EE » и «по $ДД$ » являются простыми, а разрезы «по $ВВ-ГГ$ » и «по $АОБ$ » — сложными.

Разрезы делаются вертикальные, горизонтальные и наклонные, а также полные и частичные.

Вертикальные разрезы могут быть продольные, расположенные в плоскости чертежа параллельно фасадной плоскости, например разрез по $ГГ$ на рис. 9, и поперечные, расположенные перпендикулярно проекции главного вида (разрез по $ДД$).

Общесоюзным стандартом допускается соединение частичного разреза симметричной фигуры с остальной частью детали, как показано на рис. 10.

Когда разрез детали делается плоскостью, проходящей через ось симметрии, дополнительные пояснения не даются.

Сечения в зависимости от профиля детали и сложности формы могут быть наложенные или вынесенные.

Наложёнными называются сечения, расположенные в плоскости проекции на месте предполагаемого сечения (рис. 11). Вынесенными — сечения, которые располагаются в направлении указательных стрелок или на свободном месте чертежного листа. В случае выноса сечения на свободную часть листа вводится поясняющая надпись: «сечение по $АА$ » или «по $АА$ », как показано на рис. 12.

Контур вынесенного сечения делается нормальной контурной линией шириной b , а контур наложенного сечения — тонкой вспомогательной линией шириной $\frac{b}{4}$.

Штриховка, независимо от вида сечения, наносится под углом 45° к оси или линии контура.

Нанесение размеров. Общесоюзный стандарт ограничивает узкими рамками оформление чертежа, нанесение выносных и размерных линий, размерных чисел, условных обозначений и т. п.

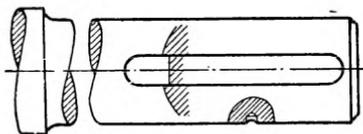


Рис. 11. Наложное сечение.

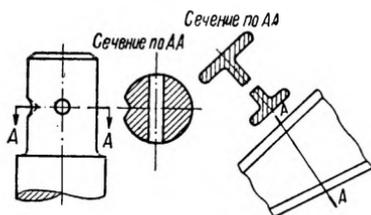


Рис. 12. Вынесенные сечения.

Простота и последовательность изложения делает общесоюзный стандарт незаменимым, а приведенный в нем материал — доходчивым и убедительным.

ГОСТ 3453—52 не дает основания для суждения о размерных числах детали и связи последних конструкторскими и технологическими базами. Оценка размерных величин детали производится исключительно по численным значениям, проставленным на размерных линиях. Все размеры на машиностроительных чертежах приводятся по стандарту в миллиметрах, без обозначения размерности. Один и тот же размер наносится на чертеже только один раз на одной из проекций, и только в случае действительной необходимости допускается повторение. Размерные числа предпочтительно наносить вне контура проекции — в разрыве размерной линии или над ней, по возможности посредине.

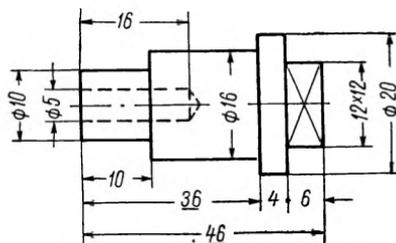


Рис. 13. Нанесение размеров на чертеже детали.

Размещение размерных линий допускается производить между линиями контура изображенной проекции, проходящими через геометрическую ось или вынесенными за пределы проектируемого вида (рис. 13).

Не следует пользоваться размерными линиями в качестве выносных. Для определения линейных величин размерные линии проводятся параллельно измеряемому параметру и перпендикулярно выносным линиям.

Размерные линии обычно делаются тонкими сплошными или с разрывом посередине. Длина их ограничивается на концах резко выраженными стрелками.

Размерные линии проводятся на чертеже от конструкторской базы. Допускается проводить их в виде последовательно расположенных прямолинейных или концентрических отрезков (звеньев цепочки).

Если изображаемая проекция на чертеже делается с разрывом, размерная линия проводится сплошной, с ограничением одного конца стрелкой. Когда разрез детали симметричного профиля делается до оси симметрии, размерная линия проводится с обрывом

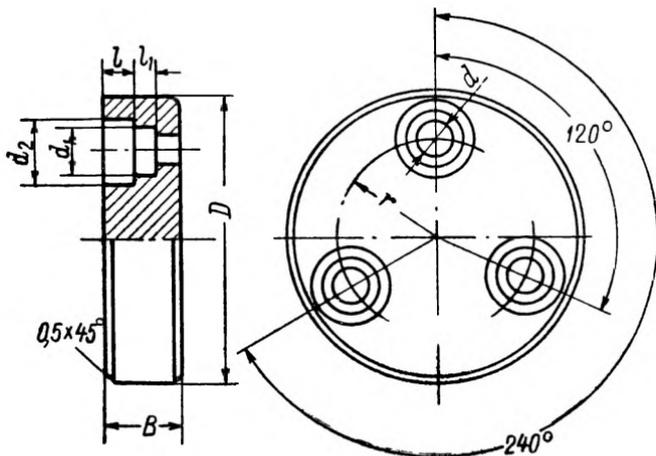


Рис. 14. Расстановка размеров между осями отверстий.

и ограничением одной стороны стрелкой, вторая сторона переходит незначительно через ось симметрии.

Стрелки, ограничивающие измеряемый параметр, упираются острием в выносные линии. Толщина их выбирается в зависимости от линий видимого контура и по возможности одинаковой для всего чертежа. При ограниченном месте для размещения размерных линий допускается заменять их выносными. Острия стрелок в этом случае опираются на линию контура измеряемого параметра. Если требуется обозначить радиус дуги окружности, то острие стрелки направляют в середину дуги, а точку приложения приводят к оси вращения или отступя на величину, установленную техническими условиями. В этом случае точку приложения обозначают крестиком.

При расположении размерных линий по концентрической окружности числовые величины записываются горизонтально в разрыве размерной линии или над ней.

Не рекомендуется нанесение размерных чисел одно под другим,

когда располагается ряд параллельных размерных линий, так как это может привести к погрешностям при вынужденной подчистке для замены одного числа другим.

В случае изображения проекции симметричной фигуры следует расстановку размеров для наружных и внутренних параметров производить отдельно. Если изображение проекции имеет ряд равноотстоящих отверстий, то расстояние между их осями следует обозначать, как показано на рис. 14.

Понятие о взаимозаменяемости, допусках и посадках

Взаимозаменяемость. Детали машин, узлы, входящие в сборку, и отдельные агрегаты обычно связаны между собой определенными условиями работы. Такое состояние работы звеньев механизма называется сопряженным, а отдельные элементы, входящие в это сопряжение, называются сопряженными элементами.

Сопряженные элементы деталей механизмов, узлов или агрегатов должны удовлетворять характеру сопряжения, обусловленному техническими условиями. Например: шпиндель станка, входящий в подшипник, должен иметь диаметр шейки меньший, чем диаметр подшипника, в противном случае вращательное движение шпинделя будет невозможным. Диаметры резьбовых элементов гайки, навинчиваемой на болт, должны быть большими, чем у болта, в противном случае не будет свинчивания. Шарикоподшипник должен плотно садиться внутренним кольцом на валик, гарантируя неподвижность соединения без дополнительного крепления. Зубчатое колесо, сопрягаемое с валом, должно садиться на вал, обеспечивая концентричность других параметров, и при наличии шпонки — неподвижность в отношении вращательного движения.

Из приведенных примеров видно, что характер сопряжения диктуется техническими условиями. В одном случае требуется легкость и плавность движения одного элемента относительно другого, в другом — неподвижность вращательного и поступательного движения, в третьем — концентричность параметров сопрягаемой детали и т. д.

Подобные соединения (в общем случае) называются подвижными, переходными, т. е. стоящими на грани неподвижности, и неподвижными.

Характер любого соединения сопряженных параметров определяется посадкой, а степень подвижности — классом точности.

Выбранная конструктором посадка должна гарантировать характер взаимодействия сопрягаемых параметров и положение деталей в процессе работы машины. При этом имеется в виду величина нагрузки на сопряженное соединение, число оборотов движущейся и неподвижной части, род смазки и многое другое.

Одновременно с выбором посадки намечается и класс точности, причем последний выбирается также в зависимости от эксплуатационных условий.

Годность деталей определяется действительным размером, если он не выходит за пределы допускаемых отклонений.

Детали обладают взаимозаменяемостью, если при сборке они не требуют дополнительной подгонки или подбора. Однако следует отличать полную взаимозаменяемость от неполной.

Неполная взаимозаменяемость встречается, когда конструкторские требования превышают технологические возможности изготовления и контроля, т. е. когда исполнительные размеры сопрягаемых параметров ограничены узким полем допуска. Для экономии средств на изготовление таких деталей и повышения точности сборки переходят к системе сортировки сопрягаемых деталей на отдельные группы и последующей селекционной сборке по одноименным группам.

При групповой сборке взаимозаменяемость сопрягаемых деталей ограничивается в пределах одной группы.

Для обеспечения взаимозаменяемости в Советском Союзе действует специальный ГОСТ на допуски и посадки.

О допусках и посадках. Одним из первых элементов системы допусков и посадок является размер, т. е. численная величина, полученная в результате

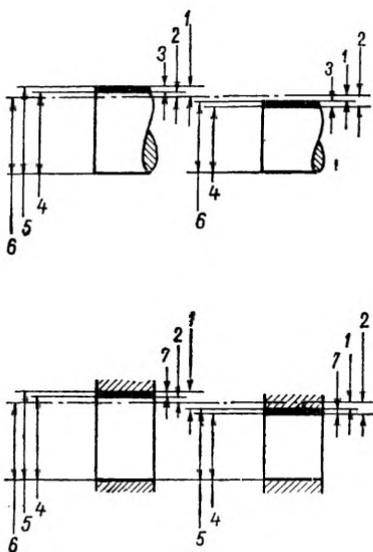


Рис. 15. Основные виды предельных размеров и отклонений.

расчета на прочность, износоустойчивость или просто вызванная конструкторскими соображениями.

Размеры, встречаемые на практике, численно выражают линейную или угловую величину. Для достижения взаимозаменяемости деталей необходима идентичность размеров, особенно на сопрягаемых поверхностях.

Допускаемые отклонения размера обычно устанавливаются в зависимости от кинематической связи между сопрягаемыми параметрами, не выходя за пределы технологических возможностей.

Существуют три вида размеров (рис. 15):

Номинальные размеры b , полученные в результате технического расчета, как исходные для определения допускаемых отклонений.

Предельные размеры, полученные в результате технического расчета с допускаемыми отклонениями, один из которых называется наибольшим 5 , другой — наименьшим предельным размером 4 .

Действительные размеры, полученные фактически при изготовлении детали.

Допуском на размер Z и 7 называется разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или между допускаемыми отклонениями.

Верхним отклонением 1 называется разность между наибольшим предельным и номинальным размерами. Нижним отклонением 2 — разность между наименьшим предельным и номинальным размерами. Отклонением размера называется разность между действительным и номинальным размерами.

Зазором называется положительная разность между диаметрами отверстия и вала, характеризующая степень относительного движения сопрягаемых параметров.

Наибольшим зазором называется положительная разность между наибольшим диаметром отверстия и наименьшим диаметром вала, наименьшим зазором — положительная разность между наименьшим диаметром отверстия и наибольшим диаметром вала.

Натягом называется отрицательная разность между диаметрами отверстия и вала, характеризующая степень неподвижности сопряжения.

Наибольшим натягом называется отрицательная разность между наибольшим диаметром вала и наименьшим диаметром отверстия; наименьшим натягом — отрицательная разность между наименьшим диаметром вала и наибольшим диаметром отверстия.

Величина зазора или натяга определяется допускаемыми отклонениями размеров отверстия и вала в зависимости от выбранной посадки и класса точности.

Допуском зазора или натяга называется разность между наибольшим и наименьшим зазорами или натягами.

Посадкой называется сопряжение, характеризующее степень относительного движения сопрягаемых параметров или степень неподвижности.

Посадки делятся на два вида: подвижные, гарантирующие относительное движение сопрягаемых параметров и неподвижные, гарантирующие неподвижность сопряжения, без дополнительного крепления.

Общесоюзным стандартом предусмотрены две основные системы допусков и посадок — система отверстия A и система вала B . Каждая из приведенных систем характеризуется основанием этой системы, заложенным при ее построении.

Основанием системы отверстия A служит отверстие, которое, независимо от характера сопряжения в данном классе точности и диапазоне номинальных размеров, имеет постоянные предельные размеры отверстия. Посадочные размеры, влияющие на характер сопряжения, осуществляются вследствие изменений предельных размеров вала 2 (рис. 16).

Основанием системы вала B служит вал, который, независимо от характера сопряжения в данном классе точности и диапазоне номинальных размеров, имеет постоянные предельные размеры вала.

Посадочные размеры, влияющие на характер сопряжения, осуществляются вследствие изменений предельных размеров отверстия 2 (рис. 17).

Если детали кинематически связаны между собой относительно движением, вращательным или поступательным, то выбирается одна из посадок в данном классе точности, способная обеспечить установленный характер сопряжения. При деталях, связанных между собой неподвижным сопряжением, выбирается такая посадка, которая могла бы удовлетворить поставленным условиям.

Система отверстия и система вала являются несимметричными. Допуск на размер в системе отверстия при подвижных посадках направлен в сторону увеличения диаметра отверстия, а в системе

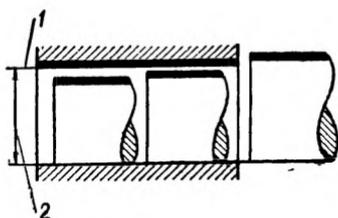


Рис. 16. Расположение полей допусков в системе отверстия.

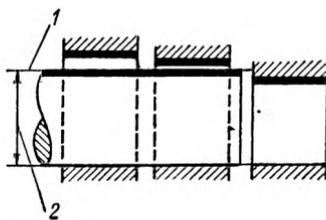


Рис. 17. Расположение полей допусков в системе вала.

вала — в сторону уменьшения диаметра вала. При неподвижных посадках расположение допусков направлено в противоположную сторону.

За начало отсчета предельных размеров принимается нулевая линия 1, графически показанная на рис. 16 и 17, на которой располагается наименьший предельный размер отверстия в системе отверстия и наибольший предельный размер вала в системе вала.

Условные обозначения допусков на чертежах. Общесоюзный стандарт ГОСТ 3457—46 указывает, что допуском на размер, по существу, является допускаемое отклонение предельного размера от номинального. Допуск на размер принято располагать после размерного числа в виде условного обозначения или числовой величины.

Если допускаемое отклонение назначается соответственно стандарту допусков и посадок, то оно обозначается условно, в зависимости от выбранной системы (отверстия *A* или вала *B*) допусков, класса точности, записанного числовой величиной в виде индекса, и посадки, характеризующей сопряженную работу измеряемого параметра.

В связи с широким распространением 2-го класса точности его числовое обозначение не проставляется, например:

$$\begin{array}{l} | \leftarrow \text{Ø } 70 \text{ } A \rightarrow | \\ | \leftarrow \text{Ø } 30 \text{ } B \rightarrow | \end{array}$$

Отклонения, отличающиеся от установленной системы допусков и посадок, проставляют числовым значением сзади размерного числа:

$$\begin{array}{c} |\leftarrow 100^{+0,2} \rightarrow| \\ |\leftarrow 100_{-0,2} \rightarrow| \end{array}$$

Размерные числа с обусловленными отклонениями проставляются в середине размерных линий или над ними. Если размерное число, в зависимости от выбранной посадки, имеет два допускаемых отклонения, то проставляется сперва верхнее отклонение и под ним нижнее, как показано на примере:

$$|\leftarrow 20_{-0,3}^{+0,1} \rightarrow|$$

Отклонения, равные нулю, не проставляются.

При размерах с симметричным расположением допускаемых отклонений проставляются знаки \pm , а затем величина допускаемых отклонений.

Например,

$$|\leftarrow \varnothing 70 \pm 0,2 \rightarrow|$$

Если допускаемое отклонение проставлено условным обозначением, то можно дополнительно указать числовую величину мелким шрифтом в скобках:

$$\begin{array}{c} |\leftarrow 20 A^{(+0,023)} \rightarrow| \\ |\leftarrow 20 X_4^{(-0,070)}_{(-0,210)} \rightarrow| \end{array}$$

При сопряженном соединении двух деталей размерное число проставляется с допускаемыми отклонениями в виде дроби. В числителе проставляется допускаемое отклонение отверстия, в знаменателе — отклонение вала.

Примеры.

- 50 $\frac{A}{H}$ обозначает напряженную посадку в системе отверстия при точности 2-го класса и номинальном диаметре 50 мм;
- 100 $\frac{L_4}{V_4}$ обозначает легкоходовую посадку 4-го класса точности в системе вала при номинальном диаметре 100 мм;
- 150 $\frac{X}{V_3}$ обозначает ходовую посадку отверстия 2-го класса точности в системе вала и вал 3-го класса точности при номинальном диаметре 150 мм;
- 14 $\frac{L}{Ц}$ обозначает легкоходовую посадку отверстия 2-го класса точности в системе вала и посадку движения вала в системе отверстия при номинальном диаметре 14 мм.

В случае числового указания допускаемых отклонений иногда вводится поясняющая надпись $\frac{Отв.}{Вал}$, как показано на рис. 18.

Гладкие конические сопряжения, так же как и цилиндрические, делятся (в зависимости от степени относительного движения) на подвижные, плотные и неподвижные.

Подвижные конические сопряжения иногда дополняются особым регулировочным устройством, посредством которого устанавливается степень подвижности или зазор.

Плотные конические сопряжения характеризуются точностью индивидуальной пригонки образующих, при которой обеспечивается плотность относительного движения сопрягаемых параметров с зазором, равным нулю (рис. 19).

Неподвижные конические сопряжения характеризуются точностью пригонки сопрягаемых поверхностей без ограничительного устройства, при которой обеспечивается неподвижность сопряжения.

Если при гладком цилиндрическом сопряжении степень подвижности определялась зазором или натягом вследствие отклонения размера вала в системе отверстия или отверстия в системе вала, то при гладком коническом сопряжении изменяется базорасстояние C (рис. 20), зависящее от многочисленности вероятных отклонений.

Изучая геометрическое построение сопрягаемых параметров, находим, что базорасстояние изменяется в зависимости от изменения углов наклона образующих

$$\alpha_B > \alpha_A \quad \text{или} \quad \alpha_B < \alpha_A,$$

а также от изменения диаметров усеченных конусов, отверстия и вала, в пределах допускаемых отклонений

$$\Delta_1 C = \pm (\delta D_A + \delta D_B) \frac{1}{k},$$

где k — конусность, принятая в основу построения гладкого конического сопряжения.

Возможны случаи изменения базорасстояния при точном выполнении углов наклона образующих отверстия и вала с размерами диаметров в пределах допускаемых отклонений.

При равенстве допусков δD_A и δD_B можно рассчитывать на равенство абсолютных значений $\Delta_1 C$, но различных по знаку (рис. 21).

В том случае, когда диаметр отверстия выполнен по наибольшему значению, а вал по наименьшему, знак перед $\Delta_1 C$ будет минус «—» (рис. 22) и, наоборот, когда диаметр отверстия конуса будет выполнен по наименьшему значению, а вал — по наибольшему, знак перед $\Delta_1 C$ будет плюс «+» (рис. 23).

Наиболее эффективное практическое значение получается в том случае, когда допускаемые отклонения размеров отверстия и вала

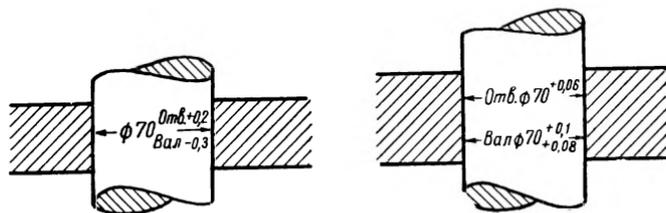


Рис. 18. Сопряженные размеры отверстия и вала.

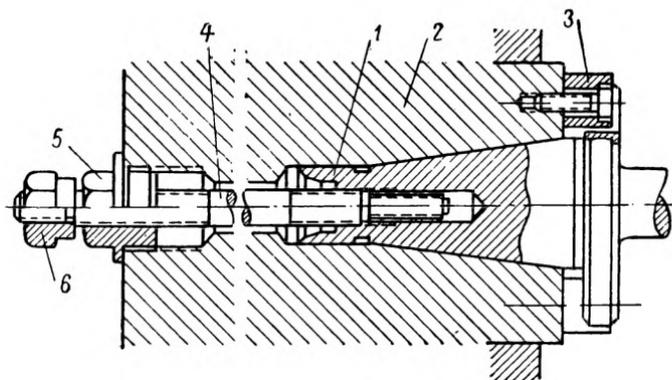


Рис. 19. Плотное сопряжение конических поверхностей.
1 — конец оправки; 2 — шпindelь; 3 — шпиль шпинделя; 4 — шомпол;
5 — гайка; 6 — головка шомпола.

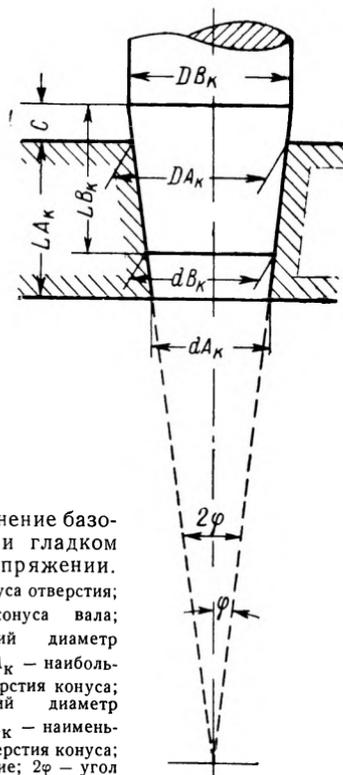


Рис. 20. Изменение базорасстояния при гладком коническом сопряжении.
 $L_{Aк}$ — длина конуса отверстия;
 $L_{Bк}$ — длина конуса вала;
 $D_{Bк}$ — наибольший диаметр вала конуса; $D_{Aк}$ — наибольший диаметр отверстия конуса;
 $d_{Bк}$ — наименьший диаметр вала конуса; $d_{Aк}$ — наименьший диаметр отверстия конуса;
 C — базорасстояние; 2ϕ — угол конуса; ϕ — угол уклона.

равны по величине и направлены в сторону плюс или минус. Тогда значение величины $\Delta_1 C = \pm \delta D_{B(A)} \frac{1}{k}$ снижается наполовину

Для получения более постоянного значения базорасстояния пользуются несимметричным расположением полей допусков. Предельные отклонения углов вложен и внутреннего конусов определяются в этом случае через tg дополнительного угла наклона, как отношение $\frac{1}{2}$ допускаемого отклонения диаметрального размера $[\delta D_{B(A)}]$ к длине сопряжения.

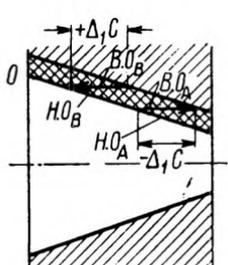


Рис. 21. Изменение базорасстояния в зависимости от одноименного отклонения (+) отверстия и вала.

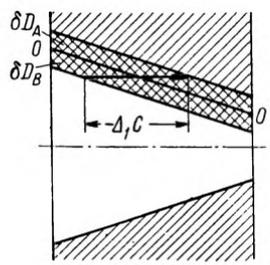


Рис. 22. Изменение базорасстояния в зависимости от различного отклонения диаметральных величин отверстия (+) и вала (-).

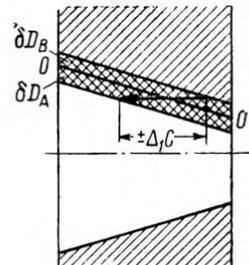


Рис. 23. Изменение базорасстояния в зависимости от различного отклонения диаметральных величин отверстия (-) и вала (+).

Резьбовые цилиндрические сопряжения. Для внесения ясности в понятие о резьбовом сопряжении общесоюзным стандартом предусмотрены определения основных элементов винтовой резьбы (рис. 24).

Наружным диаметром резьбы называется диаметр окружности, проходящей по вершинам резьбы болта и впадинам резьбы гайки. Внутренний диаметр резьбы — это диаметр окружности, проходящей по впадинам резьбы болта и видимым вершинам резьбы гайки. Средний диаметр резьбы — диаметр воображаемого цилиндра, поверхность которого пересекает резьбовые витки таким образом, что ширина срезанного витка равна ширине впадины.

Шагом резьбы называется расстояние между любыми двумя витками, измеренное в направлении оси резьбы.

Профиль резьбы это сечение витка плоскостью, проходящей через ось резьбы.

Углом профиля резьбы называется угол при вершине профиля, измеренный в плоскости, проходящей через ось резьбы. Половина угла профиля составлена стороной профиля и перпендикуляром, опущенным из вершины профиля на ось резьбы. Измеряется угол профиля в плоскости, проходящей через ось резьбы. Высота тре-

угольной резьбы t_0 — это высота остроугольного профиля, полученная продолжением боковых сторон профиля от основания до их пересечения. Высота профиля t_1 — высота основного расчетного профиля для болта и гайки, измеренная перпендикулярно оси резьбы. Рабочая высота витка t_2 — наибольшая высота рабочей поверхности профиля резьбовой пары, измеренная перпендикулярно оси резьбы.

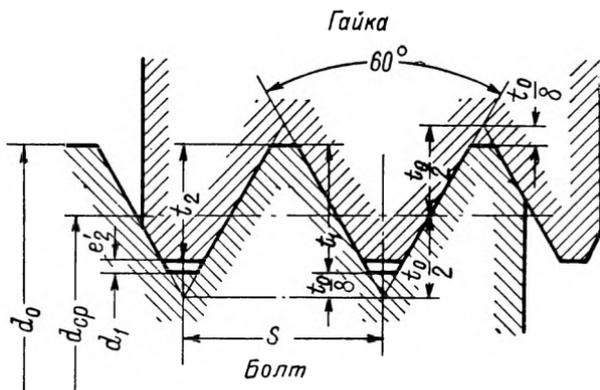


Рис. 24. Основные определения элементов резьбы. d_0 — наружный диаметр; d_{cp} — средний диаметр; d_1 — внутренний диаметр; t_0 — высота профиля до теоретического острия; $\frac{e'}{2}$ — гарантийный зазор; t_1 — высота профиля; t_2 — рабочая высота профиля; S — шаг резьбы.

Угол подъема резьбы ψ — угол, образованный винтовой линией и плоскостью, перпендикулярной оси резьбы.

Такое определение угла подъема винтовой резьбы было бы неполным, если допустить, что в зависимости от числа диаметров, принятых в расчетной формуле, можно получить соответствующее число частных решений и различных углов подъема.

Для неизменного решения этого вопроса в расчетную формулу вводится средний диаметр резьбы d_{cp} , который имеет строгое определение для всех резьб.

Угол подъема определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{S}{\pi d_{cp}}.$$

Для многоходовых резьб в числитель этой формулы вводится величина Sn , где n — число ходов.

Понятие о свинчиваемости резьбовой пары и взаимозаменяемости сопрягаемых деталей связано с пределами допускаемых отклонений на взаимосвязанные параметры и суммарным выражением отклонений, приведенных к среднему диаметру.

Наибольшее влияние на свинчиваемость резьбовой пары имеет средний диаметр резьбы, который практически принимается с уче-

том допускаемых отклонений по шагу δS на половину угла профиля $\delta \frac{\alpha}{2}$ и отклонений среднего диаметра резьбы δd_{cp} . Такой средний диаметр резьбы называется приведенным средним диаметром.

Отклонение шага резьбы δS может быть причиной прогрессивной погрешности шага ходового винта станка или инструмента, неудачного сцепления зубчатых передаточных колес или местных погрешностей, вызванных естественным износом станка.

Возможны случаи, когда гайка, подлежащая свинчиванию с болтом, имеет правильно нарезанную резьбу, а резьба болта выполнена с погрешностью, и наоборот.

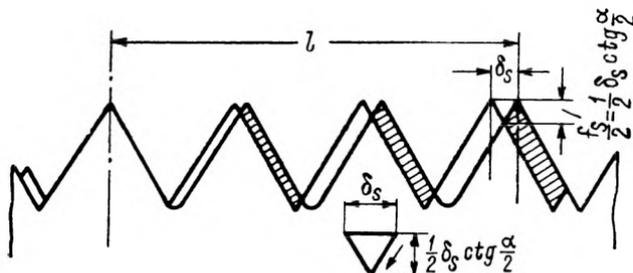


Рис. 25. Диаметральная компенсация погрешностей резьбы.

Возможна разноименная погрешность выполненной резьбы болта и гайки (шаг резьбы болта или гайки сжат «—», шаг резьбы гайки или болта растянут «+»). Возможна одноименная погрешность шага выполненной резьбы болта и гайки, но различная по величине.

Для обеспечения свинчиваемости резьбовой пары с отклонением резьбы по шагу S независимо от его расположения (между двумя смежными витками или крайние витки, на длине свинчивания) для метрической резьбы общесоюзным стандартом предусмотрено допускаемое отклонение δS (рис. 25) и соответствующее снижение среднего диаметра резьбы на величину

$$fS = \delta S l \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 1,732 \delta S.$$

Отклонение половины угла профиля $\delta \frac{\alpha}{2}$ в основном является причиной погрешности полного угла профиля нарезанной резьбы болта или гайки, а также неперпендикулярности биссектрисы угла профиля к оси резьбы с симметричным (рис. 26, а) или несимметричным профилем (рис. 26, б). Возможны случаи: профиль резьбы гайки выполнен с достаточной точностью, а профиль резьбы болта имеет несимметричное построение относительно перпендикуляра к оси резьбы; разноименные отклонения половин угла профиля

резьбы и гайки; одноименны отклонения половин угла профиля резьбы болта и гайки, но различны по величине.

Отклонение собственно среднего диаметра резьбы определяется, как и для гладких изделий, пропорционально $\sqrt[3]{d}$

$$\delta d_{\text{ср}} = ai,$$

где a — число единиц;

$$i = 0,001 \sqrt[3]{d} \text{ — единица допуска.}$$

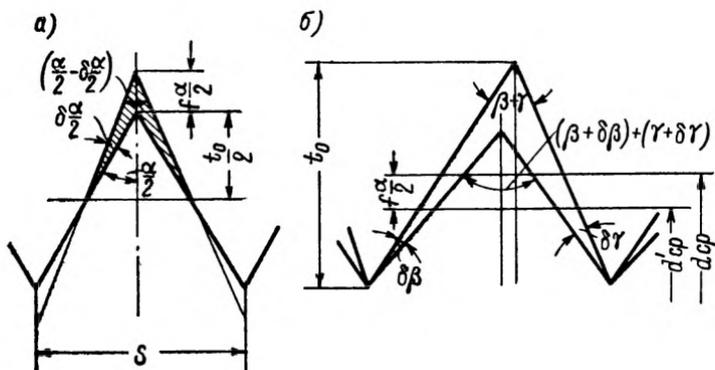


Рис. 26. Диаметральная компенсация погрешностей половины угла профиля.

Допуски и посадки на крепежные резьбы. Для крепежных резьб, как и для гладких изделий, применяются посадки подвижные и неподвижные.

Наиболее широкое распространение имеют скользящие посадки. Величина допуска среднего диаметра определяется в зависимости от шага нарезаемой резьбы.

Для случая резьбового сопряжения устанавливается резьбовая единица допуска

$$1 \text{ р. ед. доп.} = 67\sqrt{S} \text{ мк,}$$

где S — шаг, мм.

Одновременно с этим для резьбовых сопряжений устанавливаются три класса точности, отличающиеся числом единиц допуска:

$$1\text{-й класс точности — } 1 \text{ р. ед. доп.} = 64 \sqrt{S};$$

$$2\text{-й класс точности — } 1,5 \text{ р. ед. доп.} = 101 \sqrt{S};$$

$$3\text{-й класс точности — } 2,5 \text{ р. ед. доп.} = 167 \sqrt{S}.$$

Допуски 1-го класса точности установлены только для мелких метрических резьб. Суммарный допуск на средний диаметр мелких метрических резьб вычислен по формуле

$$b = k \left(25 \sqrt[3]{d} + 1,5 \sqrt{S n} + 43 \sqrt{S} \right) \text{ мк,}$$

где k — коэффициент, равный 0,64 для 1-го класса, 1 для 2-го класса, 1,6 для 3-го класса;

$25 \sqrt[3]{d}$ — относится к составляющей компенсации отклонения собственно среднего диаметра;

$1,5 \sqrt{S n}$ — относится к составляющей компенсации отклонения шага резьбы;

n — число витков на длине свинчивания определится как отношение

$$n = \frac{0,8d_0}{S},$$

где d_0 — номинальный диаметр резьбы;

$43 \sqrt{S}$ — относится к составляющей компенсации отклонения половины угла профиля и местным погрешностям шага резьбы.

Допуск на наружный диаметр для всех метрических резьб 2-го и 3-го классов точности по ОСТ 94 (с 1—5 мм) принят равным

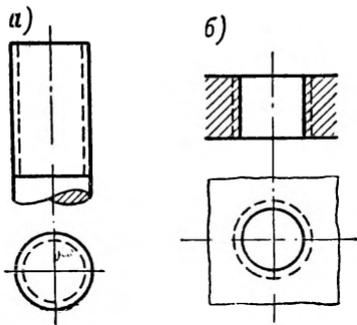
$$\delta d_{\text{нар}} = 3,67 \sqrt{S}.$$

Для метрических резьб по ОСТ 193 (72—600 мм) допуск на наружный диаметр болта принят по 5-му классу точности гладких цилиндрических поверхностей.

Допуск на внутренний диаметр основной резьбы по ОСТ 193 и для всех мелких метрических резьб принят равным допускам на наружный диаметр.

Условные обозначения резьбы и резьбовых соединений. Изображение резьбы на чертеже, независимо от ее основных параметров, должно быть выполнено исходя из условия вычерчивания проекций с видимыми и невидимыми контурами.

Рис. 27. Условные обозначения наружной и внутренней резьбы.



Согласно стандарту на резьбовые изделия наружный диаметр резьбы болта (рис. 27, а) и внутренний диаметр резьбы гайки (рис. 27, б) относятся к видимым контурам. Внутренний диаметр резьбы болта и наружный диаметр резьбы гайки относятся к невидимым. Первые проводятся сплошными линиями, вторые — штриховыми.

Общесоюзным стандартом ГОСТ 3459—52 принято обозначение резьбы на чертеже соответственно описанному способу. Толщина

линий и штрихов делается такой же, как и при вычерчивании обычных проекций.

Иногда по условиям чертежа необходимо показать профиль резьбы и размерные величины резьбовых параметров. В этом случае рекомендуется дать проекцию с вырывом, как показано на рис. 28, или выносом сечения на поле чертежа с изображением полного профиля резьбы.

При изображении проекций неполного свинчивания болта с гайкой (рис. 29) необходимо наружный диаметр болта, изображенный на чертеже сплошной линией 1, продолжить штриховой линией 2, относящейся к наружному диаметру резьбы гайки, и штриховую

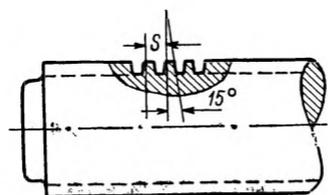


Рис. 28. Изображение резьбы с вырывом для указания профиля.

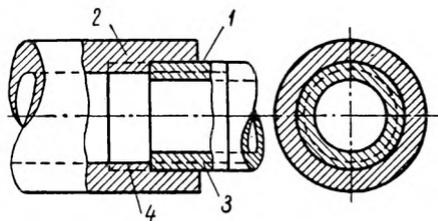


Рис. 29. Резьбовое соединение двух деталей (болта с гайкой).

линию 3 внутреннего диаметра резьбы болта — сплошной линией 4 внутреннего диаметра резьбы гайки.

Нарезанная часть болта на чертеже выполняется выше линии разреза.

Если резьба, обусловленная техническими условиями, отличается своими параметрами, то она должна быть отнесена к специальным резьбам и обозначена на чертеже «СП» — специальная.

Обозначение стандартных резьб, согласно общесоюзному стандарту, делается в виде:

- М — метрическая;
- Трап — трапецеидальная;
- '' — дюймовая;
- Труб — трубная.

При обозначении многозаходной резьбы вводится дополнительно число заходов, как, например,

Трап 90 × (3 × 12),

где 90 — наружный диаметр резьбы;

3 — число заходов;

12 — шаг винта.

Обозначение ГОСТ необязательно.

Конические резьбовые сопряжения. Применение конической резьбы допускает использование более широкого

поля допуска на основные параметры резьбы, чем поле допуска, обусловленное общесоюзным стандартом для цилиндрических резьб.

Компенсацией зазоров по сторонам профиля при свинчивании резьбовой пары служит аксиальное перемещение сопрягаемых деталей до предела, обеспечивающего плотность резьбового сопряжения.

Существует два вида построения резьбового профиля. Первый из них (рис. 30) относится к построению профиля с биссектрисой угла профиля, расположенной перпендикулярно образующей конуса,

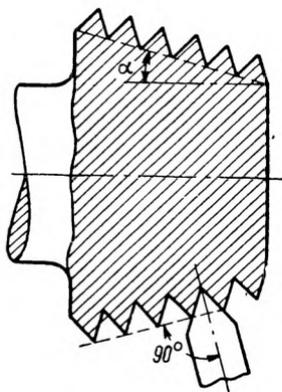


Рис. 30. Построение профиля с биссектрисой угла перпендикулярно образующей конуса.

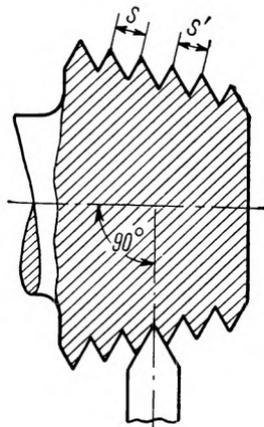


Рис. 31. Построение профиля с биссектрисой угла перпендикулярно оси конуса.

второй (рис. 31) — с расположением биссектрисы угла профиля перпендикулярно оси конуса.

Второй вид построения резьбового профиля широко применяется на заводах приборостроительной промышленности. Преимуществом его является возможность нарезания конической резьбы инструментом, которым пользуются при нарезании обычных цилиндрических резьб, простота наладки станка и контроля основных параметров резьбы, возможность свинчивания с цилиндрической резьбой сопрягаемой детали.

Основные понятия и термины, принятые общесоюзным стандартом, те же, что и для гладких конических сопряжений.

Средний диаметр резьбы измеряется перпендикулярно оси воображаемого конуса на заданном базорасстоянии. Принятый параметр резьбы образует поверхность, пересекающую витки таким образом, при котором ширина витка равна ширине впадины.

Наружный и внутренний диаметры определяются при измерении перпендикулярно оси на заданном базорасстоянии. Шаг резьбы — как расстояние между вершинами двух смежных витков,

спроектированных на ось конуса. Соотношение между шагом резьбы в направлении оси конуса и образующей получится

$$S = S' \cos \varphi,$$

где S — шаг в направлении оси конуса, мм;

S' — шаг резьбы в направлении образующей, мм;

φ — угол уклона.

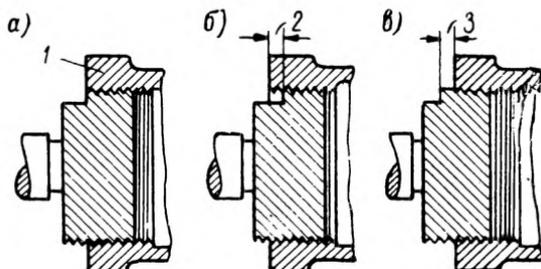


Рис. 32. Измерение внутренней конической резьбы: а — теоретический размер; б — максимальный размер; в — минимальный размер. 1 — плоскость совпадения; 2 — на $1\frac{1}{2}$ оборота больше; 3 — на $1\frac{1}{2}$ оборота меньше.

Высота профиля конической резьбы при $\alpha = 60^\circ$ принимается равной $t_0 = 0,8657 S$ и почти не отличается от высоты профиля цилиндрической резьбы ($t_0 = 0,866 S$).

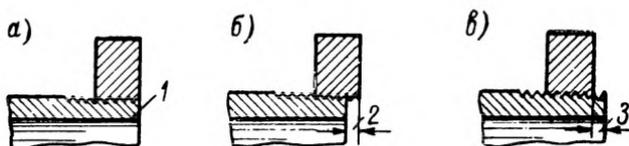


Рис. 33. Измерение наружной конической резьбы: а — теоретический размер; б — максимальный размер; в — минимальный размер. 1 — плоскость совпадения; 2 — на $1\frac{1}{2}$ оборота больше; 3 — на $1\frac{1}{2}$ оборота меньше.

Базорасстоянием является расстояние между торцом муфты и концом сбега резьбы.

Для трубных конических резьб общего назначения базой служит торец муфты или торец трубы, как показано на рис. 32 и 33.

Базорасстояние при коническом резьбовом сопряжении изменяется в зависимости от отклонения приведенного среднего диаметра резьбы и конусности и равняется суммарной компенсации отклонений отдельных элементов.

Обозначая диаметральную компенсацию отклонений собственно среднего диаметра через f_d , отклонение шага резьбы через f_s и отклонение половины угла профиля через f_α , находим отклонение базорасстояния в зависимости от отклонений собственно среднего диаметра

$$\Delta A_d = f_d \frac{1}{k},$$

где f_d — отклонение собственно среднего диаметра резьбы пропорционально $\sqrt[3]{d}$;
 k — конусность.

Отклонение базорасстояния в зависимости от отклонения шага резьбы

$$\Delta A_s = f_s \frac{1}{k},$$

где f_s — компенсация собственно среднего диаметра в зависимости от отклонения шага резьбы.

Для метрической резьбы

$$f_s = \delta S \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{1}{k} = 1,732 \delta S.$$

Отклонение базорасстояния в зависимости от отклонения половины угла профиля

$$\Delta A_\alpha = f_\alpha \frac{1}{k},$$

где f_α — диаметральная компенсация собственно среднего диаметра резьбы в зависимости от отклонения половины угла профиля.

При $\alpha = 60^\circ$

$$f_\alpha = \frac{2t_2}{\sin \alpha} \delta \frac{\alpha}{2} = 0,44 \delta \frac{\alpha}{2}.$$

Отклонение базорасстояния в зависимости от отклонения угла конуса (рис. 34) находим из следующего вывода.

Из треугольника ABC получаем

$$\frac{AB}{AC} = \frac{\sin \delta\beta}{\sin (180 - \beta)} = \frac{\sin \delta\beta}{\sin \beta}.$$

Величина $AB = \Delta A_\beta$, а прямая

$$AC = \frac{l}{\cos (\beta - \delta\beta)},$$

где l — длина конуса.

Подставляя значения AC и AB , находим

$$\Delta A_\beta = \frac{l \sin \delta\beta}{\cos (\beta - \delta\beta) \sin \beta}.$$

Из-за малости угла $\delta\beta$ приравниваем

$$\sin \delta\beta = \delta\beta$$

и

$$\cos (\beta - \delta\beta) = \cos \beta,$$

получаем

$$\Delta A_{\beta} = \frac{l\delta\beta}{\cos \beta \sin \beta}.$$

При конусности $k = \frac{1}{16} \cos \beta = 0,9995$ и $\sin \beta = 0,031$, а также переводя $\delta\beta$ из радиан в угловые значения (минуты), вводим множитель $2,91 \cdot 10^{-4}$ и получаем

$$\Delta A_{\beta} = \frac{2,91 l \delta\beta}{10^4 \cdot 0,9995 \cdot 0,031} = 0,094 l \delta\beta,$$

или

$$\Delta A_{\beta} = 9,4 l \delta\beta$$

где l — мм;
 $\delta\beta$ — мин.;
 ΔA_{β} — мк.

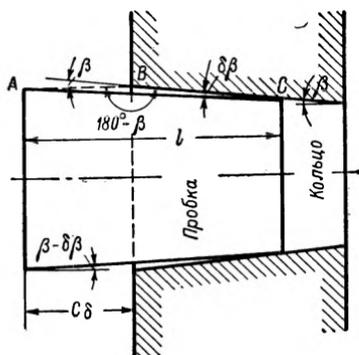


Рис. 34. Отклонение базорасстояния в зависимости от отклонения угла конуса.

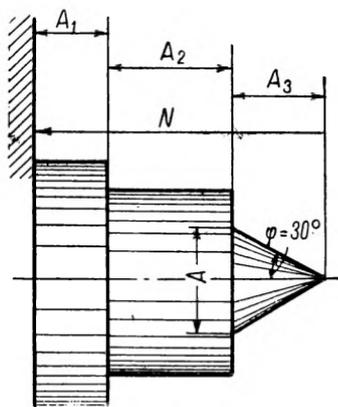


Рис. 35. Определение недостающего размера и допускаемых отклонений.

Понятие о размерных цепях и их назначении. Для получения детали, удовлетворяющей техническим условиям, необходимо, чтобы действительные размеры, полученные при измерении с практически допустимой точностью, не выходили за пределы допускаемых отклонений.

В тех случаях, когда допуски на отдельные размеры, представленные на чертеже, нуждаются в проверке на соответствие с до-

пуском на замыкающий размер, производят проверку, применяя метод составления размерных цепей.

Размерной цепью называется совокупность размеров, расположенных в последующем порядке по замкнутому контуру, где замыкающий размер равен алгебраической сумме составляющих размеров.

При составлении линейной размерной цепи необходимо, чтобы все размеры, входящие в нее, были параллельны между собой и связаны определенной линейной зависимостью. Если по условиям чертежа какой-либо размер задан в параметрической форме, то в размерную цепь вводится проекция этого размера, расположенная параллельно составляющим размерам этой цепи.

Размеры, относящиеся к отдельным элементам обрабатываемой детали, называют составляющими размерами или звеньями размерной цепи.

Звено, получающееся последним в процессе обработки детали, называется замыкающим звеном размерной цепи.

Обозначая составляющие размеры буквами A, B, C с численным обозначением порядка последовательности A_1, A_2, A_3 и замыкающий размер буквой N , находим

$$NA = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1} + A_n,$$

или

$$NA - (A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1} + A_n) = 0,$$

где n — число составляющих звеньев.

Пример.

Определить недостающий размер A_1 (рис. 35) и допуск на его обработку, если дано

$$A_2 = 5_{-0,16}; \quad A = 60_{-0,74}; \quad N = 65_{-0,2} \quad \text{и} \quad \varphi = 30^\circ$$

Определим линейный размер A_3 , заданный в параметрической форме,

$$A_{3\max} = \frac{D_{\max}}{2 \operatorname{tg} \varphi} = \frac{60}{2 \cdot 1,7321} = 17,32,$$

$$A_{3\min} = \frac{D}{2 \operatorname{tg} \varphi} = \frac{59,26}{2 \cdot 1,7321} = 17,106.$$

Допуск на размер A_3 представится как разность

$$\delta A_3 = A_{3\max} - A_{3\min} = 17,32 - 17,106 = 0,214.$$

Составляем уравнения на максимальное и минимальное значения величины A_1 и находим

$$A_{1\max} = N_{\max} - (A_2 + A_3)_{\min}$$

$$A_{1\min} = N_{\min} - (A_2 + A_3)_{\max}.$$

Подставляя численные значения составляющих в уравнения, получаем

$$A_{1\max} = 65 - (4,84 + 17,106) = 43,054;$$

$$A_{1\min} = 64,8 - (5 + 17,32) = 42,48.$$

Среднее значение размера A_1 определяется как частное отношения

$$A_{1\text{cp}} = \frac{A_{1\max} + A_{1\min}}{2} = \frac{43,054 + 42,48}{2} = 42,767.$$

Вероятность размера A_1 при максимальных значениях составляющих

$$A_{1\min} = [N - (A_2 + A_3)]_{\max} = 65 - 5 - 17,32 = 42,68.$$

То же при минимальных значениях составляющих

$$A_{1\max} = [N - (A_2 + A_3)]_{\min} = 64,8 - 4,84 - 17,106 = 42,854.$$

Отклонение размера A_1 от $A_{1\text{cp}}$ получится

$$\Delta A_{1\max} = A_{1\text{cp}} - A_{1\min} = 42,767 - 42,68 = 0,087;$$

$$\Delta A_{1\min} = A_{1\text{cp}} - A_{1\max} = 42,767 - 42,854 = -0,087.$$

Проверяем правильность соотношения составляющих звеньев размерной цепи, учитывая основное условие увеличивающихся звеньев за счет уменьшающихся, получаем

$$NA_{\max} = A_{1\text{ум}} + (A_2 + A_3)_{\text{ув}} = 42,68 + 5 + 17,32 = 65,$$

$$NA_{\min} = A_{1\text{ув}} + (A_2 + A_3)_{\text{ум}} = 42,854 + 4,84 + 17,106 = 64,8,$$

что вполне удовлетворяет поставленным условиям.

Понятие о чистоте обрабатываемых поверхностей и средствах контроля

Чистота обработки поверхности зависит главным образом от жесткости системы станок—деталь—инструмент, режима резания, механических свойств обрабатываемого материала, состояния поверхностного слоя и других факторов, влияющих на процесс резания.

Чтобы влиять на качество обрабатываемой поверхности, достигаемое тем или иным способом обработки, надо ясно себе представить причины, порождающие проявление того или иного фактора.

Любая обработанная поверхность образуется совокупностью траекторий отдельных точек режущего инструмента (рис. 36), находящихся в контакте с обрабатываемой поверхностью. След режущей кромки инструмента, производящей обработку, состав-

ляет шероховатость обработанной поверхности, высота гребешков которой может быть вычислена по формуле

$$h = r \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right).$$

Величина угла $\frac{\alpha}{2}$ определится через \sin этого угла

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{S}{2r},$$

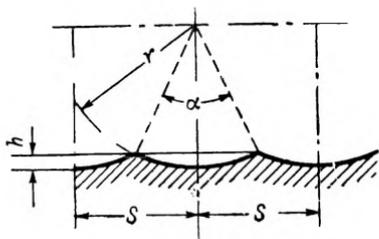


Рис. 36. Шероховатость поверхности, возникаемая при точении на токарном станке.

где S — подача на один оборот шпинделя;

r — радиус скругления при вершине реза.

Отсюда следует, что с увеличением радиуса скругления r при вершине реза или снижении кривизны режущей кромки получаем относительно меньшую величину высоты гребешков h и соответственно большую чистоту обработки.

Наряду с этим известно, что чистота обработки связана с пластической деформацией стружки при сходе с передней грани реза и в зоне касания задней гранью реза обработанной поверхности.

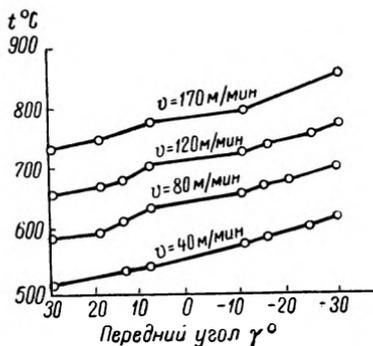


Рис. 37 Температура резания при точении стали У12 в зависимости от скорости резания v и переднего угла γ .

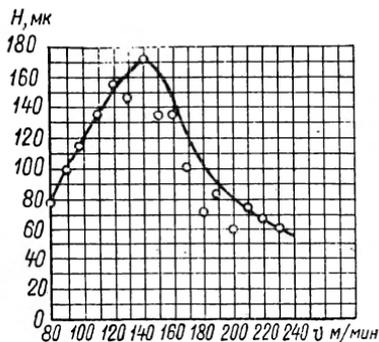


Рис. 38. Степень вибрации в зависимости от скорости резания.

Известно также, что степень пластической деформации и образование нароста на резе зависят от теплоты резания, в то время как теплота резания в свою очередь зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, режима резания, геометрии

заточки режущих кромок и других факторов, влияющих на процесс резания.

Кривые изменения теплоты резания¹ (рис. 37) в зависимости от скорости резания металла, переднего угла γ и его исходных данных показывают, что при точении стали У12 со скоростью 80—170 м/мин температура в зоне резания достигает 600—800° С. Такая высокая температура нагрева значительно снижает предел текучести материала до наименьшего значения, пластичность же достигает максимума. Повышается чистота обработки и возможность перехода к тонкому точению.

Задача дальнейшего развития тонкого резания и повышения чистоты обработки затруднена явлениями вибраций, возникающих при обработке деталей на высоких скоростях резания. Практически установлено, что при повышении скорости резания интенсивность вибраций повышается до известного предела, после чего наступает ее снижение (рис. 38).

Многочисленные опыты, проведенные в лабораториях Ленинградского политехнического института для решения этой задачи, привели проф. А. П. Соколовского к теоретическому выводу, из которого следует, что амплитуда колебаний

$$A = \frac{2}{\sqrt{3c}} \frac{v}{\omega} \sqrt{a - \frac{hv}{B}},$$

- где v — скорость резания, м/мин;
 ω — циклическая частота; $\omega = 2\pi f$;
 f — частота, гц;
 h — коэффициент сопротивления, выражающий отношение силы сопротивления, приложенной к вершине резца, к скорости колебательного движения (с увеличением усилия резания коэффициент сопротивления h возрастает);
 B — ширина срезаемого слоя металла, мм;
 a и c — коэффициенты, характеризующие обрабатываемый материал, геометрию резца и частично режим резания, который доходит до значения $v = \frac{2}{3} \frac{a}{h} B$.

Когда же подкоренное выражение $a - \frac{hv}{B}$ становится равным или меньше нуля, т. е. при $v \geq \frac{a}{h} B$, колебание становится невозможным.

Отсюда следует, что при достижении определенной скорости резания автоколебания (вибрации) понижаются и, наконец, исчезают совершенно.

¹ Численные значения и кривые зависимости заимствованы из статьи д-ра техн. наук А. А. М а т л и н а «Остаточные напряжения при обработке резанием», Машгиз, Л., 1954.

Такая закономерность объясняется тем, что скорость резания, при которой происходит срезание металла, опережает колебательное движение. Характер пластической деформации в этом случае получается таким же, как и при безвибрационном процессе резания.

Практически могут быть получены хорошие результаты при скорости резания $v = 220 \div 230$ м/мин, главном угле в плане $\varphi = 60 \div 90^\circ$ и горизонтальной фаске на главной режущей кромке шириной не менее удвоенной толщины снимаемого слоя.

Иногда при обработке наружных и внутренних поверхностей возникают поверхностные неровности определенной высоты. Эти

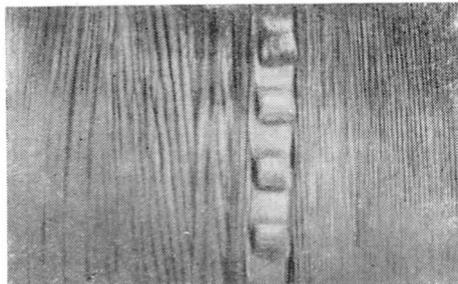


Рис. 39. Поверхностные неровности, возникаемые при точении деталей.

неровности имеют характер гребней округлой формы, идущих по спирали (рис. 39). Причем расстояние между вершинами двух смежных выступов несравнимо больше, чем подача, с которой производится продольное или поперечное точение.

Причину происхождения этого явления можно отнести к недостаточной жесткости системы станок—деталь—инструмент, радиальному бою самоходного вала станка, неравномерности припуска по

сторонам обрабатываемой заготовки, вибрациям при точении, неравномерности масс при обработке и т. п.

Иногда при оценке чистоты обработанной поверхности допускают неточность в ее определении, принимая поверхностные неровности за волнистость.

Критерием разграничения микронеровностей от волнистости может служить зависимость высоты гребешков от расстояния между ними, показанная на рис. 40.¹

Средства контроля чистоты обработанной поверхности. Согласно ГОСТ 2789—51 под чистой поверхностью подразумевается размерная характеристика микронеровностей, обуславливающих шероховатость поверхности, независимо от способа ее получения.

Средняя высота микронеровностей H_{cp} (рис. 41) определяется по формуле

$$H_{cp} = \frac{1}{n} (H_1 + H_2 + \dots + H_{n-1} + H_n);$$

¹ Рис. 40 взят из книги П. Е. Дьяченко, В. Э. Вайштейна, Б. С. Розенберга «Количественная оценка неровностей обработанных поверхностей», АН СССР, 1952.

Отдельные промеры, явно выпадающие из ряда полученных значений H , не учитываются, где H — высота микронеровности, измеренная от вершины профиля до дна впадины.

Среднеквадратичное отклонение $H_{\text{ск}}$ микронеровностей определяется по формуле

$$H_{\text{ск}} = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L h^2 dl},$$

где h — расстояние от вершины гребешка до средней линии.

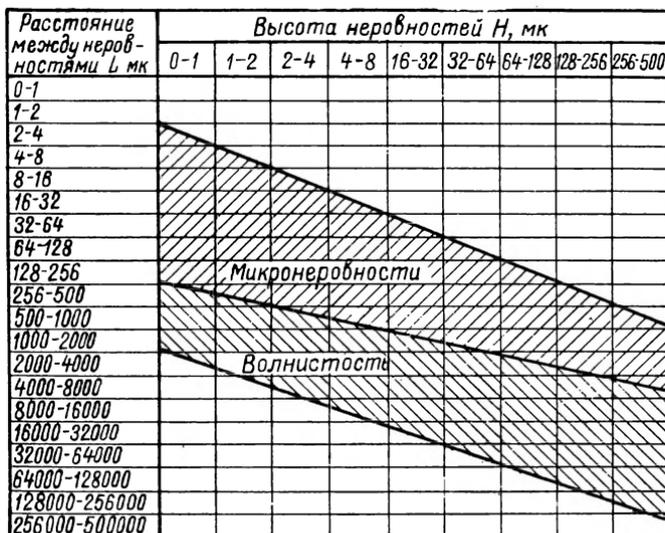


Рис. 40. Неровности и волнистости, возникаемые при точении деталей.

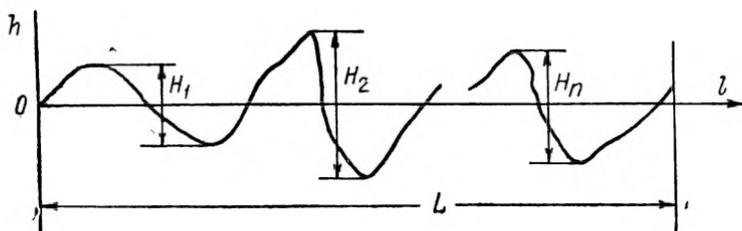


Рис. 41. Схема определения чистоты поверхности.

Средняя линия делит профиль микронеровности таким образом, что площади по обеим сторонам от этой линии до контура профиля равны между собой.

Стандартом предусмотрены 14 классов чистоты поверхности, обозначения которых и значения $H_{\text{ср}}$ приведены в табл. 1.

Класс	Обозначение	$H_{СК}, \text{ мк}$	$H_{СР}, \text{ мк}$
1	▽ 1	—	125—200
2	▽ 2	—	63—125
3	▽ 3	—	40—63
4	▽▽ 4	—	20—40
5	▽▽ 5	3,2 — 6,3	—
6	▽▽ 6	1,6 — 3,2	—
7	▽▽▽ 7	0,8 — 1,6	—
8	▽▽▽ 8	0,4 — 0,8	—
9	▽▽▽ 9	0,2 — 0,4	—
10	▽▽▽▽ 10	0,1 — 0,2	—
11	▽▽▽▽ 11	0,05 — 0,1	—
12	▽▽▽▽ 12	0,025 — 0,05	—
13	▽▽▽▽ 13	—	Свыше 0,06 до 0,12
14	▽▽▽▽ 14	—	до 0,06

Распространенным методом контроля чистоты обработки является метод визуальной оценки по образцам чистоты поверхности.

Образцы чистоты поверхности (для приближения к действительным условиям) изготавливаются из материалов, применяемых в машиностроении, и разделяются по видам обработки на черновое и чистовое точение, сверление, зенкерование, развертывание, хонингование и доводочные работы. Чистота обработки, в зависимости от принятого метода, представлена в Приложении 1.

Несмотря, однако, на широкую распространенность, визуальный метод контроля может быть действительным, с некоторым допущением, в пределах 3—5 классов чистоты.

Более совершенным методом контроля чистоты обработки является способ сравнения с образцами чистоты поверхности, установленными в специальный микроскоп, разработанный Институтом точной механики и оптики.

Рис. 42. Оптический прибор определения чистоты поверхности сличением с образцами.

Такой метод контроля допускает сравнение с эталоном чистоты поверхности при 70—200-кратном увеличении (рис. 42).¹

¹ Описательная часть и рисунок заимствованы из книги А. Д. Рубинова и К. И. Абаджи «Цеховой контрольно-измерительный инструмент», Машгиз, Л., 1957.

Конструктивно тубус 1 микроскопа закреплен подвижно в стойке 2. Тубус перемещается посредством кремальеры 3, расположенной в верхней части стойки 2. Патрубок 4 тубуса 1 имеет гнездо для установки образца чистоты поверхности, обеспечивая хорошую видимость. Противоположно патрубку 4 помещается осветительная система 5. Поверхность, подлежащая контролю, находится между объективом тубуса 1 и предметным столиком 6. Настройка на резкость осуществляется подъемом или опусканием тубуса 1, в то время как установленный образец чистоты поверхности без дополнительной настройки на резкость составит сличительную систему, показанную на рис. 43.

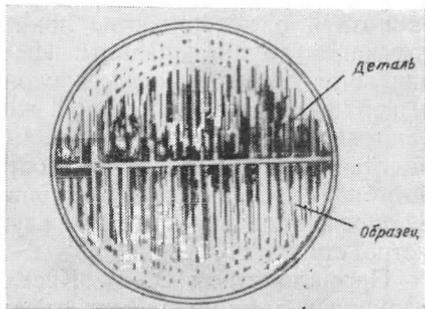


Рис. 43. Сличительная система микроскопа.

Наиболее точный контроль чистоты обработки производится посредством электродинамического профилометра В. М. Киселева КВ-7 (рис. 44).

Объективность контроля этим прибором сводится к тому, что вместо визуальной оценки чистоты обработанной поверхности

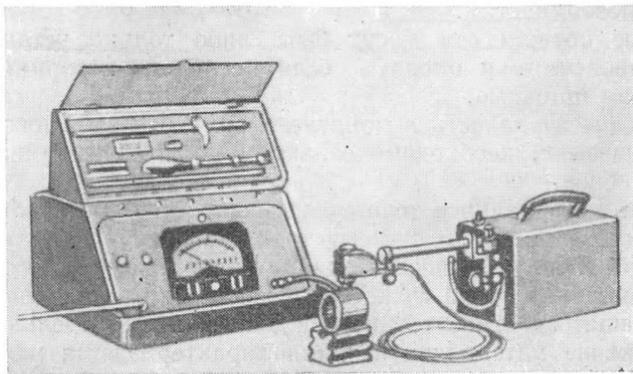


Рис. 44. Профилометр В. М. Киселева КВ-7.

контроль производится измерительным стержнем, оснащенным алмазной иглой. Стойкость иглы определяется радиусом 12 мк при вершине и незначительным измерительным давлением, не превышающим 0,5 г.

Принцип работы этого прибора сводится к перемещению датчика, расположенного на конце трубчатого стержня. Датчик состоит из подвешенного на плоских пружинах измерительного стержня с алмазной иглой, постоянного магнита и индукционной катушки, связанной со стержнем. При перемещении датчика игла скользит по поверхности, поднимаясь на вершины гребешков и спускаясь до дна впадины. Индукционная катушка в это время двигается вверх и вниз между полюсами магнита, вследствие чего в ней возникает небольшой электрический ток, который после усиления измеряется гальванометром. Величина тока зависит от высоты неровностей, отсюда определяется и класс чистоты обработанной поверхности. Для равномерного передвижения датчика с определенной скоростью служит специальное автоматическое устройство.

Профилометром В. М. Киселева можно производить контроль наружных цилиндрических поверхностей диаметром от 5 мм с чистотой поверхности 5—12-го класса и внутренних — 6 мм с чистотой 6—9-го класса. Для проверки внутренних поверхностей применяется специальный датчик.

Широко применяется для контроля чистоты обработанной поверхности также оптико-механический прибор Б. М. Левина и пневматический прибор завода «Калибр».

Понятие о базах

Точность, обусловленная техническими условиями, и автоматическое получение размеров обеспечивается установкой детали по базовым поверхностям.

Базовые поверхности могут быть либо только установочные, либо установочные и опорные, если последние воспринимают на себя усилия прижима.

Чтобы внести ясность в понятие о роли базовых поверхностей и их назначении, необходимо ознакомиться с содержанием теоретических основ.

Каждое материальное тело имеет шесть степеней свободы. Для доказательства построим систему трех взаимно-перпендикулярных осей X , Y и Z с точкой пересечения O (рис. 45) и покажем, что любая материальная точка может перемещаться в направлении этих осей и вращаться относительно каждой из них в отдельности. Такое положение материальной точки характеризуется шестью степенями свободы, из которых три степени свободы поступательные и три вращательные.

Допустим, что эта материальная точка установлена на плоскость $ХОУ$. Перемещение ее станет возможным только в направлении осей OX , OY и вращение относительно оси Z . Такое положение материальной точки характеризуется тремя степенями свободы.

Предположим далее, что материальная точка, установленная на плоскость $ХОУ$, касается боковой поверхностью плоскости

ZOY . Тогда перемещение ее будет возможным только относительно оси OY . Такое положение материальной точки характеризуется одной степенью свободы. И, наконец, если материальная точка, установленная на плоскость XOY , касаясь боковой стороной плоскости YOZ , опирается на плоскость XOZ , то очевидно, что возможность перемещения ее в каком-либо направлении исключается. Такое положение характеризуется неподвижным состоянием материальной точки, при котором все степени свободы исключены.

Принимая условно определение исключенной степени свободы как касание поверхностью материальной точки некоторой точки на плоскости, получаем:

исключение трех степеней свободы плоскостью XOY соответствует трем точкам на плоскости;

исключение двух степеней свободы плоскостью YOZ соответствует двум точкам на плоскости;

исключение одной степени свободы плоскостью XOZ соответствует одной точке на плоскости.

Система точек, исключаяющая степени свободы, называется правилом шести точек, которое принимается в основу проектирования любого приспособления.

Для автоматического получения размера необходимо, чтобы базовые поверхности, касающиеся плоскостей XOY , YOZ и XOZ , были чисто обработаны, с углом 90° между ними.

Чтобы не удорожать приспособление сложностью конструкции, необходимо иметь ясное представление о производимой работе и условиях, связанных с ее выполнением.

Если требуется подрезка плоскости в размер, заданный от базовой поверхности, то очевидно, что достаточно будет исключить пять степеней свободы, касаясь плоскостей XOY и YOZ .

В том случае, когда одновременно с подрезкой торцевой поверхности необходимо расточить отверстие по заданным координатам, следует исключить все степени свободы.

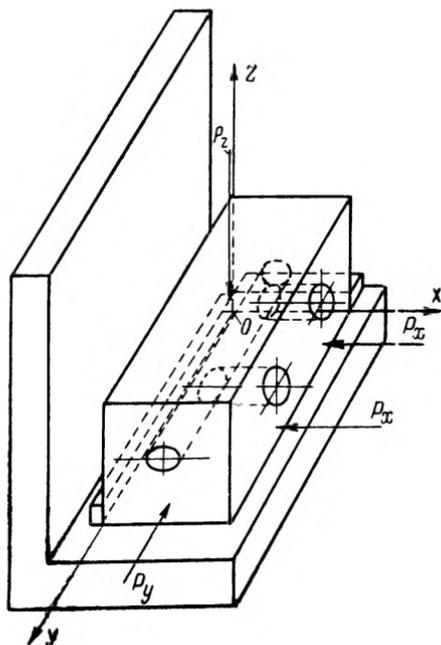


Рис. 45. Положение детали при обработке относительно базовых поверхностей.

P_x , P_y и P_z — силы прижима на опорные плоскости.

Понятие о видах производства и об организационной структуре технологического процесса

Чтобы внести ясность в понятие о технологии изготовления прибора или изделия, необходимо иметь представление о технологии вообще и принципах ее составления.

Технологией называется совокупность направленных действий на изготовление изделия или прибора. Располагая направленные действия на изготовление изделия или прибора в порядке логической последовательности, получаем часть производственного процесса, называемого технологическим процессом.

Структура техпроцесса. Технологический процесс делится на две составные части — изготовление деталей и сборку прибора или изделия и, независимо от характера направленных действий, делится еще на операции, расположенные в порядке последовательности.

Операцией называется направленное действие на обработку одной детали или сборку узла на одном рабочем месте. Операция — это часть технологического процесса, состоящая из одного или ряда последовательно расположенных переходов.

Переходом называется часть операции, выполняемая на одном рабочем месте, над одной поверхностью при неизменном инструменте.

Переход, в свою очередь, делится на ряд производственных приемов. Приемом называется элементарное действие, имеющее определенное назначение.

Таким образом, производственный процесс любого приборостроительного предприятия строится в зависимости от характера производства.

При крупносерийном производстве технологический процесс проектируется по принципу операционной технологии. При мелкосерийном производстве технологический процесс проектируется на основе развернутой технологии, куда входят операции, переходы, а иногда и приемы.

При индивидуальном производстве технологический процесс проектируется по принципу маршрутной технологии, куда входит ряд последовательных операций без поясняющих дополнений.

Виды производства. Крупносерийное производство отличается от других видов установившейся номенклатурой изделий, имеющих широкое распространение. Оборудование при этом в основном специализированное. Коэффициент оснащенности специальным режущим и мерительным инструментом значительно повышен.

Мелкосерийное производство характеризуется выпуском готовых изделий партиями, повторяющимися через определенные промежутки времени. Оборудование частично специальное и частично универсальное. Режущий и мерительный инструмент также специальный и универсальный.

Индивидуальное производство характеризуется выпуском единичных образцов или установочных партий. Оборудование, режущий и мерительный инструмент — универсальные.

Выбор оборудования. Основные моменты, на которые следует обращать внимание при выборе оборудования:

- 1) конструктивные особенности станка;
- 2) точность, достигаемая при обработке;
- 3) мощность, затрачиваемая на резание, и мощность, подводимая к электродвигателю.

Если при заданной обработке детали или группы деталей, схожих по конструктивным признакам, не требуется нарезание резьбы, то применение токарно-винторезного станка излишне. В том случае, когда известны материал обрабатываемой заготовки, размеры и содержание операций, не представляет трудности определение режима обработки, сводя до минимума количество ступеней регулирования подач и чисел оборотов шпинделя станка.

Для более удачного выбора токарного станка рекомендуется при заданной обработке детали сделать ориентировочные расчеты отдельных элементов режима резания по формулам.

Определение скорости резания

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

где d — диаметр обрабатываемой заготовки, мм;

n — число оборотов шпинделя станка, об/мин.

Если скорость резания была принята соответственно справочному материалу, то, подбирая наиболее подходящее оборудование определяем число оборотов шпинделя, обеспечивающее намеченную скорость резания,

$$n = \frac{1000v}{\pi d} \text{ об/мин.}$$

Подача на один оборот шпинделя определится по формуле

$$S = \frac{L}{nT} \text{ мм/об,}$$

где L — длина продольного или поперечного точения, мм;

n — число оборотов шпинделя в минуту;

T — время, затрачиваемое на проход, мин.

Мощность, затрачиваемая на резание металла при заданном режиме, может быть вычислена по формуле

$$N_{\text{эф}} = \frac{P_z v}{60 \cdot 75} \text{ л. с.,}$$

где P_z — давление стружки на резец, кг;

v — скорость резания, м/мин.

Давление стружки на резец определится произведением коэффициента резания на площадь поперечного сечения стружки, а именно

$$P_z = kf,$$

где k — коэффициент резания;
 f — площадь поперечного сечения стружки.

Средние значения коэффициентов резания k приводятся в табл. 2

Таблица 2

Обрабатываемый материал	Сопротивление разрыву σ_b , кг/мм ²	Коэффициент резания k	Обрабатываемый материал	Сопротивление разрыву σ_b , кг/мм ²	Коэффициент резания k
Сталь мягкая	30	100	Чугун мягкий	110	70
» »	40	115	» »	130	80
» средняя	50	130	» средний	170	95
» »	60	150	» твердый	220	110
» твердая	70	170	» ковкий	—	170
» »	80	190	Бронза	170	70
» »	90	210	Латунь	50	40—50
Сталь хромоникелевая	80	260	Алюминий мягкий	—	40—50
Сталь аустенитовая	80	310			

Основные понятия об измерениях

Применяемые в промышленности средства измерений делятся по конструктивным признакам и по назначению.

1. Измерительные инструменты с постоянным значением, относящиеся к группе концевых мер длины и к неразделенным линейным измерителям, имеющим строго определенную величину измерения.

2. Измерительные устройства, устанавливаемые в определенных пределах, производящие измерения целых численных величин и дробных значений. К таким измерительным инструментам относятся метры с нанесенными штриховыми делениями, штангенциркули, базирующиеся на показаниях нониуса и вспомогательной шкалы для более точного отсчета угловых величин, угломеры, устанавливаемые на любой угол в пределах допустимых ограничений, и др.

3. Измерительные инструменты бесшкальные, производящие измерения в пределах конструктивных ограничений. К таким измерителям относятся калибры для валов и отверстий.

По конструктивным данным калибры делятся на жесткие и ре-

гулируемые, двусторонние предельные, односторонние предельные, односторонние двухпредельные.

По применяемости калибры делятся: на рабочие проходные Р-П и Пр; рабочие непроходные Р-НЕ и НЕ; приемные проходные П-Пр; приемные непроходные П-НЕ; контрольные проходные К-Пр; контрольные для проверки износа рабочих калибров К-И; контрольные для проверки приемных проходных калибров К-П, П-Пр; контрольные для проверки непроходных калибров К-НЕ.

Существуют различные методы измерений:

Абсолютный — характеризуется непосредственной оценкой измеряемой величины. Измерение этим методом осуществляется штангенинструментом, микрометрами различных точностей и угломерами, установленными на заданный размер при линейных диаметральных и угловых измерениях.

Относительный — характеризуется сравнительной оценкой измеряемой величины с каким-либо эталоном, по которому установлен измеритель. К такому методу измерений относится группа измерителей, как, например, жесткие и регулируемые калибры для валов и отверстий, пассиметры, пассаметры, индикаторные внутромеры, оптиметры и др.

Косвенный метод, связывающий функциональной зависимостью искомую величину с измеряемой. К такой категории измерений относятся диагональ квадрата, получаемая измерением диаметра заготовки, отверстие, подготовленное под фасонное сверление, цилиндрические поверхности, предназначенные для накатывания резьбы, изготовления шестигранника и других профилей.

Изучая различные методы измерений, находим, что они в свою очередь делятся на комплексный, дифференциальный, контактный и бесконтактный методы.

Комплексный метод охватывает одновременно комплекс измеряемых параметров. Этим методом измеряется одновременно шаг резьбы, угол профиля, средний диаметр и при измерении конической поверхности — протяженность конуса, его угол и базорасстояние. Преимуществом комплексного метода измерения является надежность, обеспечивающая взаимозаменяемость сопрягаемых параметров, ограниченных полем суммарного допуска.

Дифференцированный — отличается от комплексного тем, что объектом его измерений служит параметр, не связывающий ряд элементов одним полем допуска. Объектом дифференцированного метода измерения является каждый элемент в отдельности. Этот метод, несмотря на высокую точность измерения, не дает уверенности в соблюдении предельных контуров проверяемой детали. При измерении конических поверхностей необходима прикидка на точность сопряжения образующих конуса и при измерении точных резьбовых сопряжений — взаимосвязанных параметров шага, профиля с приведенным средним диаметром резьбы. Наиболее широкое применение находит этот метод в инструментальном деле, при ана-

лизе технологических процессов или при выявлении причин возникновения брака по размерам.

Контактный и *бесконтактный* методы относятся ко всем случаям измерений. Контактный метод характеризуется непосредственным касанием измеряемых поверхностей измерителем. Наибольшая точность в этом случае достигается при измерении плоских поверхностей сферическими измерителями и наоборот, при измерении сферических поверхностей — плоскими измерителями.

Бесконтактный метод измерений отличается от контактного тем, что в качестве измерителя применяются проекционные или пневматические измерительные приборы, которые свободны от измерительного давления и, следовательно, исключают его влияние на точность производимого промера.

ГЛАВА II

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ

Общие сведения

подавляющее большинство деталей машин и приборов проходит стадию машинной обработки. Наиболее важной частью машинной обработки является резание металлов на токарных и других металлорежущих станках. Научные исследования этого вопроса сводятся к понятиям о некоторых законах резания, зависимостям и факторам, влияющим на процесс резания. Обобщая научные данные с производственным опытом приходим к познанию теории резания.

Многочисленность факторов, влияющих на процесс резания, является причиной, затрудняющей изучение этого вопроса. Наиболее важные из них — механические свойства обрабатываемых материалов, размеры и форма деталей, стойкость режущего инструмента, главные углы резания, теплота резания и многое другое.

Если представить все возможные сочетания перечисленных факторов и взаимосвязь между ними, то станет ясным сложность и величина той проблемы, которую называют теорией резания.

Изучая вопросы образования стружки, сталкиваешься с вопросом производительности. И если бы можно было представить всю стружку, снимаемую резанием, направленной в один поток, то мощность этого потока лучше всего другого показала бы, какую роль в изготовлении изделий играет обработка резанием.

Производительность, выраженная количеством стружки, снимаемой в единицу времени (минуту), может быть вычислена следующим образом

$$N_{\text{эф}} = \frac{Pv}{60 \cdot 75}, \text{ л. с.},$$

где $N_{\text{эф}}$ — мощность, затрачиваемая на резание металла, л. с.;
 P — усилие резания, кг;
 v — скорость резания, м/мин.

Усилие резания P может быть представлено как произведение коэффициента резания k , зависящего от механических свойств

обрабатываемого материала, на площадь поперечного сечения стружки f

$$P = kf.$$

Заменив усилие резания P в формуле $N_{\text{эф}}$ значением его величины, получим

$$N_{\text{эф}} = \frac{kfv}{60 \cdot 75} \text{ л. с.}$$

Произведение площади поперечного сечения стружки f на скорость резания v составит объемную величину стружки, снимаемой в единицу времени

$$fv = \frac{60 \cdot 75 N_{\text{эф}}}{k} = \frac{4500 N_{\text{эф}}}{k} \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Из этого равенства заключаем, что объемная величина стружки, снимаемой в единицу времени, прямо пропорциональна мощности, затрачиваемой на резание металла $N_{\text{эф}}$, и обратно пропорциональна коэффициенту резания k . Увеличение производительности в настоящее время достигается повышенными режимами резания, снижением механических свойств обрабатываемых материалов и развитием методов получения заготовки.

Влияние различных факторов на скорость резания, стойкость и работу реза

Влияние факторов на скорость резания. Между скоростью резания и стойкостью режущих кромок режущего инструмента существует зависимость, подчиненная основным законам теории резания. Изменение условий резания или основных элементов режущего инструмента приводит установленное соотношение к какому-то новому, органически связанному с предыдущим. Так, например, при обработке конструкционной стали 50 со скоростью резания $v = 20 \text{ м/мин}$ стойкость реза до затупления была получена $T = 90 \text{ мин.}$; при увеличении скорости резания до $v_1 = 24 \text{ м/мин}$ стойкость реза понизилась до $T_1 = 21 \text{ мин.}$ Сопоставляя приведенные данные, находим, что с повышением скорости резания только на 20% получается снижение стойкости реза в 4,3 раза. Отсюда заключаем, что между сопоставляемыми величинами нет пропорциональной зависимости.

Многочисленные опыты, проведенные в различных условиях, привели к математической зависимости между стойкостью реза и скоростью резания

$$Tv^n = c,$$

где T — стойкость реза, мин.;

v — скорость резания, м/мин;

c и n — коэффициент и показатель степени, зависящие от свойств обрабатываемого материала, качества материала реза и условий резания.

Иногда эту математическую зависимость стойкости реза от скорости резания удобнее выразить формулой

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^n,$$

или

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^m$$

где $m = \frac{1}{n}$.

Обобщая экспериментальные данные, можно сказать, что показатель степени m зависит главным образом от положения центра давления стружки на переднюю грань реза.

Значения показателя степени m приведены с достаточной для практики точностью в табл. 3.

Таблица 3

Обрабатываемый материал	Типы резов	Условия обработки	Материал режущей части реза		
			быстро-режущая сталь	твердый сплав вольфрамовой группы	твердый сплав титано-вольфрамовой группы
Сталь, стальное литье, ковкий чугун	Проходные, подрезные и расточные	С охлаждением и без охлаждения	0,125 0,1	0,15 0,15	0,125 0,125
	Прорезные и отрезные	С охлаждением и без охлаждения	0,25 0,20	0,15 0,15	— —
Чугун серый	Проходные, подрезные и расточные	Без охлаждения	0,1	0,2	—
	Прорезные и отрезные	Без охлаждения	0,15	0,2	—
Медные сплавы	Резцы всех типов	С охлаждением и без охлаждения	0,15	0,2	—
Алюминиевые и магниевые сплавы	Резцы всех типов	С охлаждением и без охлаждения	0,3	0,3	—

Для практических расчетов ожидаемой стойкости реза по заданной скорости резания, или ожидаемой скорости резания по

заданной стойкости, можно рекомендовать номограмму дробных степеней и метод ее использования (рис. 46).

Пример.

Известна скорость резания $v_1 = 48,5$ м/мин, при которой обрабатывается стальное литье резцом из быстрорежущей стали. Стойкость инструмента при этом режиме $T_1 = 6,5$ мин. Спрашивается, какая будет скорость резания при обработке той же стали, если допускаемая стойкость резца $T_2 = 32,5$ мин.

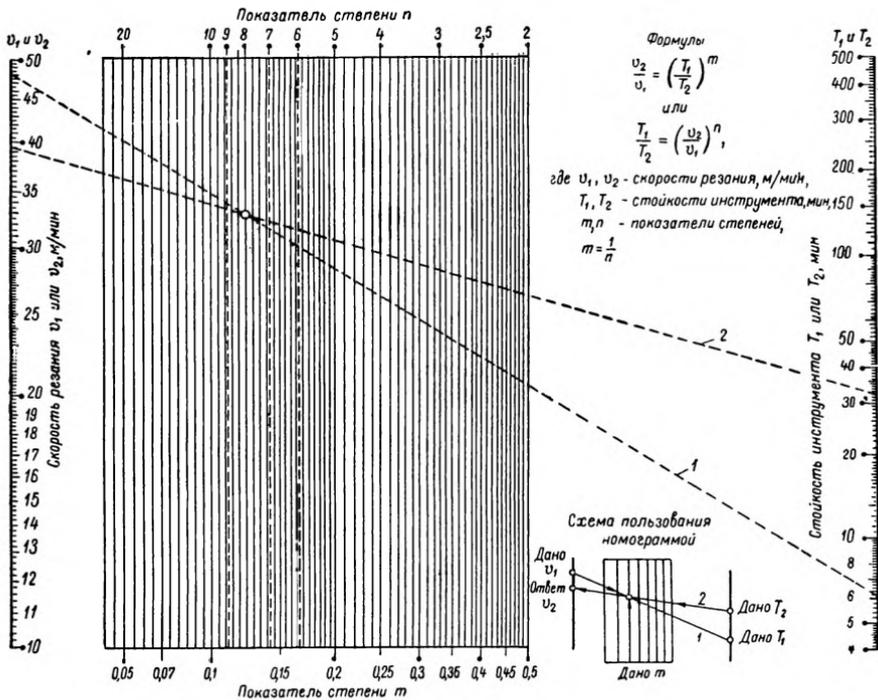


Рис. 46. Номограмма стойкости режущей кромки резца в зависимости от скорости резания.

Для решения этой задачи в первую очередь выбираем по табл. 3 соответствующий показатель $m = 0,125$ и $n = 8$. Затем из точки 6,5 шкалы T_1 и T_2 проводим луч 1 в точку 48,5 шкалы v_1 и v_2 , после чего проводим из точки 32,5 шкалы T_1 и T_2 луч 2, проходящий через точку пересечения ординаты $m = 0,125$ первым лучом. Точка 39,8 пересечения шкалы v_1 и v_2 вторым лучом будет решением поставленной задачи.

Влияние процесса резания на физические свойства металла. Упрочнение металла в стадии пластической деформации и отрыв части его, уходящей в стружку, производят деформацию частиц нижележащих слоев.

Глубина деформации примерно равняется толщине снимаемой стружки при обработке мягких материалов и, наоборот, менее у материалов с повышенными механическими свойствами. Обрабатываемые материалы, склонные к упрочнению, дают поверхности с повышенной шероховатостью, видимой при некотором увеличении, как показано на рис. 47. Поверхности, обработанные по упрочненному металлу, получают повышенную чистоту поверхности без резко выраженных следов механической обработки (рис. 48).

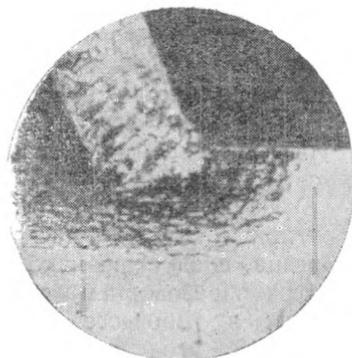


Рис. 47. Чистота поверхности при обработке мягкого металла.

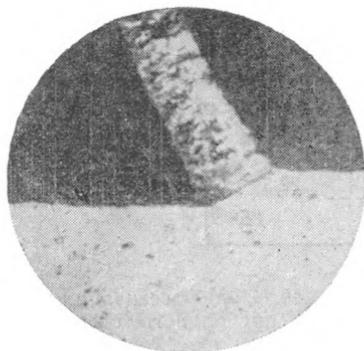


Рис. 48. Чистота поверхности после обработки упрочненного металла.

Деформация нижележащих слоев материала в первом и во втором случаях в основном протекает за счет отделяемой стружки. Причем твердость поверхностного слоя металла, прошедшего стадию обработки, по точкам касания режущего инструмента различна.¹

Результаты исследования повышения поверхностной твердости (в %) на участках с наибольшей деформацией приведены в табл. 4.

Таблица 4

Обрабатываемый материал	Зона касания	
	с главной режущей кромкой	с задней гранью резца
Мягкая сталь	56—68	40
Нержавеющая сталь	60—92	115

Примечание. Повышения твердости приводятся относительно первоначальной.

¹ Повышение поверхностной твердости при обработке чугуна незначительно.

Поле рассеивания твердости по зонам продольного сечения показано на рис. 49 (образец испытывался на твердость вокруг места резания при помощи маятникового прибора Герберта H_H ¹ цифрами указана твердость в данной точке).

Влияние главных углов на работу резца. Главные углы, выбираемые в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала и других факторов, влияющих на процесс резания, разнообразны по своей величине, поэтому определить их величину теоретическим путем не представляется возможным. Выбираются углы большей частью исходя из практических соображений.

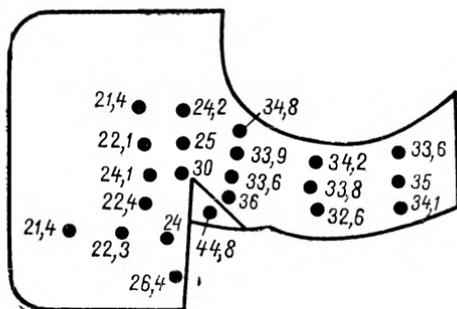


Рис. 49. Поле рассеивания по зонам продольного сечения.

Изучая влияние главных углов (рис. 50) на работу резца, следует познакомиться с их образованием и назначением в процессе резания. Задний угол α образуется пересечением двух плоскостей

резца и плоскостью резания. Назначение его сводится к снижению трения задней грани резца об обрабатываемую поверхность и облегчению врезания режущей кромки в тело материала.

Заданная величина угла α не остается постоянной. Она изменяется соответственно углу наклона плоскости резания и становится тем меньше, чем больше величина подачи S . Для некоторой наглядности рассмотрим случай отрезки заготовки от прутка материала. Очевидно, что при врезании главной режущей кромки в тело материала она пройдет путь с равномерной скоростью

$$r = Sn,$$

где r — путь, мм;

S — подача за один оборот шпинделя, мм;

n — число оборотов в минуту шпинделя для отрезки материала.

Траектория главной режущей кромки представится в виде спирали, касательная которой AB повернется в процессе резания на некоторый угол α и тем более отклонится от перпендикуляра CD ,

¹ Числа твердости H_H , полученные по маятниковой пробе Герберта, можно перевести в числа твердости по Бринеллю. Соотношение между числами твердости может быть принято в следующем виде: для мягкой и средней стали $H_B = 0,36 H_H \text{ кг/мм}^2$. Для твердой стали $H_B = 10 H_H \text{ кг/мм}^2$. Для латуни $H_B = 0,29 H_H \text{ кг/мм}^2$.

чем больше будет величина поперечной подачи $S_{\text{поп}}$ (рис. 51). При продольном точении главная режущая кромка резца описывает

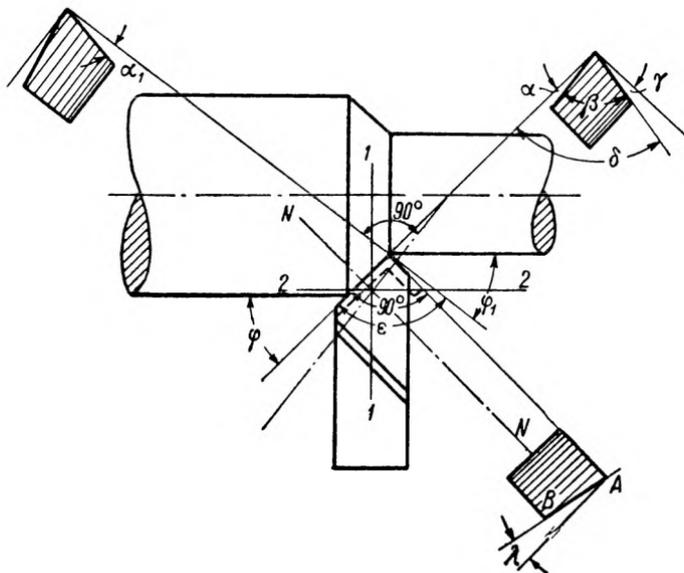


Рис. 50. Главные углы проходного резца.

α — главный задний угол; γ — главный передний угол; β — угол заострения; δ — угол резания; φ — угол в плане; λ — угол наклона главной режущей кромки AB ; ϵ — угол при вершине; α_1 и φ_1 — вспомогательный задний угол и угол в плане; 1 и 2 — положение главных углов резания относительно продольной и поперечной подачи.

винтовую линию, шаг которой, очевидно, будет равен величине подачи $S_{\text{прод}}$ (рис. 52). Чем больше величина продольной подачи, тем больше угол τ наклона касательной AB и отклонение от перпен-

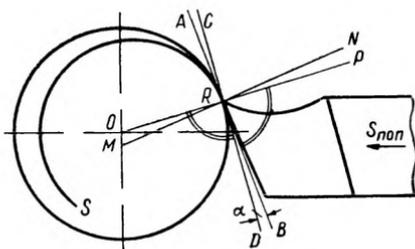


Рис. 51. Изменение заднего угла при поперечной подаче.

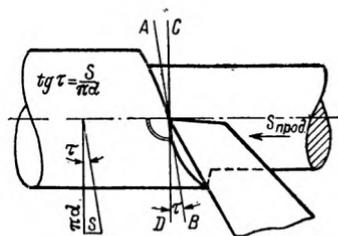


Рис. 52. Изменение заднего угла при продольной подаче.

дикуляра CD , опущенного на основную плоскость. Практически задний угол α выбирается в пределах 2 — 12° . Наибольшие значения относятся к заточке подрезных резцов, наименьшие — при об-

дирочных работах, где не требуется высокая чистота обработки. В стандартах установлены предельные значения угла $\alpha = 6 \div 8^\circ$ для всех типов резцов без исключения.

Изменение заднего угла α влияет на геометрически связанный с ним угол заострения β , который по существу охватывает наиболее важную материальную часть резца.

Величина угла заострения представится как положительная разность

$$\beta = 90 - (\alpha + \gamma),$$

где γ — передний угол.

Чем меньше величина этой разности, тем, казалось бы, резание должно быть более легким. Однако это мнение ошибочно. При вы-

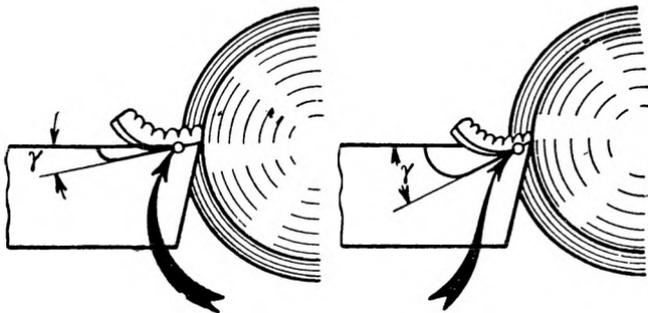


Рис. 53. Положение центра давления в точке с наивысшей температурой нагрева при различных γ .

боре угла заострения β надо в первую очередь исходить из расчета прочности резца, и главное — способности отвода тепла от режущей кромки.

Обработка твердых материалов сопровождается более высоким давлением резца, из-за чего угол заострения выбирается большим.

Обработка хрупких материалов, при которых резко снижается давление резания, соответствует условиям резания твердых материалов. Для чугуна, например, рекомендуется угол заострения в пределах $68—75^\circ$, а для мягких материалов 61° .

Передний угол γ имеет большое значение в процессе резания. От удачного выбора этого угла зависит снижение давления резания, чистота обработки и, что важно, плавность работы резца. Положение центра давления в точке с наивысшей температурой нагрева при различных передних углах γ показано на рис. 53. Практически величина угла γ выбирается в пределах $5—25^\circ$. Нельзя, однако, рекомендовать наибольшие значения переднего угла γ , так как в этом случае не исключена вероятность снижения прочностной стойкости и более того — надежного отвода тепла от режущей

кромки. Величина переднего угла выбирается в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала. Чем ниже его механические свойства, тем больше величина переднего угла γ .

Легкость резания и плавность схода стружки с передней грани достигается шлифованной канавкой, расположенной параллельно главной режущей кромке. Направление схода стружки определяется углом наклона λ передней грани резца, как показано на рис. 54. Угол резания δ является суммой двух углов — заднего угла α и угла заострения β

$$\delta = \alpha + \beta.$$

Условия резания по существу определяются выбором величины угла резания, принимаемых значений чистоты обработки, прочности режущих кромок против разрушительного действия теплоты резания. Рекомендуется при выборе угла резания, в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала, не выходить за пределы $50\text{--}90^\circ$ (исключением является наличие отрицательного переднего угла γ). Наименьшие значения принимаются для обработки мягких материалов, наибольшие — при обработке твердых.

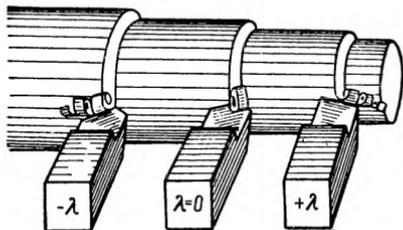


Рис. 54. Влияние угла наклона передней грани на направление схода стружки.

В случае обработки мягкой стали резцом с большим углом резания повышается сопротивление резания, затрудняется сход стружки, повышается ее осадка, понижается чистота обработанной поверхности, и наоборот — при обработке твердых материалов и малом угле резания происходит дрожание резца, снижается прочность режущей кромки и стойкость против разрушительного действия теплоты резания.

Для черновых резцов рекомендуется затачивать угол резания больше, чем для чистовых. Этим достигается большая устойчивость резца при высоких режимах резания. Промежуточные значения принимаются в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала.

Из короткого обзора главных углов α , β , γ , δ и влияния их на работу резца можно заключить, что выбор числовых величин этих углов связан с практическим опытом.

Угол в плане φ изменяет условия резания в области ширины и толщины снимаемой стружки, удельного давления резания, теплоты резания и направления действующих сил. Практически угол φ выбирается в зависимости от геометрических размеров обрабатываемой детали, материала, подлежащего обработке, характера обработки, типа оборудования и режима резания, принятого в кон-

кретном случае. Обычно угол φ выбирается в диапазоне применяемых величин 30; 45; 60; 75 и 90°. Чем меньше его числовое значение, тем шире и тоньше снимаемая стружка, ниже удельное давление резания, ниже теплота резания и выше стойкость режущей кромки.

Изучая силы, действующие в процессе резания, определяем, что обрабатываемое изделие во время резания находится под действием сил P , V и Q . При главном угле $\varphi = 90^\circ$ сила $V = 0$, изде-

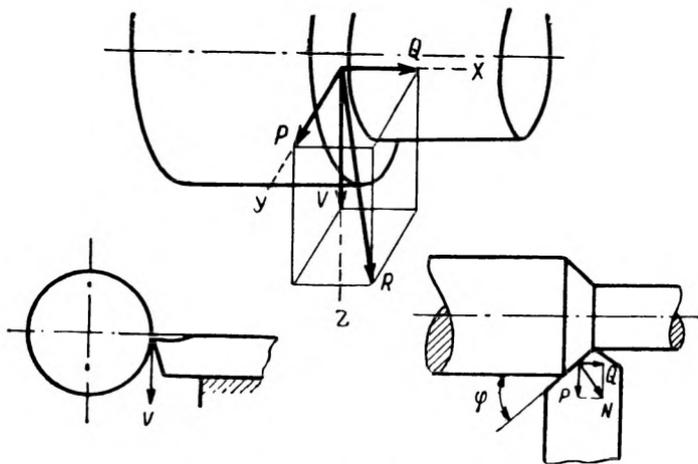


Рис. 55. Силы, действующие на резец.

лие находится под действием силы $P = Q$, как показано на рис. 55. По мере снижения угла φ сила V возрастает за счет снижения силы Q . Направление деформирующей силы P и ее величина изменяются соответственно изменению главного угла в плане φ . Отсюда следует, что при обработке тонких изделий, малоустойчивых и подверженных вибрациям в процессе резания, выбирают угол в плане φ большего значения. Изделия, у которых длина обрабатываемой поверхности не превышает 12-кратного диаметра, допускается обрабатывать резцами с углом меньшего значения, чем 90° .

Угол при вершине ϵ выбирается в зависимости от угла φ , например, при:

$$\begin{aligned} \varphi = 30^\circ & \quad \epsilon = 130^\circ, \\ \varphi = 45^\circ & \quad \epsilon = 115^\circ, \\ \varphi = 60^\circ & \quad \epsilon = 100^\circ, \\ \varphi = 90^\circ & \quad \epsilon = 70^\circ. \end{aligned}$$

Стойкость резца при тонком точении. Стойкость резца при обычном точении, со скоростью, положенной для

черновой обработки, отличается от стойкости резца при тонком точении.

Если стойкость резца при обычном точении снижается в зависимости от площади поперечного сечения стружки и скорости резания до нуля, то при тонком точении стойкость резца возрастает либо понижается в зависимости от скорости резания, после чего наступает период последующего увеличения и снижения.

Проведенные исследования при обработке сталей различными резцами с различными подачами получили подтверждение колебаний стойкости. Кривые, построенные на основании проведенных работ (рис. 56), имеют зигзагообразное построение с двумя или тремя предельными точками увеличения и снижения. Разность между точками перегибов кривой снижается по мере увеличения площади поперечного сечения снимаемой стружки и, наконец, приходит к нулю. Кривая тогда получает плавное повышение до максимального значения и последующее снижение, приобретая характер нисходящей плавной линии. Объяснить это с виду странное явление можно при совместном изучении кривой обработочного упрочнения (рис. 57) и кривой пределов пропорциональности, показанной на рис. 58.

Сопоставляя предельные значения этих кривых, находим, что они появляются почти при одних и тех же температурах, характеризующих конец стадии упрочнения при достижении предела пропорциональности. Как показывает опыт, стойкость резца связана обратной пропорциональностью с предельной точкой обработочного упрочнения.

Колебания кривой стойкости при тонком точении еще не изучены с достаточной полнотой. Можно предполагать, что обработочное упрочнение, оставшееся после чернового протачивания, влияет на стойкость режущего инструмента, и если бы удалось повысить стойкость режущих кромок, то можно было бы вести тонкое точение на повышенных скоростях, т. е. в зоне температур, изменяющих физические свойства обрабатываемого материала.

На приборостроительном заводе, в условиях повышения стойкости режущего инструмента, была изготовлена

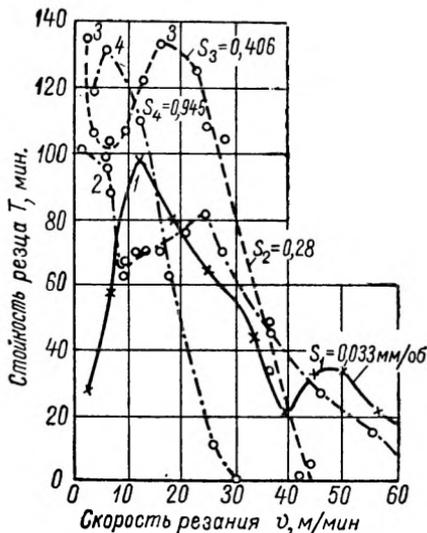


Рис. 56. Стойкость режущих кромок быстрорежущих резцов в зависимости от скорости резания при различных подачах (опыты Смита и Лейга).

$$1 - S_1 = 0,033; \quad 2, 4 - S_4 = 0,946; \\ 3 - S_2 = 0,28 \quad \text{и} \quad S_3 = 0,406.$$

партия резцов с наплавной режущей частью. Испытанием установлено, что стойкость режущих кромок в этом случае повысилась

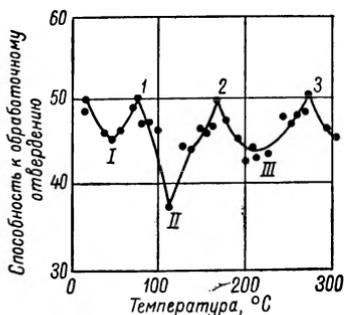


Рис. 57. Влияние теплоты резания на способность металла к обработочному упрочнению. 1, 2 и 3 — наибольшая степень отвердения; I, II и III — наименьшая степень отвердения.

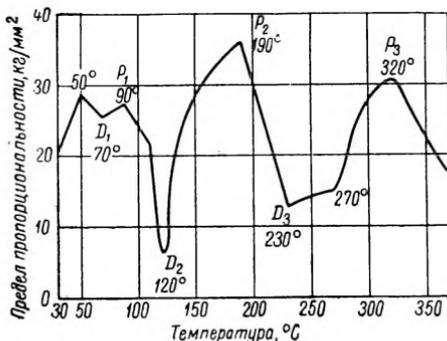


Рис. 58. Влияние теплоты резания на предел пропорциональности стали. P_1 , P_2 и P_3 — наивысшие точки приложения давления резания; D_1 , D_2 и D_3 — наинизшие точки приложения давления резания.

в 9,6 раза по сравнению с ранее существовавшей. В качестве наплавляемого материала была взята быстрорежущая сталь марки P18, ГОСТ 5952—51.

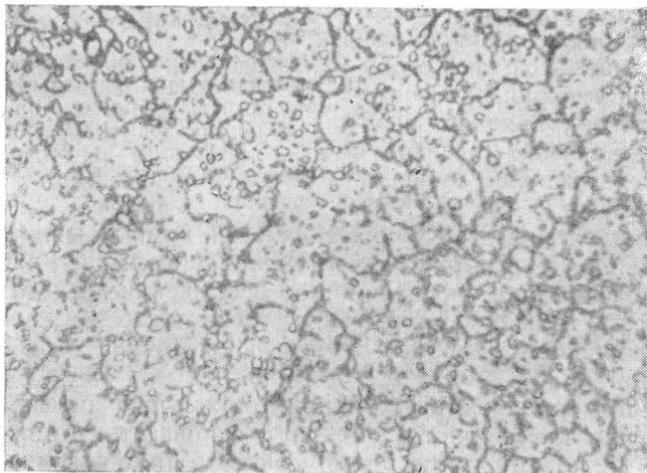


Рис. 59. Распределение двойных карбидов в наплавляеваемой быстрорежущей стали P18.

Действие ацетиленового пламени, посредством которого производился процесс наплавления, изменило физические свойства наплавляемого материала.

Исследованием микрошлифа (рис. 59), сделанного из наплавленной части резца, установлена мелкозернистая структура, содержащая двойные карбиды и вольфрамыды железа, расположенные в аустенитно-мартенситовом поле.

Влияние теплоты резания на стойкость резца. Обработка металла резанием сопровождается выделением тепла, которое в дальнейшем будем называть теплотой резания.

Теплота резания является весьма важным фактором, влияющим на стойкость режущих кромок. Она образуется из теплоты непосредственного резания металла, теплоты деформации или, точнее,

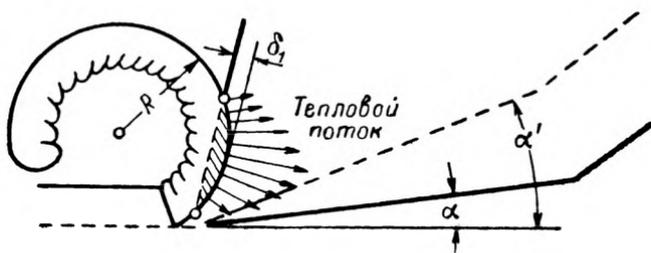


Рис. 60. Износ передней грани быстрорежущего резца в зависимости от теплоты резания.

осадки стружки, сопровождаемой внутренним трением мельчайших частиц в отделяемой части металла от общего тела, теплоты трения стружки о переднюю грань резца и трения задней грани об обрабатываемую поверхность. Наибольшее количество теплоты выделяется в непосредственной близости к режущей кромке (рис. 60), снижаясь по мере удаления отделяемой части металла от передней грани режущего инструмента. Из рис. 60 видно также, что в зоне наибольшего выделения количества теплоты δ_1 происходит максимальный износ передней грани резца.

Количество теплоты резания может быть вычислено по формуле

$$Q = \frac{P_z v}{E} \text{ ккал,}$$

где Q — количество теплоты, ккал;

P_z — давление резания, кг;

v — скорость резания, м/мин;

E — тепловой эквивалент, равный 427 ккал.

Давление резания P_z вычисляется по общепринятой формуле

$$P_z = ct^x S^y H_B^n,$$

где c — коэффициент, зависящий от условий резания;
 x, y, n — показатели степени, зависящие от типа резца и механических свойств обрабатываемого материала;
 t — глубина резания, мм;
 S — подача в мм на один оборот шпинделя;
 H_B — твердость по Бринеллю, кг/мм².

Для примера приведем получистовую обработку стали твердостью $H_B = 140$ кг/мм² резцом из быстрорежущей стали Р18.

Глубина резания принимается $t = 2$ мм и подача $S = 0,1$ мм/об. Скорость резания $v = 70$ м/мин. Для данного случая принимаются коэффициент $c = 27,9$ и показатели степеней $x = 1$; $y = 0,75$ и $n = 0,35$ ¹.

Подставляя числовые значения в основную расчетную формулу давления резания, получаем

$$P_2 = 27,9 \cdot 2 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 140^{0,35} = 55,8 \text{ кг.}$$

Количество теплоты, выделившееся при обработке стали со скоростью $v = 70$ м/мин и давлении резания 55,8 кг, получится

$$Q = \frac{P_2 v}{427} = \frac{55,8 \cdot 70}{427} \approx 10 \text{ ккал.}$$

Полученная теплота резания распределяется: наибольшая часть — 70% уходит в стружку, примерно 25% поглощается резцом, 4% переходит в тело обрабатываемого материала и 1% отдается окружающей среде.

Из приведенных расчетных формул видно, что теплота резания зависит от скорости резания, размеров и формы поперечного сечения стружки и механических свойств обрабатываемого материала.

Экспериментальные данные, обработанные проф. С. Ф. Глебовым, показали математическую зависимость температуры нагрева режущей кромки от выбранного режима резания в виде

$$t^\circ = c \sqrt{v} \sqrt[3]{S} \sqrt[10]{t}.$$

Допустим в этом случае, что скорость резания $v_1 = 25$ м/мин повысилась в четыре раза, т. е. до $v_2 = 100$ м/мин при неизменности прочих условий резания, тогда

$$\frac{t_2^\circ}{t_1^\circ} = \sqrt{\frac{v_2}{v_1}} = \sqrt{\frac{100}{25}} = 2,$$

в то время как температура режущей кромки возросла только в 2 раза.

¹ Справочник технолога-машиностроителя, Машгиз, т. 11, 1956, стр. 217.

Повысим затем подачу $S_1 = 0,2$ в четыре раза, т. е. до $S = 0,8$ мм/об при неизменности прочих условий резания, получим

$$\frac{t_2^\circ}{t_1^\circ} = \sqrt[3]{\frac{S_2}{S_1}} = \sqrt[3]{\frac{0,8}{0,2}} = \sqrt[3]{4} = 1,58,$$

т. е. возрастание температуры режущей кромки в 1,58 раза.

И, наконец, повысим глубину резания $t_1 = 1$ мм в четыре раза, т. е. до $t_2 = 4$ мм при неизменности прочих условий резания, получим

$$\frac{t_2^\circ}{t_1^\circ} = \sqrt[10]{\frac{t_2}{t_1}} = \sqrt[10]{\frac{4}{1}} = \sqrt[10]{4} = 1,15,$$

т. е. возрастание температуры режущей кромки в 1,15 раза.

Зная тепловой баланс и количество выделившегося тепла, можно вычислить, сколько тепла ушло в стружку, резец, на нагрев обрабатываемого изделия и окружающую среду. Однако этот расчет не приведет к желаемому результату.

Иногда незначительное количество теплоты, сосредоточенное в малом объеме, создает больше осложнений, чем большое количество тепла, равномерно распределенное в большом объеме. Схема распределения температур (в градусах) в различных местах стружки и изделия показана на рис. 61.

В некоторых случаях могут интересоваться не размерные величины выделившегося тепла, а соотношение подводящих и отводящих элементов тепла от источника его возникновения.

Если масса режущего инструмента велика, то отвод тепла от режущей кромки будет интенсивней и стойкость ее значительно выше, чем при незначительной массе, отводящей тепло. Практически важно знать истинную температуру тепла в зоне ее возникновения, так как изнашиванию подвергается наиболее активная часть режущей кромки, на которую в основном оказывает влияние теплота резания.

Из нанесенных кривых (рис. 62)¹ видно, что температура режущей кромки повышается по мере возрастания скорости резания и,

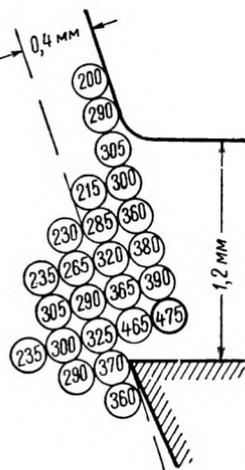


Рис. 61. Схема распределения температур в различных местах стружки и изделия.

¹ Влияние скорости резания на температуру режущей кромки при обработке стали и чугуна заимствовано из статьи Усачева, помещенной в книге «Основы учения о резании металлов», Машгиз, 1940.

наконец, по достижении предельной скорости кромка разрушается. Весьма существенное влияние на стойкость режущей кромки оказывает возрастающая величина подачи (рис. 63) и глубина резания.

Из приведенных данных видно, что наибольшее влияние на повышение температуры нагрева режущей кромки оказывает скорость резания и менее всего — глубина резания.

Влияние охлаждения и смазки на процесс резания. Подавляющее большинство металлов обрабатывается с охлаждающей жидкостью.

Охлаждение и смазка в процессе резания снижают теплоту резания и трения между трущимися поверхностями, например

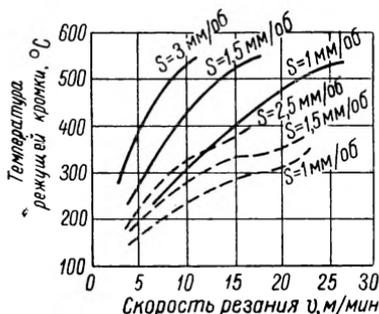


Рис. 62. Влияние скорости резания на температуру режущей кромки при обработке стали и чугуна на различных подачах. — сталь, ---- чугун.

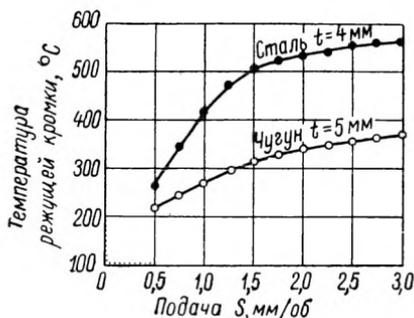


Рис. 63. Влияние величины подачи на стойкость режущей кромки резца при точении стали и чугуна.

стружки о переднюю грань резца, сверла и других режущих инструментов, а также трение задней грани резца об обрабатываемую поверхность. Одновременно с этим снижается сопротивление резания и деформации отделяемой стружки.

Основная задача при выборе смазочно-охлаждающей жидкости сводится к удачному подбору жидкости, учитывая ее способность изменять не только условия резания, но и физические свойства обрабатываемого материала.

Исследованием установлено влияние смазочно-охлаждающей жидкости на снижение давления резания P_z и крутящего момента (табл. 5).

Различные смазочно-охлаждающие жидкости ведут себя в процессе резания по-разному. Если требуется только снижение теплоты резания, допускающее повышение скорости резания и увеличение стойкости режущей кромки инструмента, то применяют жидкости с наибольшей интенсивностью охлаждения. При требовании высокой чистоты обработанной поверхности применяют жидкости, обеспечивающие снижение степени шероховатости.

Таблица 5

Обрабатываемый материал	Снижение, %	
	P_z	$M_{кр}$
Алюминиевые сплавы	40	31
Латунь	8	0
Сталь автоматная	7	7
Сталь инструментальная	19—39	21—34
Чугун серый	11—15	11—18

Таблица 6

Характер обработки	Наименование жидкости	Обрабатываемый материал						
		Латунь	Бронза	Медь	Алюминий	Дуралюминий	Силумин	Электрон ¹
Обдирка	Эмульсия	+	+	+	+	Сухая	+	+
Расточка	Сурепное масло	+	+	—	—	+	—	—
	Эмульсия Керосин 56% и скипидар 44%			+		+	+	
Чистовое обтачивание	Керосин	Сухое	Сухое	Сухое	+	+	—	Сухое
	Сурепное масло						+	
Нарезание резьбы	Сурепное масло	+	+	+		+		
	Керосин				+		+	Сухое
Сверление	Эмульсия	+	+	+	+	+	+	
	Сурепное масло			+				
Развертывание	Сурепное масло	+	+			+		Сухое
	Эмульсия Керосин 56% и скипидар 44%			+	+		+	

¹ Шлифование электрона не допускается. Обрабатывать всухую во избежание возгорания.

Практически смазочно-охлаждающие жидкости в зависимости от характера производимой работы могут быть выбраны: при обработке цветных металлов — по табл. 6; черных металлов — по табл. 7.

Таблица 7

Характер обработки	Наименование жидкостей	Процентное содержание химикатов в водном растворе
Грубая токарная обработка	Содовая вода	1,0 соды кальцинированной или 0,8 и 0,25 нитрита натрия
Чистовая токарная обработка	Мыльный раствор	0,5—0,57 соды кальцинированной или тринатрийфосфата и 0,5—1,0 мыла, 0,25 нитрита натрия
Сверление при отношении длины отверстия к диаметру сверла 3	Водный раствор жидкого стекла	0,8 силиката натрия или 0,5 соды кальцинированной и 25 силиката натрия (жидкое стекло)
Сверление при отношении длины отверстия к диаметру сверла от 3 до 5	Эмульсия	3÷4 эмульсии или пасты и 0,5 соды кальцинированной или 0,5 тринатрийфосфата, или 0,5 жидкого стекла
Сверление глубоких отверстий	Сульфозфрезол с добавкой керосина	90 сульфозфрезола, 10 керосина
Развертывание отверстий небольшой глубины	Эмульсия	5 эмульсола, 0,2 кальцинированной соды или тринатрийфосфата или жидкого стекла
Развертывание глубоких отверстий	Сульфозфрезол	78—80 масла минерального, 18—20 нигрола, 1,7—2 серы. Можно употреблять любые минеральные масла, включая отработанные, а вместо нигрола можно применять топочный мазут

Обработка резанием металлов с подогревом

Изучая процесс резания, нельзя утверждать, однако, что теплота резания во всех случаях является отрицательным фактором, способствующим разрушению режущих кромок. Улучшение процесса резания, как показывает опыт, может быть достигнуто в результате изменения физико-механических свойств обрабатываемого материала посредством искусственного подогрева или, иначе говоря, искусственным снижением сопротивления резания.

Из приведенных данных чл.-корр. АН СССР В. Д. Кузнецова можно считать, что все металлы в состоянии нагрева (каждого до известной температуры) приобретают одинаковые временные сопротивления разрыву (рис. 64); например: алюминий при 300°, медь при 700° и сталь при 780° С. Если сопротивление резания орга-

нически связано с временным сопротивлением обрабатываемого материала, то, регулируя температуру его нагрева, можно достигнуть одинаковой сопротивляемости резанию. Это обстоятельство имеет практическое значение и большое будущее, так как открывает новые горизонты для творческой деятельности в области унификации режущего инструмента, геометрии режущих кромок реза, новых конструктивных форм металлорежущих станков, их кинематики и мощности.

Все важнейшие характеристики резания (упругие и пластические) изменяют свои свойства при обработке металла в нагретом состоянии.

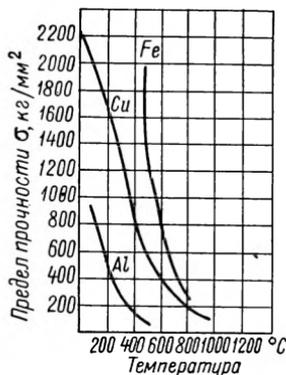


Рис. 64. Зависимость предела прочности от температуры нагрева.

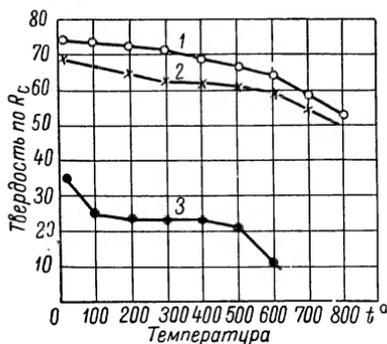


Рис. 65. Изменение механических свойств твердых сплавов в зависимости от температуры нагрева.

1 — твердый сплав Т15К6; 2 — твердый сплав ВК8; 3 — термически обработанная сталь 32ХНМ.

При холодной обработке металла отрицательное влияние теплоты резания на усилие резания, усадку стружки, образование нароста и шероховатость обработанной поверхности изменяется на положительное при обработке того же металла с подогревом до известной температуры.

Из кривых, изображенных на рис. 65 в координатах температура — твердость, можно установить, что если разность твердостей стали 32ХНМ и сплава Т15К6 при комнатной температуре составила 40 ед. R_c , то при нагреве до температуры 600° она доходила до 54 ед. R_c , в то время как разность твердостей той же стали и сплава ВК8 достигала 50 ед. R_c .

Исследованием установлено, что если разность твердостей между сплавом РЭ-6 и закаленной сталью У7 при комнатной температуре составит всего 10 ед. по Шору, то при нагреве той же стали до температуры 800° С она возрастает до 42 ед. Отсюда трудно сделать вывод, что процессы резания с подогревом обрабатываемого материала будут иметь практическое значение в том слу-

чае, когда будут приняты в расчет физико-механические свойства подогретого материала и стойкость режущего инструмента при высоких температурах.

Применяемые способы нагрева материала делятся на три основных группы:

- 1) нагрев с использованием тепла предыдущих операций;
- 2) сплошной нагрев деталей в печах;
- 3) местный нагрев обрабатываемого слоя материала.

К первой группе относится широко практикуемое резание материалов, при котором используется тепло после проката. Резание материалов производится как на конструкционных сталях марки 30, так и легированных сталях типа 40СА, нагретых или сохранивших тепло до светлокрасного свечения. При резании материала дисковыми пилами $\varnothing 1200-1400$ и шириной 5 мм, изготовленными из стали 37ХС, скорость резания достигает 4500 м/мин. Стойкость режущих кромок при резании стали 35 в этих условиях доходила до 2000 резов.

Этот способ заслуживает внимания и может быть широко распространен в горячих цехах промышленных предприятий.

Исследованием процесса резания нагретой стали 50 в нефтяной печи (вторая группа) до температуры 560°C резцом с пластинкой твердого сплава РЭ-8 установлено, что мощность, потребляемая при скорости резания $v = 24,5$ м/мин, подаче $S = 0,945$ мм на один оборот шпинделя и глубине резания $t = 8$ мм, понижается в три раза.

Исследованием обработанной поверхности нагретой заготовки в муфельной печи установлено, что поверхность, прошедшая стадию обработки резанием, в этом случае значительно чище, чем при обработке той же стали в холодном состоянии. Несмотря на такое преимущество в обработке металла при сплошном нагреве, этот способ не получил широкого распространения из-за необходимого совмещения металлорежущего оборудования с нагревательным и трудностей, связанных с условиями работы.

Опыты, поставленные на Кировском заводе инж. Б. М. Аскинази¹ и Г. И. Богатовым, с местным индукционным нагревом заготовки токами высокой частоты (третий способ) показали, что обработка конструкционной стали с временным сопротивлением $\sigma_B = 49$ кг/мм², резцом с пластинкой твердого сплава РЭ-8 без подогрева, при сечении стружки 9,2 мм² сопровождалась удельным давлением резания $P_z = 148$ кг/мм².

При обработке той же стали с нагревом ее индукционными токами высокой частоты до температуры 900°C и неизменностью основного режима резания удельное давление резания снижалось до 35 кг/мм².

Способ индукционного нагрева заготовки имел ряд существенных недостатков. В настоящее время эти недостатки устранены.

¹ Аскинази Б. М., Прогрессивная технология, Машгиз, 1951.

В результате довольно тщательной обработки получена вполне отвечающая современным условиям резания конструкция трансформатора, подобраны режущие инструменты и соответствующие режимы резания.

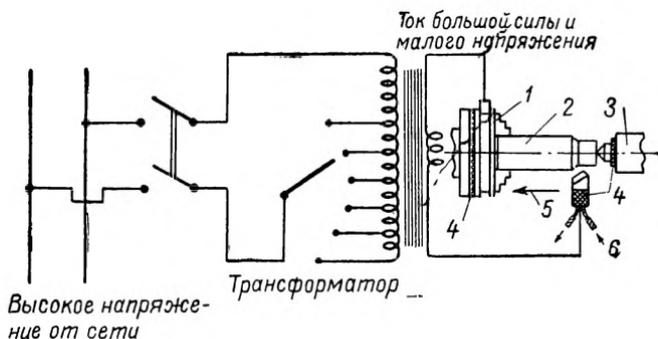


Рис. 66. Электрическая схема установки для точения с электроподогревом.

1 — патрон трехлапчатый; 2 — обрабатываемая деталь; 3 — задняя бабка; 4 — изоляция; 5 — подача резца; 6 — резец.

На рис. 66 показана электрическая схема подвода трансформированного тока к заготовке и резцу

Суппорт станка в этом случае изолируется от каретки посредством текстолитовой прокладки. Болты крепления должны быть изолированы от суппорта втулками, изготовленными из изоляционного материала с изоляционными шайбами, подложенными под гайки. Низковольтная обмотка трансформатора подключается к сети — резцу — детали. Трансформированный ток подводится от трансформатора к щеткам и через контактные кольца — к шпинделю станка. Второй конец низковольтной обмотки трансформатора подключается посредством кабеля к державке с резцом.

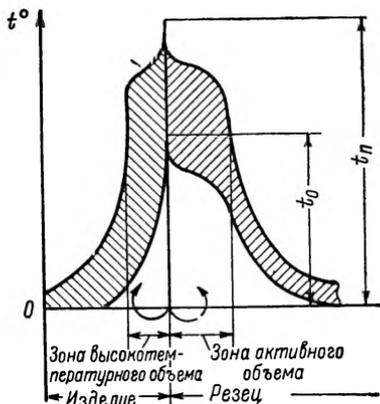


Рис. 67. Схема распределения температур в системе резец—изделие.

t_0 и t_n — наивысшие предельные значения в данных объемах.

Конструкция трансформатора для чистового точения имеет 10 ступеней трансформирования при изменении напряжения во вторичной цепи в пределах 0,2—2,2 в.

В основу электротехнического способа обработки металла заложено влияние двух одновременно действующих источников тепла:

1) тепла, возникающего при деформации металла и трении соприкасающихся поверхностей:

2) тепла, выделяемого электрическим током большой силы в точке контакта резец—изделие—стружка.

Количество тепла, выделяемого в первом случае,

$$Q_1 = \frac{P_2 v}{E}.$$

Количество тепла, выделяемого во втором случае,

$$Q_2 = 0,24 I^2 R t$$

где Q — количество тепла, выделяемого электрическим током, кал;

R — сопротивление, ом;

t — время прохождения тока, сек.;

I — сила тока, а.

Теплообразование в точке контакта резец — изделие — стружка зависит (что видно из приведенных формул) от скорости резания и плотности тока.

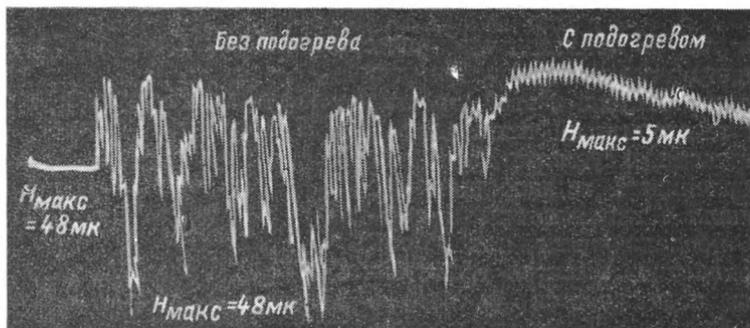


Рис. 68. Сравнительные профилограммы чистоты обработанной поверхности с подогревом и без подогрева.

Исходя из данных проведенного исследования, распределение теплоты в системе резец — изделие представится, как показано на рис. 67

Эффективность процесса резания металла с подогревом выявится при сопоставлении технико-экономических показателей обработки металла в нагретом и холодном состоянии при неизменных прочих условиях.

Исследованием степени шероховатости установлено, что при обработке стали 45 с режимом резания $S = 0,21$ мм/об, $t = 0,2$ мм, $v = 160$ м/мин, резцом с пластинкой твердого сплава Т15К6, передним углом $\gamma = 5^\circ$ задним углом $\alpha = 3^\circ$, углом в плане $\varphi = 45^\circ$ и шириной фаски 1 мм высота гребешков обработанной поверхности с подогревом не выходила за пределы $H_{\max} = 3,2$ мк,

в то время как при обработке той же стали без подогрева и тех же условиях резания высота гребешков достигала $H_{\max} = 6,3 \div 7,4$ мк.

На рис. 68 изображены профилограммы чистоты обработанной поверхности с подогревом и в холодном состоянии материала заготовки (без подогрева).

Резкое различие H_{\max} в обоих приведенных случаях объясняется склонностью стали 45 к образованию наростов на режущей

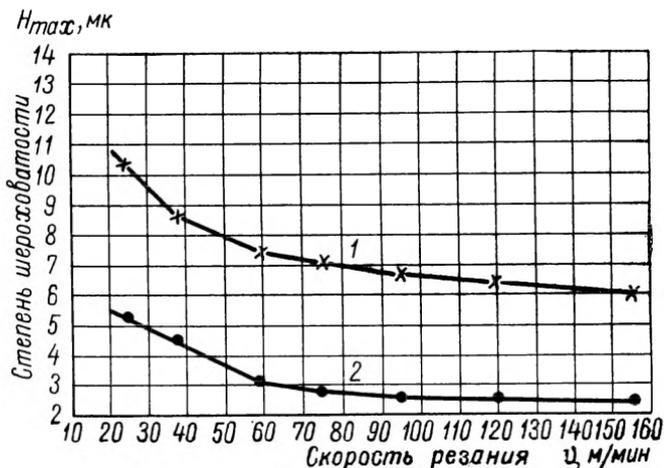


Рис. 69. Влияние скорости резания на чистоту обработки.

1 — без подогрева; 2 — с подогревом.

кромке резца, что исключается при обработке такого же материала с подогревом.

При более низких скоростях резания, что видно из приведенных кривых исследования (рис. 69), степень шероховатости повышается. Практическая применимость подогрева будет наиболее эффективной при обработке: материалов с повышенной твердостью; торцовых поверхностей; мелких деталей; динамически неуравновешенных деталей, технологически недопускающих обработку с повышенными скоростями резания; зенкерами с пластинками твердого сплава.

ГЛАВА III РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

Резцы

подавляющее большинство резцов, применяемых на приборостроительных заводах, предназначено для обычной обработки металла. Средняя стойкость (T мин.) этих резцов не выходит за пределы, приведенные в табл. 8.

Таблица 8

Типы резцов	Для резцов из быстрорежущей стали		Для резцов с пластинками твердого сплава
	по стали	по чугуну	по стали и чугуну
Проходные и подрезные	30—60	40—75	25—75
Отрезные и прорезные	15—25	25—45	25—50

Скоростное и силовое резание металла, при котором возникает значительная теплота резания с температурой, превышающей обычные условия, не обеспечивается стойкостью режущих кромок, приведенной в табл. 8. Силовое резание в условиях приборостроительного производства за последнее время получило широкое распространение.

Новое течение, связанное с повышением производительности труда, внесли в теорию резания новаторы производства, указывая повышенные режимы обработки с изменением физико-механических свойств обрабатываемого материала и новую рациональную геометрию заточки со стойкостью режущих кромок при высоких температурах.

Опуская в изложении материала общеизвестные стандартные типы режущего инструмента и обусловленную геометрию заточки главных режущих элементов, перейдем к рассмотрению новейших типов инструмента и высокопроизводительной геометрии заточки.

Отогнутый проходной резец новатора П. Б. Быкова. Отличительной особенностью этого резца от обычных конструкций, применяемых на приборостроительных заводах, является то, что для лучшего схода стружки с передней грани резец имеет специально заточенную канавку, расположенную на некотором отдалении от главной режущей кромки. Размеры канавки выбираются конструктивно, в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала.

Углы резца (рис. 70) для чистовой обработки выбираются следующие:

передний угол $\gamma = 2 \div 3^\circ$;

главный задний угол $\alpha = 4 \div 5^\circ$;

вспомогательный задний угол $\alpha_1 = 6^\circ$;

угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^\circ$;

главный угол в плане $\varphi = 45^\circ$

Ширину ленточки и размеры заточенной канавки рекомендуется делать соответственно данным, приведенным в табл. 9.

Из приведенных данных следует, что ширина ленточки повышается по мере возрастания механических свойств обрабатываемого материала, а расстояние до середины канавки возрастает по мере приближения к ней центра давления отделяемой стружки. Как в первом, так и во втором случае имеется в виду упрочнение главной режущей кромки и повышение ее стойкости.

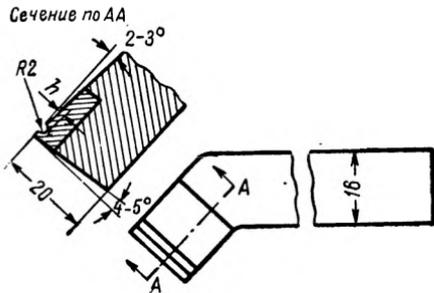


Рис. 70. Отогнутый резец новатора П. Б. Быкова для чистовой обработки.

Таблица 9

Обрабатываемый материал	Ширина ленточки, мм	Глубина канавки, мм	Ширина канавки, мм
Сталь 10 и сталь 15	0,2—0,3	1,5	4,0
Сталь 35 и сталь 20	0,3—0,5	1,0	3,5
Сталь 45 и сталь 40	1,0—1,5	0,5	2,5

Резцы конструкции П. Б. Быкова оснащаются пластинками твердого сплава Т15К6 или Т30К4 и, несмотря на положительное значение переднего угла γ , обладают значительной стойкостью при скорости резания в пределах $v = 600 \div 800$ м/мин.

Резцы подобной же конструкции (рис. 71), но с отрицательным передним углом $\gamma = (-3^\circ) \div (-5^\circ)$, безупречны в работе при черновом точении.

Резец токаря-новатора В. М. Бирюкова. Этот резец весьма оригинален в конструктивном оформлении.

Особенностью его конструкции является вертикальное расположение пластинки твердого сплава и наличие канавки шириной 5 мм, образованной двумя сопряженными дугами радиусами $R_1 = 7$ мм и $R_2 = 1,5$ мм. Кроме этих особенностей, передняя грань резца (рис. 72) затачивается под углом $\gamma = 25^\circ$, а фаска $f = 0,4$ мм — под углом $\gamma_{\text{ф}} = -6^\circ$

Сопоставляя размерные значения отдельных элементов резца, как, например, построение канавки, снижение передней грани глав-

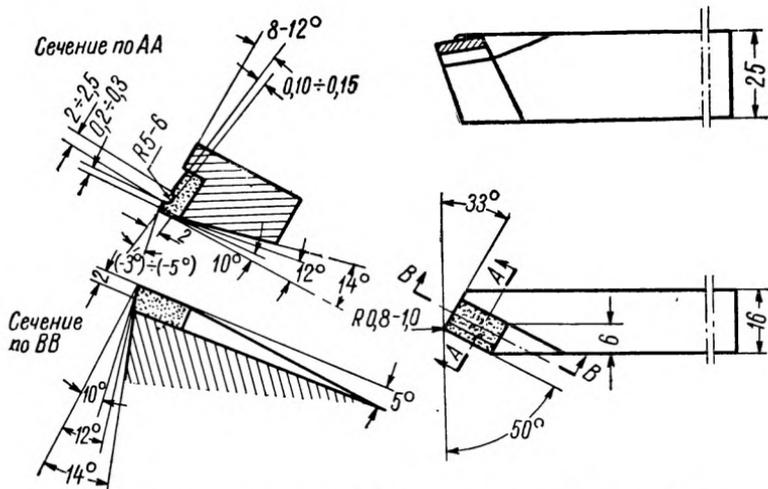


Рис. 71. Резец новатора П. Б. Быкова для черновой работы.

ной режущей кромки по отношению к верхней части задней грани канавки и угол наклона фаски $\lambda_{\text{ф}} = 7^\circ$, получаем постепенное воз-
растание порога, который является естественным стружколомателем при скоростном резании металла.

Конструкция резца В. М. Бирюкова находит применение при скоростной обработке сталей малой и средней твердости. К недостаткам этой конструкции следует отнести трудность заточки канавки по сопрягаемым дугам.

Резцы для тонкого точения работают на высоких скоростях резания при малых сечениях стружки и достаточно устойчивом закреплении обрабатываемой заготовки. На рис. 73 изображен один из таких резцов для тонкого точения, оснащенный пластинкой твердого сплава Т15К6.

Геометрия заточки резца:

главный передний угол $\gamma = 5^\circ$;

главный задний угол $\alpha = 6 \div 8^\circ$;

радиус при вершине $r = 1 \div 1,5$ мм.

Режимы резания, при которых резцы тонкого точения работают с достаточной стойкостью, следующие:

скорость резания $v = 180 \div 500$ м/мин;

глубина резания $t = 0,2 \div 0,5$ мм;

подача $S = 0,04 \div 0,15$ мм/об.

Чистовой резец конструкции И. Е. Савина (рис. 74) для чистового точения отличается от резцов других конструкций широкой главной режущей кромкой и очень малым главным углом в плане. Главная режущая кромка проходит дополнительную доводку до получения фаски шириной f , не превышающей

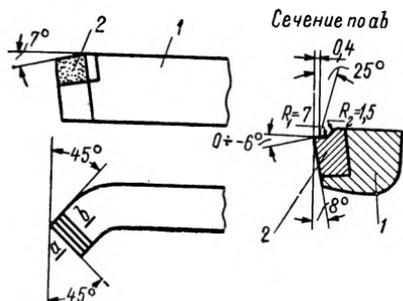


Рис. 72. Проходной отогнутый резец конструкции В. М. Бирюкова.

1 — тело резца; 2 — пластина твердого сплава.

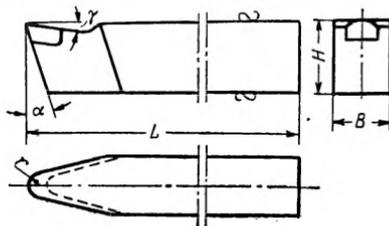


Рис. 73. Чистовой резец для тонкого точения.

0,2 мм (на рис. 74 не указано). Отличительной особенностью этой конструкции является переменная величина переднего угла γ как следствие значительного угла наклона главной режущей кромки λ , непараллельности плоскостей, проходящих по ней, и канавки, расположенной примерно в центре давления. Порог, образованный в результате непараллельности плоскостей, является прекрасным стружколомателем, снимающим часть давления в процессе резания.

Режим резания, при котором резец обеспечивает чистоту обработанной поверхности $\nabla \nabla \nabla 7$, принимается следующий:

глубина резания $t = 0,025 \div 0,05$ мм;

подача $S \leq 10$ мм/об;

скорость резания $v = 150 \div 400$ м/мин.

Резец токаря-новатора В. А. Колесова. Наиболее широкое распространение в промышленности получила конструкция резца токаря средневожского станкостроительного завода В. А. Колесова (рис. 75). Существенным отличием его резца от других конструкций, предлагаемых скоростниками отечественного производства, является многолезвийность, причем каждое из лезвий (режущих кромок) этой конструкции выполняет свою роль в процессе резания.

Основными режущими кромками являются: главная режущая кромка, расположенная под углом $\varphi = 45^\circ$ к направлению подачи;

нулевая, находящаяся под углом $\varphi = 0$, т. е. параллельно оси вращения обрабатываемой детали; вспомогательная, расположенная под углом $\varphi_1 = 20^\circ$ к оси вращения детали, размером не более 1 мм.

Работа, выполняемая режущими кромками, распределяется в следующем порядке.

Главная режущая кромка выполняет черновую работу, нулевая — чистовую, или, иначе говоря, сглаживание гребешков, оставшихся после черновой обработки, и, наконец, вспомогательная облегчает врезание резца в тело обрабатываемого материала, усиливая тем самым наиболее слабые места режущих кромок.

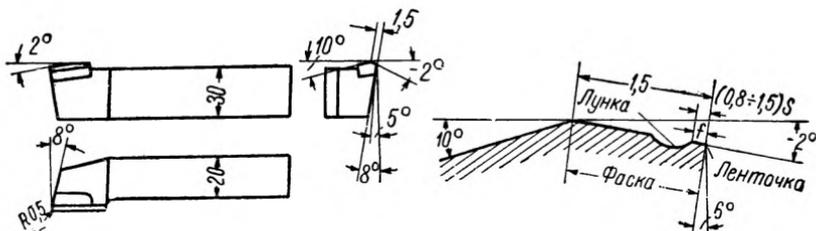


Рис. 76. Подрезной резец конструкции Г. С. Борткевича.

Геометрия заточки режущих кромок резца В. А. Колесова следующая:

передний угол $\gamma = 5^\circ$;

задний угол $\alpha = 6^\circ$;

вспомогательный задний угол $\alpha_1 = 3 \div 5^\circ$;

главный угол в плане $\varphi = 45^\circ$;

угол в плане нулевой режущей кромки $\varphi_0 = 0$;

угол в плане вспомогательной режущей кромки $\varphi_1 = 20^\circ$;

угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0 \div 4^\circ$

Вдоль всех трех режущих кромок делается некоторое притупление (фаска) шириной $f = 0,2 \div 0,3$ мм.

Длина нулевой режущей кромки делается $1,1 - 1,2 S$, где S — подача, мм/об. Чистота обработанной поверхности достигает $\nabla\nabla 5 - \nabla\nabla 6$. Порог, выполняющий роль стружкозавивателя, образуется при заточке передней грани резца под углом γ . Наиболее качественные показатели при работе резца с большими подачами могут быть получены с накладным припаянным порогом.

Резцы этой конструкции обычно оснащаются пластинками твердого сплава Т15К6. Режим резания при обработке стали средней твердости находит практическое применение в следующем виде:

глубина резания $t = 1,2 \div 2,5$ мм;

подача $S = 0,25 \div 3$ мм/об;

скорость резания $v = 60 \div 150$ м/мин.

Подрезной резец конструкции Г. С. Борткевича (рис. 76) для черновой и чистовой обработки металла

кромке, образующая вторую вспомогательную режущую кромку реза.

Вдоль главной режущей кромки, примерно в центре давления стружки на резец, располагается стружечная канавка, выполняющая роль стружкозавивателя.

Геометрия режущих элементов реза:

главный передний угол $\gamma = 0^\circ$;

главный задний угол $\alpha = 8 \div 10^\circ$;

угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^\circ$;

ширина фаски $f = S$, где S — подача, мм/об.

Размеры канавки для чернового точения принимаются

$$R = 3 \div 4 \text{ мм и } b = 3,5 \div 5 \text{ мм,}$$

для чистового точения

$$R = 1,5 \div 2 \text{ мм и } b = 2 \div 2,5 \text{ мм.}$$

Для повышения стойкости реза при скоростном резании он оснащается пластинкой твердого сплава Т15К6. Рекомендуемые режимы резания приведены в табл. 10.

Таблица 10

Обрабатываемый материал	Глубина резания t , мм	Подача S , мм/об	Скорость резания v , м/мин	Примечание
Нержавеющие стали	4÷6	0,6÷0,7	120	—
Быстрорежущие стали	5÷7	0,5	215	—

Подрезной резец конструкции В. А. Колесова (рис. 78) предназначен для полустойкой и чистовой обработки нежестких деталей и торцовой подрезки с продольной подачей. Его конструкция отличается от других видов резцов этого типа второй главной режущей кромкой с углом $\varphi = 0$. Нулевая режущая кромка выполняет в процессе резания роль зачистной режущей кромки, обеспечивая чистоту обработанной поверхности в пределах $\nabla \nabla 5 - \nabla \nabla 6$.

Ширина зачистной режущей кромки принимается $f = 1,1 S$, где S — подача на один оборот шпинделя.

Геометрия режущих элементов реза рекомендуется следующая:

главный передний угол $\gamma = -5^\circ$;

главный задний угол $\alpha = 5^\circ$;

ширина фаски $f = 0,2 \text{ мм}$;

ширина нулевой режущей кромки $f = 1,1 S$.

Режим резания:

глубина резания $t = 2 \div 2,5 \text{ мм}$;

подача $S = 3 \text{ мм/об}$;

скорость резания $v = 120 \text{ м/мин}$.

Резцы с наплавленной рабочей частью. Повышение стойкости режущих кромок резца до затупления в большинстве случаев достигается вследствие изменения физико-механических свойств обрабатываемого материала резца, изменения геометрии заточки режущих кромок, использования теплоты резания при повышенных режимах, зонального нагрева материала до определенной температуры, увеличения подачи и многого другого.

Экспериментальные данные, относящиеся к стойкости режущих кромок, полученные на приборостроительном заводе, сводятся

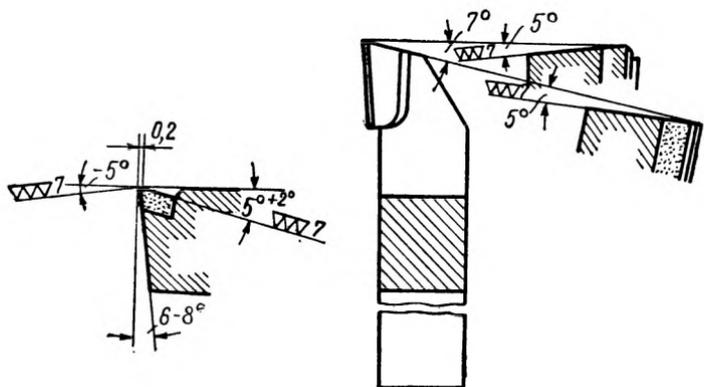


Рис. 78. Подрезной резец В. А. Колесова.

к изменению физических свойств материала наплавленной части резца и повышению стойкости режущих кромок при работе на повышенных режимах резания.

Для проведения процесса наплавления режущей части резца отрезок стали Р18 проковывают до получения размера 3×3 , обмазывают жидким стеклом с примесью 30% графита, просушивают при температуре $60-70^\circ\text{C}$ в течение 2—3 час., после чего на электродварке наплавляют на подготовленную державку.

Испытание стойкости резца с наплавленной режущей частью проводилось при точении стали У7 на токарном станке и одношпиндельном автомате продольного точения, модель 112.

Наиболее эффективная конструкция режущих кромок резца с наплавленной режущей частью показана на рис. 79.

Режим резания при продольном точении был принят следующий:
 глубина резания $t = 3 \text{ мм}$;
 подача $S = 0,05 \text{ мм/об}$;
 скорость резания $v = 87,9 \text{ м/мин}$.

Стойкость режущих кромок повысилась в 12,8 раза по сравнению с резцом, изготовленным из стали марки Р9.

Отрезной резец токаря В. Н. Годяева. Скоростная обработка металла весьма эффективна при наличии твердо-

сплавного инструмента. Несмотря на его значительную производительность, вопрос крепления пластин твердого сплава еще недостаточно изучен. К твердосплавным инструментам относятся отрез-

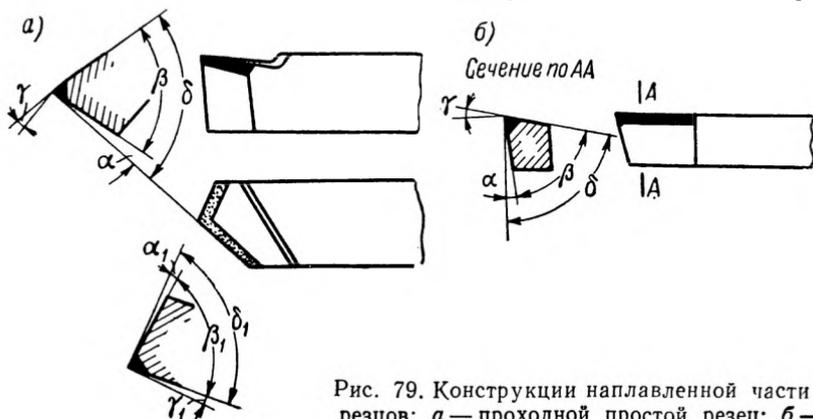


Рис. 79. Конструкции наплавленной части резцов: а — проходной простой резец; б — подрезной правый резец.

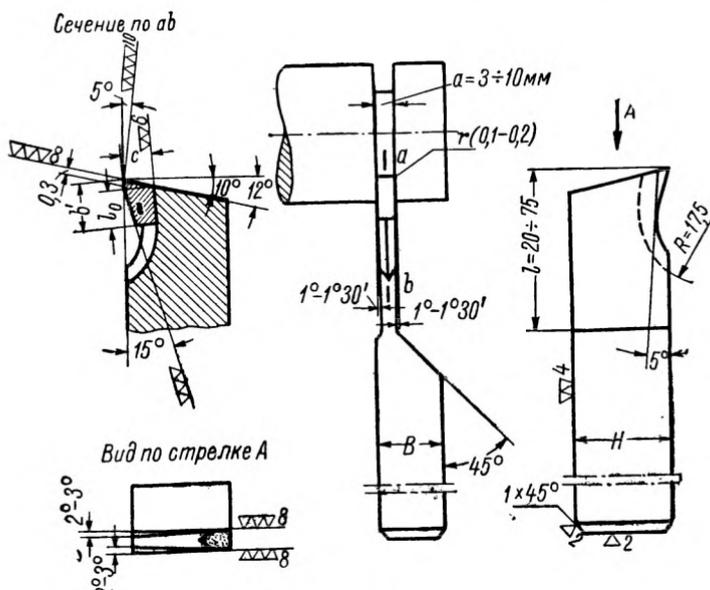


Рис. 80. Отрезной резец В. Н. Годяева с клиновидной пластинкой твердого сплава.

ные и прорезные резцы, которые из-за незначительной поверхности спая твердого сплава и державки не обеспечивают надежности крепления пластинок посредством припоя. Силы, действующие в процессе резания, возрастают иногда до такой степени, что раз-

рушают припой и срывают с места пластинку твердого сплава, которая уходит вместе со стружкой.

На рис. 80 изображена конструкция отрезного резца новатора В. Н. Годяева, которая имеет увеличенную в 1,5 раза поверхность спая твердого сплава с державкой. Пластика твердого сплава шлифована по плоскостям касания и придает им вид клина с углом 60° при вершине, а на державке выфрезерован паз соответственно углу сопряжения пластинки с державкой. Надежность крепления пластинки твердого сплава в этом случае становится более вероятной.

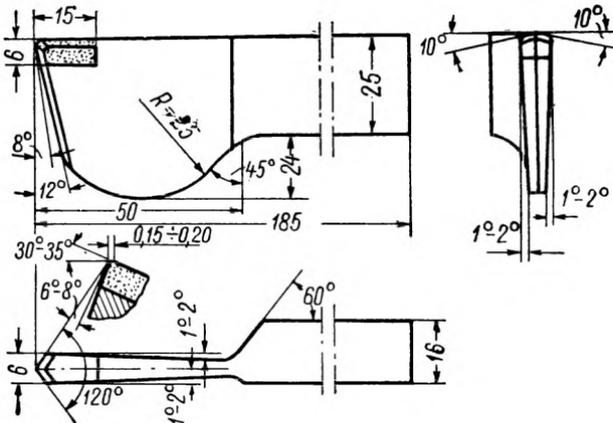


Рис. 81. Отрезной резец конструкции Н. Г. Кузовкина.

Режим резания для отрезных резцов В. Н. Годяева рекомендуется следующий:

подача $S = 0,4 \div 0,5$ мм/об;
 скорость резания $v = 100$ м/мин.

Отрезной резец Н. Г. Кузовкина весьма оригинален в своем конструктивном оформлении. Его прочностная характеристика и теплостойкость несомненны, о чем можно судить по изображению, приведенному на рис. 81.

Снижение удельного давления резания при установившемся режиме достигается вследствие удлинения главной режущей кромки, состоящей из двух частей, расположенных под углом 120° . Упрочняющим звеном служит ребро, расположенное на передней грани, со скосами сторон под углом 10° к горизонтали и утолщением нижней части державки в направлении давления резания, повышающим момент сопротивления,

$$M_{\text{сопр}} = \frac{bh^2}{6} \sigma_{\text{доп}} \text{ кг/см},$$

где b — ширина профиля сечения по утолщенной части, см;
 h — наибольшая высота утолщенной части, см;
 $\sigma_{\text{доп}}$ — допускаемое напряжение на изгиб, кг/см².

По главной режущей кромке, включая излом, делается фаска шириной $f = 0,1 \div 0,2$ мм с отрицательным передним углом $\gamma = -(30 \div 35^\circ)$.

Такая конструкция резца, кроме прочностных показателей, обеспечивает сход стружки в дробленном состоянии, что повышает удобство в работе и безопасность.

Геометрия заточки остальных элементов резца следующая:

угол в плане по боковым сторонам $\varphi = 1 \div 2^\circ$;

главный задний угол по высоте пластинки твердого сплава $\alpha = 6 \div 8^\circ$;

главный задний угол по высоте державки $\alpha' = 12^\circ$;

задний угол по боковым сторонам $\alpha_1 = 1 \div 2^\circ$

При обработке стали рекомендуется применять пластинки твердого сплава Т5К10 и Т15К6 и при обработке чугуна ВК8.

Режим резания при работе резцом конструкции Н. Г. Кузовкина может быть принят:

подача $S = 0,1 \div 0,2$ мм/об;

скорость резания $v = 300 \div 350$ м/мин.

Чистота торцовых поверхностей по срезу обеспечивается в пределах $\nabla\nabla 5 - \nabla\nabla 6$.

Виброустойчивые резцы токаря К. В. Лакура. Вибрации, возникаемые в процессе резания, влияют на качественные показатели работы резца и его прочностную характеристику. Наибольшие осложнения возникают при работе отрезным резцом в условиях вибрационной неустойчивости. Главная режущая кромка отрезных резцов, применяемых в обычных условиях, располагается на уровне верхней грани тела резца. Центр изгиба у таких резцов лежит на нижней грани, иначе говоря, — на уровне основной плоскости.

В случае незначительных по величине возрастных давлений резания, а вместе с тем и вибрационных толчков, наблюдается прогиб главной режущей кромки на плече, равном отрезку от глазной режущей кромки до центра изгиба. Такой сравнительно незначительный толчок вызывает дополнительное врезание главной режущей кромки, иногда сопровождаемое поломкой отрезного резца.

Конструкция резца токаря К. В. Лакура, представленная на рис. 82, более совершенна вследствие самопроизвольного врезания и виброустойчива. Режущая кромка этого резца расположена примерно на оси тела, а центр изгиба — на уровне его режущей кромки. Такое конструктивное оформление резца снижает опасность подхватываний во время резания и осложнений, связанных с вибрациями и поломкой резца при отрезке материала. При отрезке стали допускается подача $S = 0,15 \div 0,25$ мм/об, а при отрезке чугуна $S = 0,4$ мм/об, при этом работа резца протекает в более благоприятных условиях.

Термокорундовые резцы и опыт их применения. Термокорунд по существу является недефицитным материалом (окислы алюминия) и не содержит дорогостоящих дефицитных составляющих, как вольфрам, титан, кобальт и другие. Твердость и теплостойкость термокорунда выше твердости и теплостойкости зарекомендовавших себя твердых сплавов.

Испытания резцов, оснащенных пластинками термокорунда, показали, что эти резцы по своей производительности приближаются к резцам с пластинками лучших твердых сплавов, а в ряде случаев их превосходят. Испытания проводились при различных режимах полустойного и чистового резания, в диапазоне глубин резания $t = 0,5 \div 5$ мм; подачи $S = 0,3 \div 1$ мм/об и скоростей резания $v \leq 830$ м/мин.

Практически установлено, что пластинки твердого сплава даже самых лучших марок теряют свою твердость при температуре $t = 900^\circ \text{C}$, в то время как термокорундовые пластинки, обладая повышенной красностойкостью, не теряют своей твердости до $t =$

$= 1100^\circ \text{C}$, что дает возможность производить точение материала при повышенных скоростях резания.

Наилучшими марками термокорундовых пластинок являются ТВ-48, выпускаемые Всесоюзным научно-исследовательским институтом абразивов и шлифования, и ЦМ-332 — выпуск Московского химико-технологического института им. Менделеева и Комбината твердых сплавов.

В табл. 11 приведены сравнительные данные свойств термокорундовых и твердосплавных пластинок.

Таблица 11

Свойства	Марки пластинок	
	ЦМ-332	Т15К6
Предел прочности при изгибе, кг/мм ²	40	110
Предел прочности при сжатии, кг/мм ²	—	425
Твердость по шкале (Роквелла)	91—93	90
Тепловой порог, °С	1200	900

Значительная красностойкость термокорундовых пластинок допускает возможность точения в пределах скоростей $v = 350 \div$

÷ 400 м/мин и в отдельных случаях она может доходить до 1200 м/мин.

Несмотря, однако, на высокую теплостойкость термкорундовых пластинок, превышающую теплостойкость пластин твердого сплава, они обладают значительной хрупкостью, что ограничивает область их применения в пределах полустойкого и чистового резания при малых подачах, малых глубинах резания и безударной работе.

Для широкого использования термкорундовых пластинок вопрос крепления их к державкам был недостаточно изучен. Одной

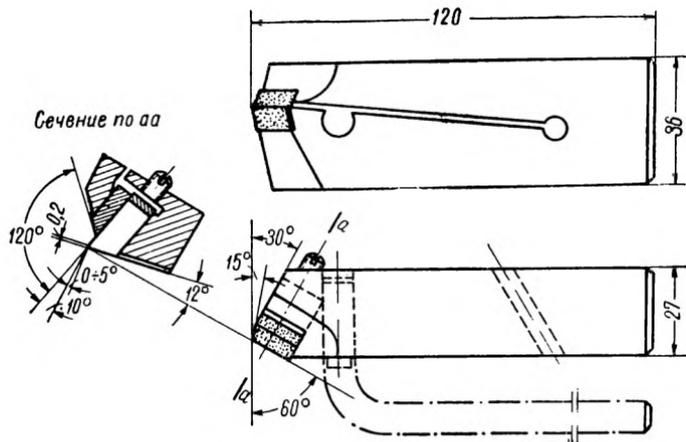


Рис. 83. Резец конструкции Л. К. Лалетина.

из первых была применена конструкция резца токаря Кировского завода Л. К. Лалетина (рис. 83). Эта конструкция резца привлекла внимание простотой и отсутствием крепежных винтов и накладных планок. Кроме того, она отличалась компактностью и относительно малыми размерами головки резца, что позволяло вести обработку в малодоступных местах. На основании проведенных испытаний было решено принять резец Л. К. Лалетина, оснащенный термкорундовой пластинкой. Однако вскоре пришлось отказаться от этой конструкции, так как обнаружилось весьма значительное выкрашивание режущих кромок.

Конструкция резца с механическим креплением пластинки (рис. 84), предложенная ленинградским заводом им. Свердлова, состоит в следующем. В паз державки 1 вставлены режущая пластинка 2 и упор 3 с рифленным выступом. Твердосплавная пластинка (порог) 4, приваренная к передней стенке прижимной планки 5, служит стружколомом. Режущая пластинка 2 крепится к стержню при помощи прижимной планки 5 при завинчивании гайки 6 на шпильку 7.

Эта конструкция также не дала удовлетворительных результатов в части целостности термодорундовых пластинок, особенно при значительных радиальных усилиях. Выкрашивание наблюдалось по режущим кромкам и хвостовой части пластин, что характеризовало ненадежность крепления и недостаточно качественную подготовку посадочного места.

ЦНИИТМАШ рекомендует резцы неразъемные и с механическим креплением пластинок термодорунда, хотя такое крепление не является уникальным, особенно у резцов с главным углом в плане $\varphi = 90^\circ$.

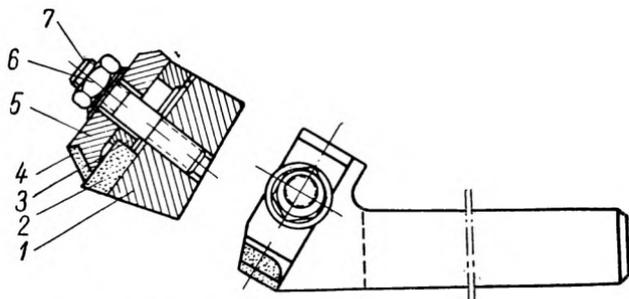


Рис. 84. Резец конструкции завода им. Свердлова.

К неразъемным конструкциям относятся резцы с припаянными или приклеенными пластинками. Пайку пластинок следует производить красной медью, латунью, медноцинковыми, медноникелевыми или медноцинконикелевыми припоями. Наиболее качественным припоем является эмаль № 1, разработанная кафедрой стекла Ленинградского технологического института имени Ленсовета. Состав эмали в процентных соотношениях приводится в табл. 12.

Таблица 12

SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Z ₄ O ₂	PbO	CaF ₂	ZnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	CaO
17,1	2,0	14,0	10,0	41,55	2,50	2,50	0,65	7,25	1,20	1,25

Рекомендуется следующая технология пайки пластинок.

Пластинки, подлежащие напайке, помещают в электропечь, нагретую до 600° С, и затем повышают температуру печи до 700—750° С. На гнездо державки, нагретой в другой печи до 850° С и уложенной на асбестовый лист, насыпают мелкоистолченный и просеянный припой. После расплавления припоя закладывают в гнездо нагретую пластинку, слегка прижимая ее фарфоровой палочкой, снова посыпают сверху припоем и без промедления укомплекто-

ванную державку с пластинкой помещают в печь с температурой 850° С и выдерживают там 10 мин., по истечении которых державку с термкорундовой пластинкой осторожно извлекают из печи, снова укладывают на асбест, прижимая пластинку фарфоровой палочкой к гнезду державки, а затем помещают снова в печь, нагревая до 600° С, где резы доходят до состояния полного охлаждения.

Технология пайки резцов с термкорундовыми пластинками рекомендуется как наиболее упрощенная и совершенная в прочностном отношении.

Состав припоя для этого случая (в процентах):

Окись свинца оранжевая (ГЛЕТ)	. 45—55
Алюминий чистый	. 25—35
Латунь Л70	. 15—25

Алюминий и латунь применяются в виде мельчайшей стружки, тщательно просеянной и перемешанной.

Пайку производят в следующем порядке.

В гнездо державки, подготовленное для помещения в нем термкорундовой пластинки, насыпают тонкий слой припоя, после чего укладывают пластинку и насыпают сверху припоем и бурой. Затем резы, подготовленные под пайку, укладывают на под пламенной печи, нагретой до температуры 600° С. По мере плавления припоя резы с припаянными пластинками извлекают из печи, укладывают под пресс и слегка прижимают, в результате чего получается плотное прилегание пластины к припаяваемой поверхности державки. Охлаждение резцов производят на воздухе. Рекомендуется пайку производить в восстановительной атмосфере пламенной печи.

Заточку резцов с термкорундовыми пластинками выполняют кругами экстра-карборунда в два приема. Сперва грубо шлифуют кругами твердостью M_2 — M_3 , зернистостью 40—60, а затем чистовую шлифовку производят кругами зернистостью 80—100. Несмотря на тщательность выполненной шлифовки, получается, однако, незначительная зазубренность режущей кромки, которая устраняется последующей доводкой на чугунном диске. Доводку производят по фаскам задней и передней грани на чугунном диске, смазанном смесью керосина с пастой карбида бора, зернистостью 200—235.

Во избежание разноса доводочной пасты и выкрашивания режущей кромки окружная скорость диска должна быть в пределах 6—10 м/сек. При меньших скоростях наблюдается повышенный износ доводочного диска.

Производительная работа резцов с термкорундовыми пластинками обеспечивается при условии:

- 1) жесткости системы станок—деталь—инструмент;
- 2) получистового и чистового резания;
- 3) обработки цветного металла и стали с пределом прочности

не свыше 100 кг/мм^2 и серого модифицированного и сверхпрочного чугуна без отбеленной корки;

4) обработки деталей с возможно наибольшей длиной прохода, без радиального врезания;

5) обработки заготовки с предварительно снятой фаской со стороны захода на величину, превышающую глубину резания или равную последней;

6) обработки заготовки без применения охлаждающей жидкости. (Если по условиям работы требуется охлаждение, то оно происходит ранее врезания режущей кромки в тело обрабатываемого материала).

Практически установлено, что стойкость пластин ЦМ-332 при тяжелых работах значительно выше пластин ТВ-48, а также, что скорость резания при обработке незакаленных углеродистых сталей может быть доведена до $v = 1000\text{—}1100 \text{ м/мин}$ при стойкости режущих кромок $T = 20 \div 120$ мин.

В Приложении 2 приводятся рекомендуемые ЦНИИТМАШ режимы резания, а в Приложении 3 — выбор главных и вспомогательных углов резания керамических резцов.

Сверла

Процесс резания и образование стружки при сверлении имеют ряд существенных особенностей.

Первая из них выражается в том, что, в отличие от токарного резца, сверло работает пятью лезвиями. Основное резание производится двумя главными режущими кромками, вспомогательное — фасочными лезвиями, и, наконец, перемычка, упрочняющая сверло, осуществляет скобление или, вернее, сминание обрабатываемого материала, снижающее износоустойчивость сверла.

Угол δ , характеризующий условия резания, в разных точках главных режущих кромок не одинаков. Он изменяется по мере приближения к центру сверла, достигая предельной величины 90° у перемычки.

Вторая особенность характеризуется тем, что в местах сопряжения главных режущих кромок с фасочными лезвиями создаются во время резания неблагоприятные тепловые условия, снижающие стойкость режущих кромок.

Третьей особенностью является влияние теплоты резания, передаваемой отделяемой стружкой режущим кромкам. Скорость отвода теплоты резания в процессе работы зависит от интенсивности выделения стружки и подачи смазочно-охлаждающей жидкости, которые снижают производительность сверла по отношению к производительности токарного резца.

Четвертой особенностью сверления является различие скоростей резания в разных точках главных режущих кромок. Скорости резания изменяются так же, как и углы резания, снижаясь до минимального значения у перемычки.

Направленность оси и размер отверстия, высверленного сверлом, как показывает опыт, зависят главным образом от правильности заточки. Условием, обеспечивающим точность этой работы, является равенство углов при вершине φ , которое достигается заточкой главных режущих кромок, равенство углов α при заточке задних граней, прямолинейность и равенство длины главных режущих кромок, а также состояние точек сопряжения с фасочными лезвиями.

На рис. 85, *а б, в* показаны случаи неправильной заточки сверла: режущие кромки неравной длины; ось сверла не проходит через середину перемычки (рис. 85, *а*); режущие кромки заточены под различными углами к оси отверстия (рис. 85, *б*); режущие кромки имеют равную длину, но разные углы заточки, ось сверла не проходит через середину перемычки (рис. 85, *в*).

При сверлении, как и при точении, происходит усадка и повышение объема снимаемой стружки, появление наростов на режущих кромках, обработочное отверждение и многое другое. Все перечисленные факторы влияют на направленность сверления и точность получаемых размеров.

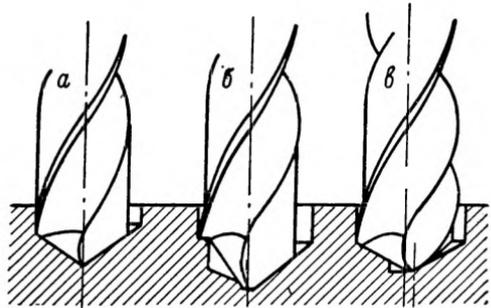


Рис. 85. Виды неправильной заточки сверла.

Направление передней грани сверла определяется углом наклона винтовой канавки. Чем выше его численное значение, тем больше величина переднего угла γ и меньше угла резания δ . Главные углы резания γ и δ являются решающими в процессе резания.

Если известны — шаг спирали h и диаметр сверла d , находим угол наклона ω , который может быть вычислен по формуле

$$\operatorname{ctg} \omega = \frac{h}{\pi d_{1+n}}$$

Отсюда следует, что с изменением шага спирали или диаметра сверла d изменяются величина угла наклона винтовой канавки, передний угол γ и угол резания δ . Но так как шаг спирали h в каждом отдельном случае есть величина постоянная, то очевидно, что переменной является диаметр сверла, который изменяется по мере приближения диаметра окружности от периферии к перемычке (рис. 86), соответственно с чем изменяются и главные углы резания γ и δ , влияющие на процесс резания. Обычно углы наклона винтовых канавок у сверл делаются в пределах 22—40°.

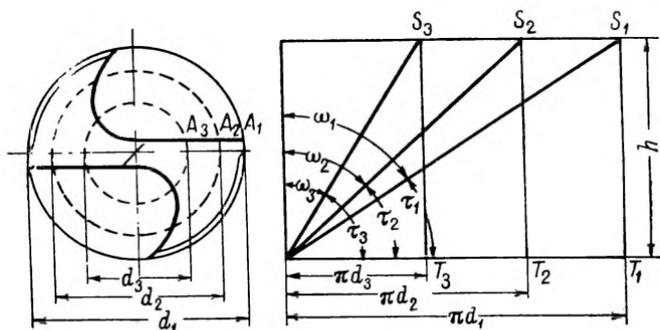


Рис. 86. Изменение угла наклона спирали в зависимости от диаметра измеряемого параметра.

$\omega_1, \omega_2, \omega_3$ — углы наклона спирали; τ_1, τ_2, τ_3 — углы подъема спирали; h — шаг спирали.

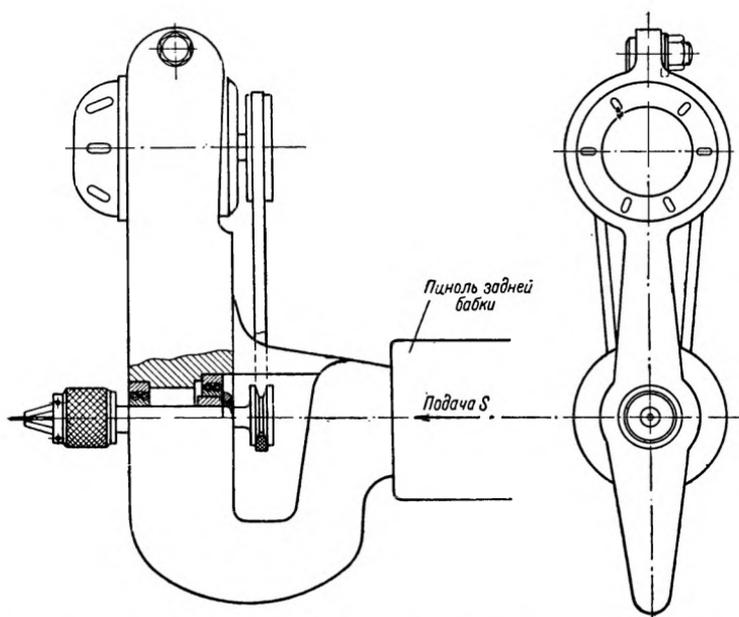


Рис. 87. Схема приспособления для сверления глубоких отверстий

Существенное влияние на стойкость сверла и направленность сверления оказывает угол при вершине, заключенный между главными режущими кромками.

В табл. 13 приводятся рекомендуемые углы при вершине 2φ для сверления различных материалов.

Таблица 13

Обрабатываемый материал	Угол при вершине 2φ , град	Обрабатываемый материал	Угол при вершине 2φ , град
Сталь, чугун	116—118	Эбонит	85—90
Латунь, бронза	130—140	Мрамор	80
Красная медь	125	Целлулоид	85
Алюминий	140	Бакелит	30
Электрон, силумин	90—100		

Весьма хорошая направленность отверстия может быть получена при взаимно-обратном сверлении. На рис. 87 схематически показано приспособление Ленинградского карбюраторного завода, оно применяется при сверлении отверстий диаметром 6 мм на глубину 40 мм. Соосность при таком методе сверления достигается в пределах 0,02 мм на длине 50 ÷ 60 мм и диаметре сверла 5—6 мм. Для получения должной направленности оставляют припуск под растачивание, после которого отверстие проходят разверткой. В том случае, когда внутренняя поверхность отверстия работает с исключительной направленностью на истирание и подвергается термической обработке, вводится дополнительная операция — доводка специальными притирами. В Приложении 12 приводится ведомственная норма С-933—47 на операционные припуски, применяемые при механической обработке внутренних цилиндрических поверхностей.

Сверла с двойной заточкой. При обработке чугунного литья и стали рекомендуется применение сверла с двойной заточкой. Острие такого сверла (рис. 88) затачивается под углом $2\varphi = 118^\circ$ и $2\varphi_1 = 70 \div 75^\circ$. Ширина фаски делается в пределах 0,18—0,22 диаметра сверла. Стойкость режущих кромок при двойной заточке сверла повышается в 2—3 раза. Скорость резания может быть повышена против обычной на 10—15%.

Повышенная стойкость сверла с двойной заточкой объясняется лучшим образованием стружки и благоприятным отводом тепла. Двойную заточку рекомендуется делать у сверла диаметром от 8 мм и выше.

Сверла с пластинками твердого сплава. Для обработки отверстий диаметром $d = 6 \div 30$ мм иногда применяются сверла спиральные по ГОСТ 6647—53, оснащенные пластинками твердого сплава. Такие сверла обладают высокой стойкостью и пригодны для сверления отверстий в чугуне, стали и весьма твердых и хрупких материалах.

Длина рабочей части сверла не превышает $(4 \div 5,5) d$ в связи с тем, что сход стружки по прямолинейной части канавки более затруднен, чем у обычных спиральных сверл.

Сердцевину сверла делают $0,25 \div 0,27 d$ и утолщают для жесткости корпуса в направлении к хвостовой части на $0,7\text{--}0,8$ мм.

Для обеспечения условий резания сверла рекомендуется делать подточку поперечной кромки, как показано на рис. 89.

Пластинки твердого сплава выбираются по ГОСТ 2209—55. Для сверления твердых и хрупких материалов применяются пластинки марки ВК8, ВК6 и для сверления закаленных сталей — Т15К6.

Иногда для сверления твердых и хрупких материалов на больших скоростях резания и малых подачах применяются сверла со спиральной канавкой, изготовляемые для диаметров $d = 6 \div 30$ мм. Канавки на длине $1,5\text{--}2$ мм делаются прямыми, как показано на рис. 90, и в направлении хвостовой части — спиральными с углом наклона $\omega = 15\text{--}20^\circ$, как у обычных спиральных сверл.

Такое конструктивное оформление канавок упрочняет корпус сверла, делает более устойчивым положение пластинки твердого сплава и соответственно повышает стойкость главных режущих кромок.

Для лучшего схода стружки при сверлении хрупких материалов применяются сверла с крутой спиралью. Эти сверла изготовляются по ГОСТ 886—41, длиной $l = 95 \div 250$ мм и диаметром $d = 2 \div 20$ мм. Угол наклона спирали принимается $\omega = 55 \div 60^\circ$.

Сверла с подводом охлаждающей жидкости. Глубоким сверлением отверстия считается сверление на глубину свыше $5d$. При такой глубине сверления затрудняется сход стружки по стружечным канавкам, отвод тепла от главных режущих кромок, подвод охлаждающей жидкости, возрастает вероятность увода геометрической оси отверстия.

Для глубокого сверления широко применяются сверла с внутренним и внешним подводом охлаждающей жидкости под давлением $10\text{--}20$ ат.

На рис. 91 показано сверло с внешним подводом охлаждающей жидкости по плоскостям, образованным плоским шлифованием перьев сверла, и через отверстие в хвостовой части. Наибольшее влияние на увод сверла при сверлении сплошного материала оказывает перемычка.

Сверла для кольцевого резания. Для кольцевого сверления отверстий применяются сверла, показанные на рис. 92. Средняя часть обрабатываемого материала проходит в центральное отверстие сверла, расположенное в направлении геометрической оси. Материальный отход удаляется по окончании сверления.

Пушечные сверла. Иногда для получения точного размера отверстия с большой глубиной сверления и высокой чистотой обработки применяются сверла одностороннего резания. Такие сверла в зависимости от характера их первоначального применения

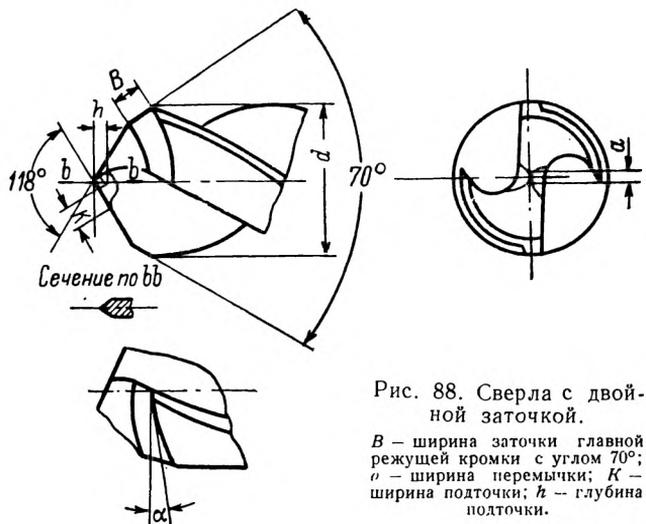


Рис. 88. Сверла с двойной заточкой.

B — ширина заточки главной режущей кромки с углом 70° ; a — ширина перемычки; K — ширина подточки; h — глубина подточки.

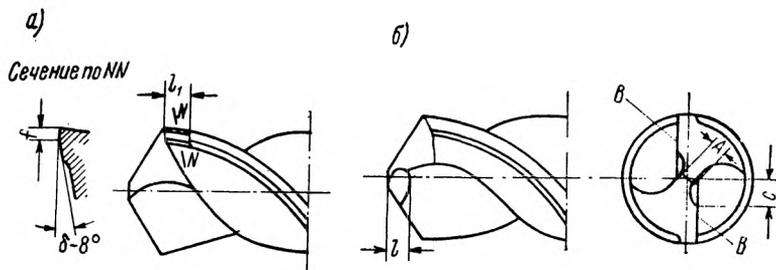


Рис. 89. Спиральное сверло: а — с подточенной ленточкой; б — с подточенной поперечной кромкой.

A — ширина перемычки; B — главные режущие кромки; C — ширина глубина подточки; l_1 — ширина подточенной ленточки.

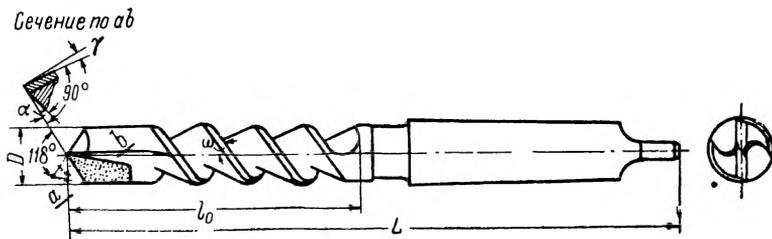


Рис. 90. Сверло с крутой спиральной канавкой и пластинкой твердого сплава.

называют «пушечные сверла». Они применяются (рис. 93) для сверления глубоких отверстий, которые предварительно должны быть просверлены обычным спиральным сверлом. Припуск на чистовое сверление оставляется в зависимости от диаметра сверла не свыше 0,05 мм. Конструкция рабочей части сверла в сечении, перпендикулярном геометрической оси, имеет профиль полуокружности, полученной после фрезерования и шлифования некоторого цилиндра. Шлифованная плоскость пушечного сверла располагается выше диаметральной плоскости сверла на 0,025—0,05 мм. Снижение трения рабочей части сверла об обработанную поверхность частично достигается обратным конусом, конусность которого выполняется не ниже 0,5 : 100. Главная режущая кромка сверла затачивается под прямым углом к геометрической оси сверла, что позволяет производить обработку глухих отверстий с плоской торцевой поверхностью дна.

Главный задний угол α не превышает 8—10°. Заточка задней грани по вспомогательной режущей кромке делается под углом 10°. Фаска по длине вспомогательной режущей кромки оставляется в зависимости от диаметра пушечного сверла в пределах 0,05—0,25 мм.

Ружейные сверла. Для обработки наиболее точных и глубоких отверстий с прямолинейной направленностью оси применяют «ружейные сверла», именуемые так же, как и пушечные, в зависимости от первоначального применения. Ружейные сверла относятся к виду сверл одностороннего резания. Они состоят из двух основных частей: рабочей — длиной 100—200 мм, изготовленной из быстрорежущей стали марки P18, и хвостовой — из стали 50, привариваемой методом стыковой сварки.

Ружейное сверло (рис. 94) представляет собой трубку, провальцованную профильным роликом по длине; небольшой участок непровальцованной части остается для закрепления в патроне. Профиль стружечной канавки при окончательном оформлении фрезеруется профильной двухугловой фрезой с углом 100—105° при вершине.

Снижение трения рабочей части сверла об обработанную поверхность достигается при обратном конусе, конусность которого не превышает 0,01—0,015 мм, а также за счет угла задней заточки, равного по величине 20°.

Геометрия заточки режущих элементов сверла следующая:

передний угол $\gamma = 5 \div 8^\circ$;

угол при вершине $\varepsilon = 120^\circ$;

главная режущая кромка располагается под углом 10°;

вспомогательная — под углом 50°, как показано на рис. 94.

Вершина сверла при заточке смещается от геометрической оси на 0,25 диаметра сверла, вследствие чего при сверлении отверстия образуется конус, обеспечивающий сверлу плавность хода и хорошее направление. Сверло работает одной стороной оснащенной фаской, которая не превышает 0,2—0,5 мм. Фаска с заточкой задней грани предназначена не только для направления сверла, но и для удаления

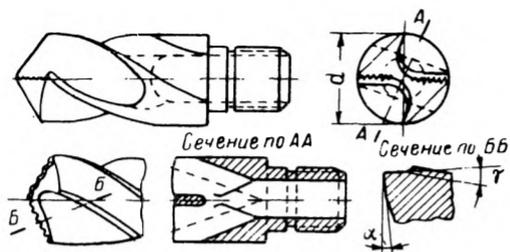


Рис. 91. Сверло с внешним охлаждением для сверления средних и больших диаметров отверстий.

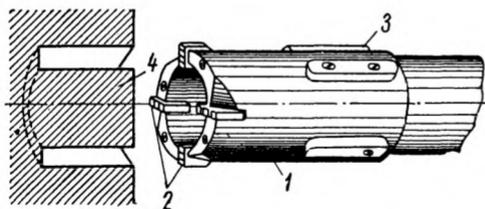


Рис. 92. Сверло для кольцевого сверления отверстий.

1 — корпус; 2 — резцы; 3 — направляющие кулачки; 4 — сердечник.

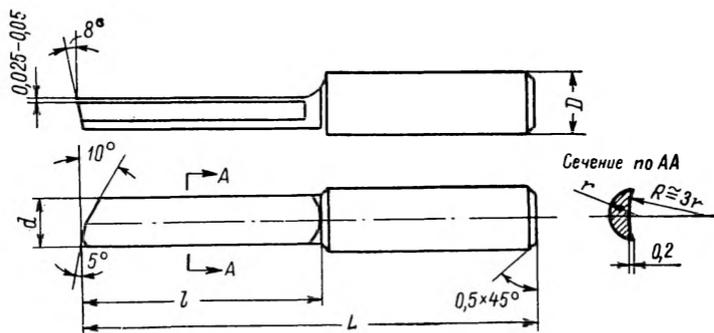


Рис. 93. Пушечные сверла.

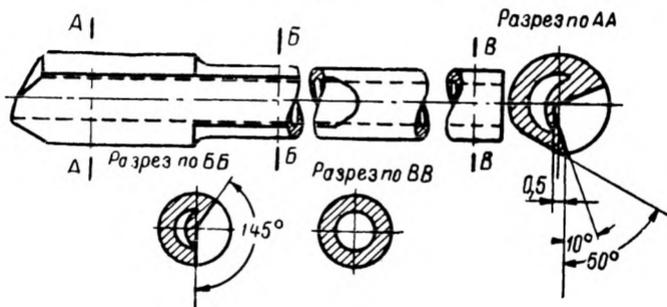


Рис. 94. Ружейное сверло для сверления глубоких точных отверстий малого диаметра с прямолинейной направленностью оси.

гребешков, оставшихся после прохода главной режущей кромки. Для получения точного размера и высокой чистоты обработки поверхности отверстия рекомендуется производить работу с малыми подачами, не превышая 0,1—0,5 мм/об, а для малых диаметров отверстий 0,008—0,02 мм/об.

Скорость резания ружейным сверлом допускается в пределах 35—55 м/мин. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости рекомендуется осерненное масло, подаваемое по трубке под давлением 30—50 ат.

Зенкера

подавляющее большинство отверстий, обработанных на токарном станке, проходит стадию сверления, зенкерования и развертывания. Рассматривая промежуточную применяемость зенкера и его конструктивное оформление, находим некоторую схожесть режущих элементов зенкера со сверлом и разверткой, причем построение этих элементов делается с расчетом усиления и стойкости против влияния теплоты, возникающей в процессе резания и усилий резания.

Наиболее широкое применение получили зенкера двух, трех и большего количества режущих кромок, число которых определяется в зависимости от номинального размера инструмента и характера выполняемой им работы.

Назначение зенкера сводится к увеличению отверстия после сверления, штампования и т. п., при котором ожидается частичное исправление оси отверстия после сверления на токарном станке, повышение точности до 4-го класса и чистоты обработанной поверхности до $\nabla\nabla 4$ — $\nabla\nabla 6$. Несмотря на то, что к зенкерованиему предъявляются сравнительно высокие требования, относящиеся к обработке и подаче, рекомендуется величину подачи выбирать при зенкерованием примерно в два раза выше, чем при сверлении. Это станет более убедительным, если работу каждого зубца зенкера будем рассматривать как чистовую обработку широким резцом с углом в плане $\varphi = 0^\circ$ при незначительной глубине резания. Дополнительно к этому следует отнести плавность работы зенкера, который не имеет перемычки, влияющей на условия работы сверла.

Конструктивные элементы зенкера выбираются, исходя из производственных условий резания. Если предполагается увеличить отверстие зенкерованием (после сверления), то диаметр рабочей части зенкера выбирается с учетом допуска на размер обрабатываемого отверстия, величины разбивки и запаса на износ. Допуск на размер отверстия принимается не ниже 4-го класса точности.

Запас на износ зенкеров, изготовленных из инструментальной углеродистой стали;

при обработке стали $\delta = 0,5 \div 1,2$ мм;

при обработке чугуна $\delta = 0,8 \div 1,5$ мм.

Запас на износ зенкеров, оснащенных пластинками твердого сплава рекомендуемых марок ВК и ТК: при обработке стали и чугуна

диаметром 10—18 мм $\delta = 0,4 \div 0,6$ мм; диаметром 19—30 мм $\delta = 1,0 \div 1,3$ мм; закаленной стали $\delta = 0,7$ мм.

По общесоюзному стандарту отклонение диаметра зенкера для предварительной обработки отверстия под развертывание (зенкер 1) и для окончательной обработки отверстия после сверления (зенкер 2) принимается согласно приведенной табл. 14.

Таблица 14

Номинальные диаметры,	Зенкер 1		Зенкер 2	
	Отклонение, мк			
	верхнее		верхнее	нижнее
Для 18	—150	—200	+ 60	+20
Свыше 18—30	—200	—250	+ 70	+20
» 30—50	—240	—300	+ 90	+30
» 50	—290	—365	+105	+30

Геометрические параметры режущих элементов зенкера, рекомендуемые проф. И. И. Семенченко, следующие.

Угол наклона винтовой канавки (рис. 95) для зенкеров общего назначения принимается равным: $\omega = 10 \div 30^\circ$ При обработке твердых материалов выбираются меньшие значения, а при обработке мягких материалов — большие. При обработке чугуна $\omega = 0^\circ$ В случае прерывистого резания, независимо от физико-механических свойств обрабатываемого материала $\omega = 20 \div 30^\circ$

Изменение угла наклона винтовой канавки в сторону увеличения сводится к повышению переднего угла γ , снижению усилий резания, снижению удельного давления резания, частично к снижению силы трения стружки о переднюю грань зубца, производящего резание, снижению теплоты резания и повышению стойкости режущей кромки, особенно при обработке мягких материалов. Рекомендуется по мере увеличения твердости обрабатываемого материала снижать угол наклона винтовой канавки, доходя в пределе до $\omega = 0$.

Задний угол α , относящийся к главной режущей кромке, делают равным $8—10^\circ$ и снижают по мере удаления от периферии на $1—2^\circ$. На калибрующей части задний угол $\alpha_1 = 5 \div 6^\circ$.

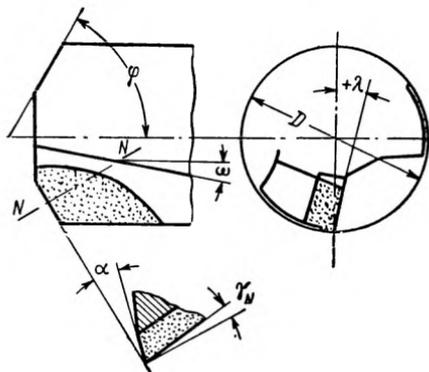


Рис. 95. Зенкера обычного типа.
 γ_1 — передний угол в плоскости сечения.

Передний угол выбирается в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала.

В табл. 15 приводятся применяемые главные углы γ .

Таблица 15

Наименование материала	Передний угол γ°
Алюминий, латунь	25—30
Мягкая сталь	15—20
Сталь средней твердости и стальное литье	8—12
Чугун средней твердости	6—8
Твердая сталь, твердый чугун	5—0

Угол при вершине φ :

для стали $\varphi = 60^\circ$;

для чугуна $\varphi = 45 \div 60^\circ$.

На зенкерах, оснащенных пластинками твердого сплава,

$$\varphi = 60 \div 75^\circ.$$

Для повышения стойкости режущей кромки рекомендуется производить заточку передней грани зубца зенкера под углом

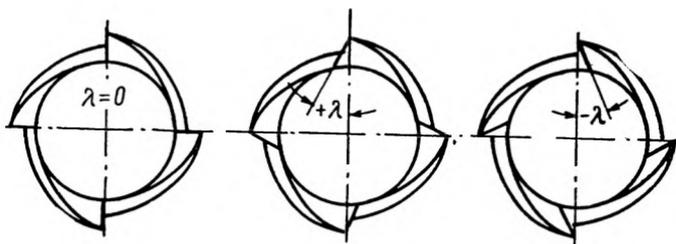


Рис. 96. Углы наклона главной режущей грани зенкера.

наклона λ . На рис. 96 показаны три вида заточки передней грани. Для стали, чугуна и бронзы $\lambda = 0^\circ$. При усилении режущей кромки на зенкерах, оснащенных пластинками твердого сплава, рекомендуется делать положительный угол $\lambda = 12 \div 20^\circ$. Для лучшего отвода стружки делают отрицательный угол $\lambda = -3 \div (-5)^\circ$.

Ленточка вдоль края винтовой канавки служит для лучшего направления зенкера во время работы. Ширина ленточки обычно принимается в пределах 0,8—2,0 мм. Меньшие значения выбираются для зенкеров с малыми диаметрами, большие значения — для зенкеров с большими диаметрами.

Весьма существенное влияние на величину добавочного трения¹ оказывает условие шлифования зенкера.

Для повышения стойкости зенкера и легкости резания при шлифовании ему придается коническая форма, т. е. снижение диаметра калибрующей части к хвостовику.

Наиболее широко распространены зенкеры с конусностью 1/30 или 1/50. В том случае, когда назначение зенкера сводится к увеличению отверстия под заданный размер, конусность принимается в пределах 0,05—0,15 мм на 100 мм длины.

Зенкера с винтовыми канавками, оснащенные пластинками твердого сплава (рис. 97), отличаются от зенкеров, изготовленных из

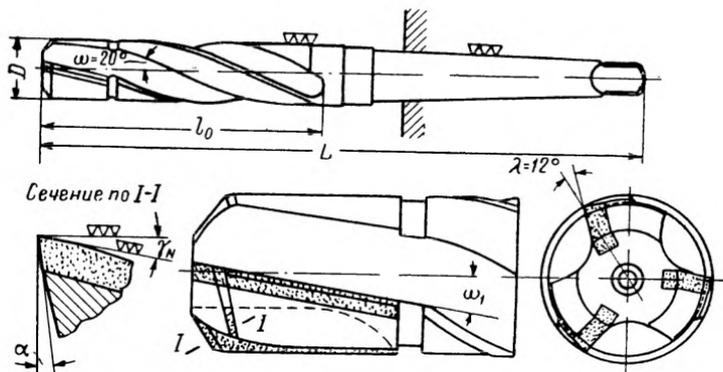


Рис. 97. Зенкер, оснащенный пластинками твердого сплава.

высокоуглеродистой или легированной инструментальной стали, построением винтовой канавки.

Наиболее широко применяются зенкеры с тремя и четырьмя зубцами, причём они оснащаются пластинками твердого сплава и наклонной канавкой под углом $\omega_1 = 10^\circ$. Наклонная канавка делается по длине пластинки твердого сплава, после чего плавно переходит к винтовой канавке с углом наклона $\omega = 20^\circ$.

Прямолинейный наклон канавки определяется геометрической формой пластинки твердого сплава, которой трудно придать построение спирали. Такие зенкеры предусмотрены нормалью для диаметров 12—35 мм.

В определении прочностной характеристики зенкера вводится понятие о зависимости главных углов резания и связи их с углом наклона винтовой канавки. Чем меньше по величине угол наклона ω , тем меньше передний угол γ , больше угол резания δ и угол заострения β .

¹ Под добавочным трением подразумевается трение ленточки об обработанную поверхность отверстия.

На рис. 98 показана конструкция зенкера-ввертыша, применяемая на приборостроительном заводе для глубокого зенкерования малых диаметров отверстий. Направленность геометрической оси

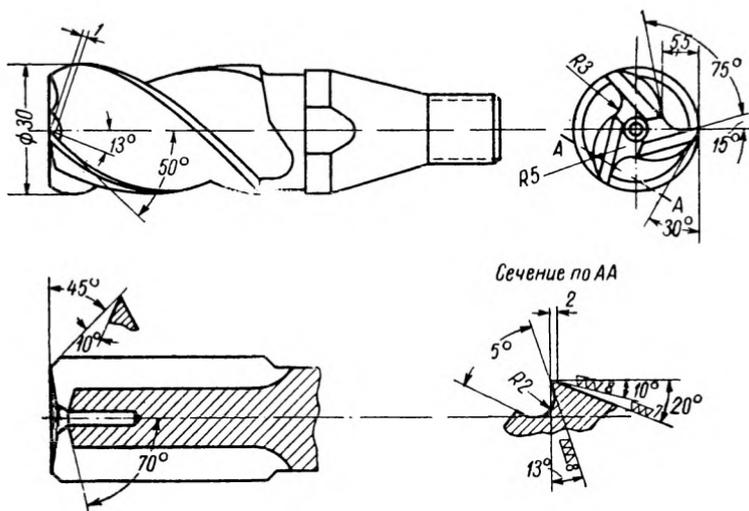


Рис. 98. Зенкера-ввертыши, применяемые на приборостроительном заводе для зенкерования глубоких отверстий.

зенкера осуществляется тремя зубцами, оснащенными ленточкой, и укороченной конической хвостовой частью с резьбой для завертывания в удлиненную оправку или втулку, сидящую в пиноли

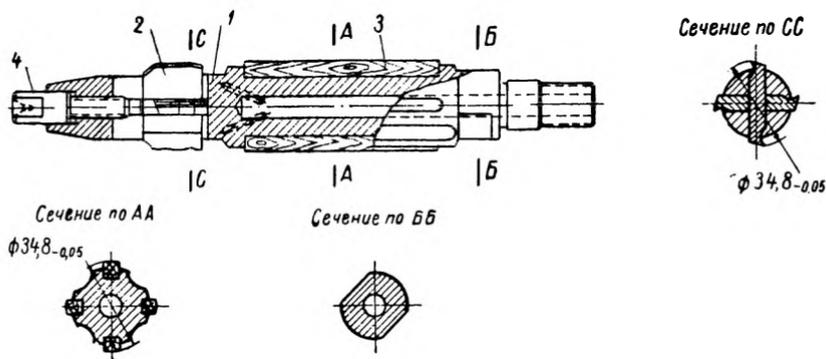


Рис. 99. Зенкера, применяемые на приборостроительном заводе.
1 — головка зенкера; 2 — резцы; 3 — направляющие; 4 — винт.

задней бабки станка. Такая конструкция отличается экономичностью и значительной устойчивостью. Точность обработки достигается не ниже 4-го класса и чистота обработанной поверхности в пре-

делах $\nabla\nabla 4$ — $\nabla\nabla 6$. Обработка отверстий глубиной 800—1000 мм и диаметром 18—28 мм на заготовках из нержавеющей стали марки Х18Н12МЗТ по ГОСТ 5949—51 с точностью в пределах 2—3-го класса и чистой $\nabla\nabla 7$ — $\nabla\nabla 8$ представляет значительные трудности, особенно если допускается отклонение геометрической оси не свыше 0,02 на 100 мм длины.

На приборостроительном заводе применяются зенкера для зенкерования глубоких точных отверстий с точным направлением оси (рис. 99), режущая часть которых изготавливается из быстрорежущей стали марки Р18. В качестве направляющей служат ленточки трех-четырех зубьев и три-четыре деревянных вкладыша (из твердой породы дерева), плотно установленные в пазы на удлиненной хвостовой части зенкера.

Охлаждающей жидкостью служит эмульсия, подаваемая насосом через внутреннюю полость зенкера под давлением 15—18 ат. Режим резания зенкера сборной конструкции:

скорость резания $v = 20 \div 25$ м/мин;

глубина резания $t = 0,1$ мм;

подача $S = 0,05$ мм/об.

В Приложении 4 приводятся режимы резания при зенкеровании различных материалов.

Развертки и их назначение

Разверткой называется многолезвийный режущий инструмент, посредством которого производится предварительная или окончательная обработка отверстия. Точность, получаемая при развертывании, не превышает 2—3-го класса и в исключительном случае можно получить 1-й класс. Чистота обработанной поверхности достигается после развертывания до $\nabla\nabla 7$ — $\nabla\nabla 8$.

Припуски под развертывание отверстий в приборостроении принимаются согласно ведомственной нормали, приведенной в Приложении 5.

На рис. 100 изображена развертка с обозначением ее основных частей: l — режущая или рабочая часть развертки; l_1 — заборная или приемная часть; l_2 — шейка; l_3 — хвост или стержень; 2φ — угол приемного конуса.

Развертки в условиях работы и хранения требуют внимательного отношения. Режущие кромки должны быть острыми, без выкрошенных мест. Приемная часть развертки может быть различной в зависимости от характера обработки отверстия и механических свойств обрабатываемого материала. Если развертывание отверстия производится на проход и материал, подлежащий обработке, обладает значительной вязкостью, то приемная часть развертки делается удлиненной. Если производится развертывание глухого отверстия и материал обладает достаточной сопротивляемостью, то приемная часть развертки делается укороченной.

Наилучшие результаты развертывания получаются при работе развертками с неравномерным шагом между зубцами, и особенно

с удачно подобранными режимом резания и смазочно-охлаждающей жидкостью.

На рис. 101, а, б, в показаны ручные цилиндрические развертки.

Геометрические параметры режущих элементов развертки следующие.

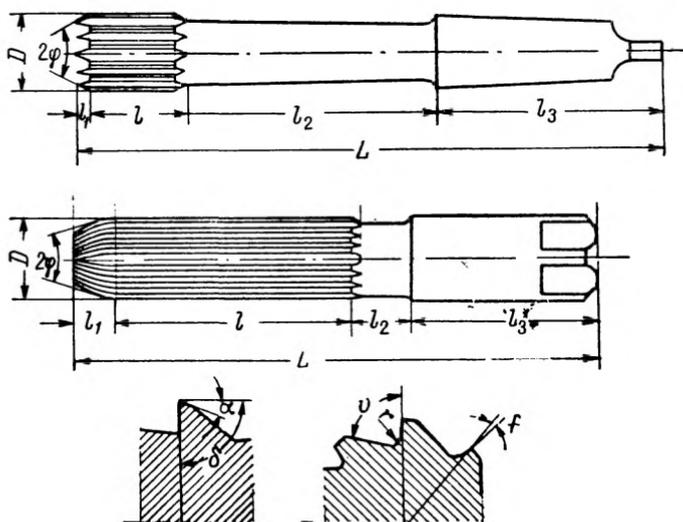


Рис. 100. Основные элементы разверток.

Передний угол γ в условиях предварительной обработки отверстия делается в пределах $0-10^\circ$ и для чистовых разверток $\gamma = 0$. Развертки оснащены пластинками твердого сплава $\gamma = 0 \div (-5)$.

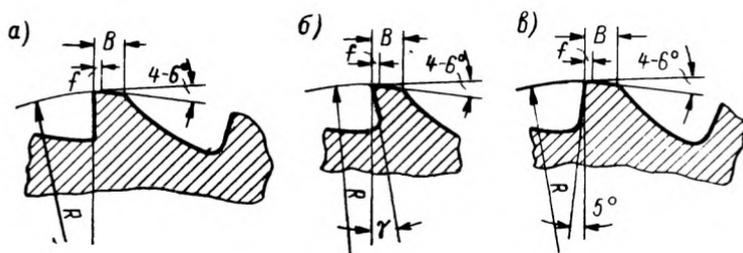


Рис. 101. Ручные цилиндрические развертки по ГОСТ 7732—55.

Задний угол α на приемной части развертки делается в пределах $6-15^\circ$ и на калибрующей $\alpha = 0^\circ$. Угол конуса приемной части развертки φ для ручной обработки сквозного отверстия — в пределах $1-1,5^\circ$, машинные развертки для обработки вязких материалов выбираются $\varphi = 12 \div 15^\circ$, и для обработки хрупких материалов $\varphi =$

$= 3 \div 5^\circ$ При обработке глухих отверстий угол приемного конуса делается $\varphi = 60^\circ$. В случае, если развертка оснащена пластинками твердого сплава, то угол приемного конуса $\varphi = 30 \div 45^\circ$. Угол наклона канавки ω , влияющий на условия резания и чистоту обработки, у стандартных разверток делается равным 0° .

Наилучшие результаты получаются при обработке отверстий развертками с винтовыми канавками, угол наклона которых направлен противоположно рабочему движению. Ниже приводятся рекомендуемые углы наклона винтовых канавок в зависимости от обрабатываемого материала.

При обработке:

серого чугуна и твердой стали $\omega = 7 \div 8^\circ$;

коричневого чугуна и стали $\omega = 12 \div 20^\circ$;

легких сплавов $\omega = 35 \div 45^\circ$.

При обработке отверстий регулируемыи развертками угол наклона винтовой канавки делается $\omega = 3^\circ$. Иногда поступающие на производство развертки проходят стадию дополнительной доводки, соответственно номинальному диаметру отверстия и классу точности.

Допуски на развертки приводятся в табл. 16.

Таблица 16

Составляющие допуска	Класс точности отверстия	Номинальные диаметры развертки, мм							
		1-3	3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120
		Величина допуска, мк							
Максимальная величина разбивки R_{\max}	1-й	5	7	9	10	12	14	16	18
	2-й	7	9	11	12	14	16	18	20
Минимальная величина разбивки R_{\min}	Для всех видов диаметров равна 5 мк								
Допуск на неточность изготовления В	1-й	5	8	10	10	10	15	15	20
	2-й	10	12	15	15	15	20	20	25

При доводке рабочей части развертки до заданного размера следует иметь в виду, что зубцы калибрующей части развертки в процессе резания касаются обработанной поверхности, оставляя на ней следы.

Для уменьшения трения между трущимися поверхностями развертки и отверстия калибрующую часть развертки делают цилиндрической по всей длине, на остающейся части по направлению к хвосту — обратный конус. Так как ручная развертка работает с пониженной скоростью резания и ощутимой направленностью,

величина обратного конуса делается ниже, чем у машинной развертки.

Величина снижения диаметра калибрующей части по направлению к хвосту, рекомендуемая проф. И. И. Семенченко, делается для ручных разверток от 0,005 до 0,008 мм, для машинных с жестким креплением от 0,04 до 0,06 мм и для разверток с качающимся креплением в оправках от 0,06 до 0,08 мм.

Повышение прочности зубца на калибрующей части развертки достигается вследствие пониженного заднего угла. С повышением заднего угла α снижается прочность зуба, возможно выкрашивание режущих кромок и снижение чистоты обработанной поверхности.

На приемной части развертки задний угол делается до острия режущей кромки, а на калибрующей оставляется ленточка, которая обеспечивает лучшую направленность развертки и сглаживает следы, оставленные режущей частью.

Величина заднего угла и ширина ленточки (по данным завода Фрезер) приведены в табл. 17

Таблица 17

Диаметр развертки, мм	8—10	10—18	18—30	30—50	50—80
Задний угол, град	8—12	6—10	6—10	6—10	6—8
Ширина ленточки, мм	0,08—0,2	0,1—0,25	0,15—0,3	0,2—0,4	0,25—0,5

Глубина резания определяется величиной припуска на развертывание по формуле

$$t = \frac{D - d}{2} \text{ мм,}$$

где t — припуск под развертывание (на одну сторону), мм;

D — диаметр развернутого отверстия, мм;

d — диаметр отверстия под развертывание, мм.

Подача на один оборот развертки вычисляется по формуле

$$S_0 = cD^{0,7} \text{ мм/об.}$$

Величина коэффициента c для разверток из инструментальной стали в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала и материала развертки приводится в табл. 18.

Таблица 18

Обрабатываемый материал	Коэффициент c		
	Группа подач		
	I	II	III
Сталь H_B { до 160	0,20	0,15	0,1
{ от 160 до 240	0,16	0,19	0,08
Сталь H_B свыше 240	0,12	0,09	0,06
Чугун H_B { до 170	0,33	0,25	0,16
{ свыше 170	0,20	0,15	0,10
Цветные металлы мягкие	0,20	0,15	0,10
» » твердые	0,33	0,25	0,10

Первая группа относится к черновому развертыванию подготовленных отверстий. Вторая — к чистовому развертыванию отверстий 2-го класса точности, после чернового развертывания или после расточки резцом. Третья группа — к чистовому развертыванию отверстий 3-го класса точности одной разверткой.

В табл. 19 приведены подачи в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала развертками, оснащенными пластинками твердого сплава.

Таблица 19

Диаметр развертки, мм	Сталь		Чугун	
	незакаленная	закаленная	H_B до 170	H_B свыше 170
Подача S_0 , мм/об				
10—15	0,35—0,55	0,2 —0,33	0,85—1,4	0,65—1,1
20—25	0,4 —0,65	0,3 —0,4	1,0 —1,6	0,80—1,3
30—35	0,5 —0,75	0,35—0,47	1,2 —1,9	0,90—1,45
40—50	0,6 —0,85	0,40—0,50	1,3 —2,1	1,0 —1,6
60—70	0,7 —1,0	—	1,6 —2,7	1,25—2,0
80 и свыше	0,9 —1,2	—	2,0 —3,0	1,5 —2,2

Подачи даны для обработки сквозных отверстий. Наибольшие подачи применяют при чистовом развертывании после чернового.

Скорость резания определяется в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала, материала развертки, подачи и глубины резания:

для малоуглеродистой стали $H_B < 155$

$$v = \frac{C_v D^z H_B^n}{T^m t^x S_0^y};$$

для стали $H_B > 155$ и других материалов

$$v = \frac{C_v D^z}{T^m t^x S_0^y H_B^m}$$

Для разверток из быстрорежущей стали показатели степеней m , x , y и z приведены в табл. 20, а коэффициент C_v и показатель степени n — в табл. 21.

Таблица 20

Обрабатываемый материал	Показатели степеней			
	m		y	
Сталь, цветные металлы и легкие сплавы	0,4	0,2	0,65	0,3
Чугун и бронза	0,3	0,1	0,5	0,2

Таблица 21

Обрабатываемый материал	Значение показателей степени и коэффициента	
	C_v	n
Конструкционная сталь вязкая $H_B = 155$	0,152	0,9
Автоматная сталь $H_B = 140 \div 230$	1,96	0,9
Конструкционная среднеуглеродистая сталь $H_B = 155 \div 265$	1,31	0,9
Конструкционная сталь легированная $H_B = 155 \div 340$	1,11	0,9
Углеродистая инструментальная сталь $H_B = 155 \div 340$	0,980	0,9
Легированная инструментальная быстрорежущая сталь $H_B = 210 \div 240$	5,25	—
Чугун $H_B = 140 \div 240$	14,500	1,3

Стойкость режущих кромок, влияющая на скорость резания, в зависимости от номинального диаметра развертки и механических свойств обрабатываемого материала приведена в табл. 22.

Таблица 22

Диаметр развертки, мм	Обрабатываемый материал		Диаметр развертки, мм	Обрабатываемый материал	
	сталь и стальное литье	чугун и цветные металлы		сталь и стальное литье	чугун и цветные металлы
6—14	18	36	30—39	54	84
5—19	24	48	40—49	72	120
20—24	30	54	50—59	78	150
25—29	42	72	60—80	84	150

При обработке конструкционных углеродистых и легированных незакаленных сталей развертками, оснащенными пластинками твердых сплавов Т15К6, скорости резания могут быть вычислены по формуле

$$v = \frac{4900 D^{0,3}}{T^{0,7} S_0^{0,65} \sigma_b^{0,9}} \text{ м/мин.}$$

При обработке закаленной конструкционной стали развертками, оснащенными пластинками твердых сплавов Т15К6, скорость резания вычисляется по формуле

$$v = \frac{14 D^{0,4}}{T^{0,85} t^{0,75} S_0^{1,15}} \text{ м/мин.}$$

При обработке серого чугуна развертками, оснащенными пластинками твердых сплавов ВК8, скорость резания равна

$$v = \frac{100\,000 D^{0,2}}{T^{0,45} S_0^{0,5} H_B^{1,3}},$$

де T — стойкость развертки, мин.;

t — глубина резания, мм;

S_0 — подача на один оборот развертки, мм;

σ_b — предел прочности обрабатываемого материала;

H_B — число твердости материала по Бринеллю.

Развертки, изготовленные из целого материала или с приваренной рабочей частью, имеют весьма существенный недостаток, вследствие невозможности их восстановления при износе до исходного номинального размера.

На рис. 102 показаны типы ручных разверток. Широкое распространение имеют развертки раздвижные и регулируемые (рис. 102, б, в).

Геометрия заточки режущих элементов этого типа разверток ничем не отличается от обычных нерегулируемых разверток (рис. 102, а). Исключением является направляющая часть развертки (рис. 102, б), пустотелость до хвостовой части корпуса 1, прорези для пружинения и винт 3, осуществляющий разжим рабочей части на больший размер вдавливанием шарика 2 или заклинивания конусной части винта в конусное отверстие развертки. Предел регулирования таких разверток сравнительно со стойкостью режущих кромок весьма ограничен: при диаметре развертки от 6 до 10 мм — разжим до 0,15 мм; свыше 10—25 мм — 0,25 мм. Для больших диаметров отверстий $D = 25 \div 50$ мм и свыше применяются развертки со вставными ножами 4. Увеличение диаметра рабочей части осуществляется перемещением ножей по конусной части корпуса развертки (рис. 102, в) посредством двух гаек 5 и колец 6, расточенных под углом 45° .

Наиболее широкие пределы использования имеют развертки, рекомендуемые ГОСТ 883—51 (рис. 103). Развертки оснащены ножами с рифленой опорной поверхностью, которая заклинивается в соответствующих пазах корпуса. При износе ножи переставляют

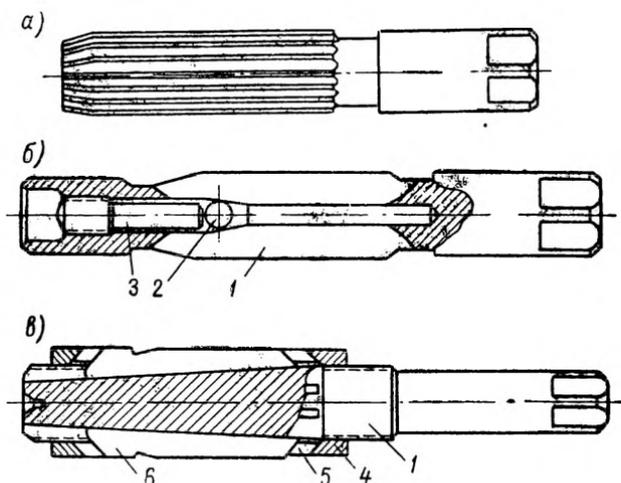


Рис. 102. Типы ручных разверток: а — жесткая; б — раздвижная; в — регулируемая.

в радиальном направлении на одно или более рифлений, после чего развертку шлифуют до заданного размера и доводят с учетом допуска на размер, который приведен в табл. 16.

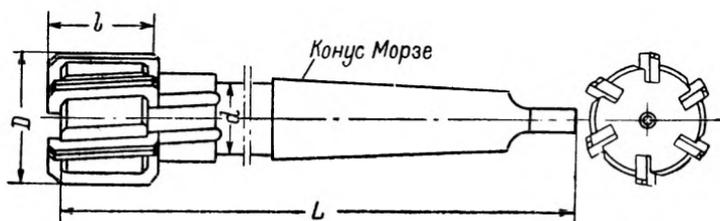


Рис. 103 Развертки с коническим хвостом и вставными ножами.

Режимы резания при развертывании, рекомендованные Министерством станкостроения, приводятся в Приложении 5.

При развертывании отверстий в стали, латуни, алюминии и силумине рекомендуются следующие смазочно-охлаждающие жидкости: для стали и стального литья — эмульсия, растительные масла; для чугуна и бронзы — керосин; для дуралюминия и силумина — сурепное масло, керосин, скипидар.

Резцы для нарезания наружных и внутренних резьб

Резьбовые резцы служат для нарезания наружной и внутренней резьбы различных профилей: треугольного, прямоугольного, трапецеидального и др.

В конструктивном отношении они разделяются на стержневые, призматические и дисковые (рис. 104). Условия резания для резьбовых резцов такие же, как для обычных. Легкость резания и чистота обработки обеспечиваются также наличием переднего угла γ , легкость врезания — наличием заднего угла, стойкость и лучший отвод теплоты резания — наличием повышенного угла резания.

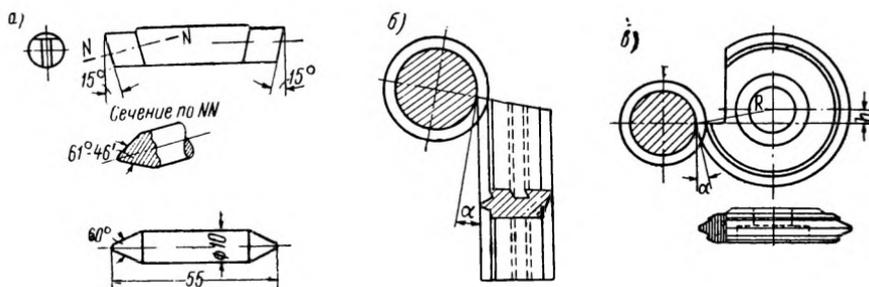


Рис. 104. Типы резьбовых резцов: а — стержневой; б — призматический; в — дисковый.

Задний угол α на резьбовых резцах принимается в пределах 12—15°. При нарезании треугольной или трапецеидальной резьбы с углом подъема не выше 4—5° касание режущими кромками резца сторон профиля нарезаемой резьбы происходит сравнительно на небольшой величине от передней грани, установка резца значительно упрощается, повышается легкость резания и относительная чистота обработки. При нарезании резьбы с малым углом подъема (3—4°) задние углы α_1 и α_2 по сторонам профиля резца делаются одинаковыми в пределах 3—4°. При нарезании резьбы с большим углом подъема задние углы резца α_1 и α_2 делаются соответственно углу подъема нарезаемой резьбы в пределах 3—10°.

Недостатком резцов с различными углами α_1 и α_2 является трудность изготовления и сравнительно короткий срок их службы. Последующие заточки значительно изменяют исходный профиль затачиваемого резца.

Точный профиль нарезаемой резьбы может быть получен при условии угла резания 90° и установки передней грани резца на уровне оси вращения заготовки. При черновой обработке резьбового профиля рекомендуется давать резцу передний угол γ , выбирая его в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала:

для твердой стали и чугуна $\gamma = 0 \div 5^\circ$;
 мягкого чугуна $\gamma = 10 \div 15^\circ$;
 мягкой стали $\gamma = 10 \div 20^\circ$;
 меди и алюминия $\gamma = 20 \div 25^\circ$

Выбирая наиболее эффективный вариант нарезания резьбы, необходимо ознакомиться с особенностями построения резьбового профиля. Он имеет два основных определения: профиль резьбы, расположенный в направлении оси; профиль резьбы, расположенный в направлении нормали.

Соотношение между углами профилей и высотой резьбы в этих сечениях может быть вычислено по формуле:

угол профиля в направлении оси

$$\frac{S}{2t_0} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2};$$

угол профиля в направлении нормали

$$\frac{S \cos \psi}{2t_0} = \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2},$$

где S — шаг нарезаемой резьбы, мм;
 t_0 — высота профиля резьбы, мм;
 ψ — угол подъема резьбы, град;
 α и α_1 — углы профилей.

Соотношение между углами профилей получится

$$\frac{S}{2} = t_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad \frac{S}{2} = \frac{t_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}}{\cos \psi},$$

или

$$t_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{t_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}}{\cos \psi}$$

и окончательно

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}}{\cos \psi}.$$

Это следует иметь в виду при нарезании резьбы с большим углом подъема. В данном случае применяют стержневые резцы (рис. 104, а), которые могут быть установлены под требуемым углом подъема без специальной заточки.

При нарезании многоходовой резьбы или резьбы с большим углом подъема заточка резца может быть выполнена двумя способами (рис. 105):

заточкой передней грани резца в направлении оси резьбы (рис. 105, а);

заточкой передней грани резца в направлении нормали (рис. 105, б).

При заточке первым способом профиль реза выполняется точно по профилю впадины нарезаемой резьбы в диаметральном сечении. Его режущие кромки делаются прямолинейными. Угол профиля реза равен углу профиля нарезаемой резьбы.

Недостатком такого реза, особенно при нарезании резьбы с большим углом подъема, является различие условий резания каждой режущей кромки в отдельности. Если условия резания режущей кромки *m* (рис. 105) благоприятны, то вторая режущая кромка *n* имеет угол резания выше 90° и затрудненное резание. Кроме того, при больших углах подъема угол заострения режущей кромки *m* становится настолько малым, что не исключена поломка или выкрашивание кромки. Из-за различия условий резания образуется момент скручивания реза, что также влияет на чистоту обработки и условия резания.

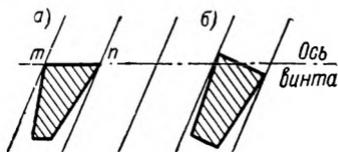


Рис. 105. Установка передней грани реза по отношению к оси изделия.

Второй способ заточки обладает преимуществом по сравнению с первым. Резец становится более устойчивым, усилия резания распределяются более равномерно по режущим кромкам, исключается напряжение скручивания. Однако, сложность выполнения профиля реза является основной причиной отказа от его применения.

Широкое распространение находят дисковые резцы с прямолинейными режущими кромками и профилем соответственно заданному. Они являются более стойкими в условиях резания, проще в изготовлении, допускают большее количество переточек, удобны для затачивания, доводки передней грани и установки на суппорте токарного станка.

Наиболее трудоемкой операцией при изготовлении дискового реза является доводка образующих сторон профиля, полагая, что доведенные поверхности до зеркального блеска ($\nabla\nabla\nabla\nabla$ 12— $\nabla\nabla\nabla\nabla$ 14) должны иметь геометрически правильное построение профиля.

Если допустить, что машинное время, необходимое для доводки образующих профиля реза, примет вид

$$T = \alpha v$$

(где α — коэффициент, характеризующий установленный режим доводочного процесса; v — объем снимаемого материала при доводке) и что α — величина постоянная для выбранного режима, то, очевидно, машинное время, затрачиваемое на доводочный процесс, составит

$$T = f(v).$$

Исключая часть доводимой поверхности проточкой под заданным углом, находим, что машинное время, необходимое для доводки образующих профиля, в этом случае составит

$$\alpha v_1 = 0,33\bar{\alpha}v.$$

Приспособление для доводки передней грани дискового инструмента. Чтобы снизить силу трения стружки о переднюю грань дискового резца, снизить давление резания и теплоту, возникающую в процессе механической

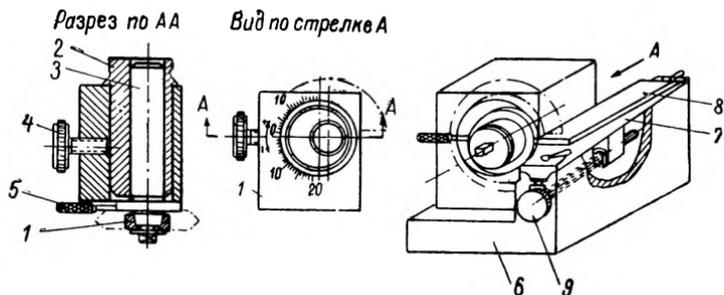


Рис. 106. Приспособление для доводки передней грани дискового инструмента

обработки, рекомендуется применение доводочного приспособления токаря-новатора А. Т. Сучилова. Стойкость режущих кромок реза после доводки повышается в два-три раза по сравнению с существующими. При этом обеспечивается точность профиля нарезаемой резьбы и стабильность переднего угла γ независимо от точности произведенной заточки.

Доводочное приспособление А. Т. Сучилова (рис. 106) состоит из жесткого стального корпуса 1 с доведенным отверстием, обеспечивающим плотное сопряжение посадочного диаметра эксцентриковой втулки 2. На задней торцевой поверхности втулки 2 находится лимб с нанесенными делениями в градусах. В отверстии втулки помещается ось 3 с разжимным кольцом 4 для установки инструмента, подлежащего доводке по передней грани, и ручкой 5, посредством которой осуществляется давление резания, воспринимаемое доводочным бруском. Корпус 1 приводится в движение от руки; в налаженном состоянии он свободно скользит по плите 6, касаясь боковой гранью стенки наклонной поверхности, на которой установлен клин 7 с наклеенным бруском 8 из абразива, чугуна или стекла в зависимости от заданного класса чистоты доводимой поверхности. Клин 7 (в зависимости от степени износа бруска) передвигают с помощью винта 9 по наклонной плоскости до получения достаточного

припуска под шлифование. Припуск удаляют шлифованием поверхности бруска до уровня касания диаметральной прямой AA . Диаметральная прямая AA , соединяющая центры вращения втулки 2 и оси 3 с поверхностью бруска 8, проходит через нулевое деление шкалы лимба.

Для налаживания приспособления необходимо знать величину эксцентриситета e (рис. 107) и величину снижения H диаметральной прямой AA относительно поверхности бруска 8 (см. рис. 106). Постоянная величина эксцентриситета этого приспособления составляет 3—4 мм.

Принимаем величину H равной

$$H = e \sin \varphi = \frac{d}{2} \sin \gamma,$$

где e — величина эксцентриситета;
 d — диаметр дискового резца;
 γ — передний угол.

Находим

$$\sin \varphi = \frac{d \sin \gamma}{2e},$$

где φ — угол поворота эксцентриковой втулки.

Для установки дискового резца при нарезке резьбы служит пружинная державка (рис. 108). Отличительной особенностью этой конструкции является возможность регулирования жесткости системы и установки поворота профиля на угол подъема нарезаемой резьбы.

Конструктивно пружинная державка состоит из корпуса 1, держателя 2, затяжного винта 3, направляющей гайки 4 и пружинящих втулок 5.

Расстояние от оси вращения режущего инструмента до основной плоскости принимается равным

$$H = h + h_1,$$

где h — расстояние от основной плоскости суппорта до оси вращения шпинделя;

h_1 — величина превышения, обеспечивающая неизменность заднего угла дискового инструмента, равная 2,5—3 мм.

Перпендикулярность оси держателя по отношению к оси вращения шпинделя станка обеспечивается установкой державки, при которой прямолинейное ребро корпуса со стороны основной плоскости должно плотно прилегать к боковой стороне площадки суппорта, в то время как поворотный суппорт установлен на нулевое деление лимба. Для получения прямолинейности боковой площадки суппорта ее фрезеруют трехсторонней фрезой, насаженной на оправку, или хвостовой фрезой, установленной в отверстие шпинделя при исходном положении поворотного шпинделя.

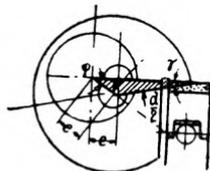


Рис. 107. Установка передней грани резца на приспособление относительно доводящей плоскости.

Чистота обработки обеспечивается жесткостью конструкции державки и пружинящими свойствами держателя.

Регулирование пружинящих свойств держателя достигается перестановкой пружинящих втулок в отверстия, расположенные вдоль ксской прорези. Угол подъема прорези по отношению к основной плоскости державки делается обычно в пределах $35\text{--}40^\circ$. Для повышения жесткости системы иногда бывает достаточно повер-

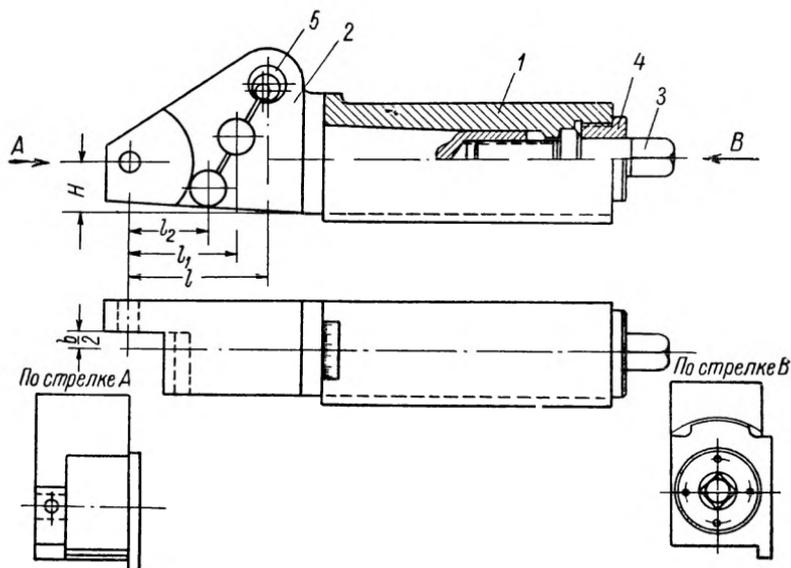


Рис. 108. Универсальная державка для дискового режущего инструмента.

нуть пружинящие втулки таким образом, чтобы прорези втулок и держателя не совмещались.

Неизменность главных углов резания достигается постоянной величиной H для конкретной державки и биссектрисой угла профиля резца (при нарезании резьбы), проходящей в направлении оси держателя.

Угол подъема вычисляется по формуле, применяемой при нарезании винтовых резьб,

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{S}{\pi d_{\text{cp}}},$$

где S — шаг нарезаемой резьбы;
 d_{cp} — средний диаметр.

Для установки угла подъема слегка отвинчивают затяжной винт и поворачивают держатель на требуемый угол, после чего закреп-

ляют систему. Угол подъема прочитывается по шкале, нанесенной на буртике корпуса.

В том случае, когда требуется нарезание внутренней резьбы, в корпус державки устанавливается держатель, показанный на

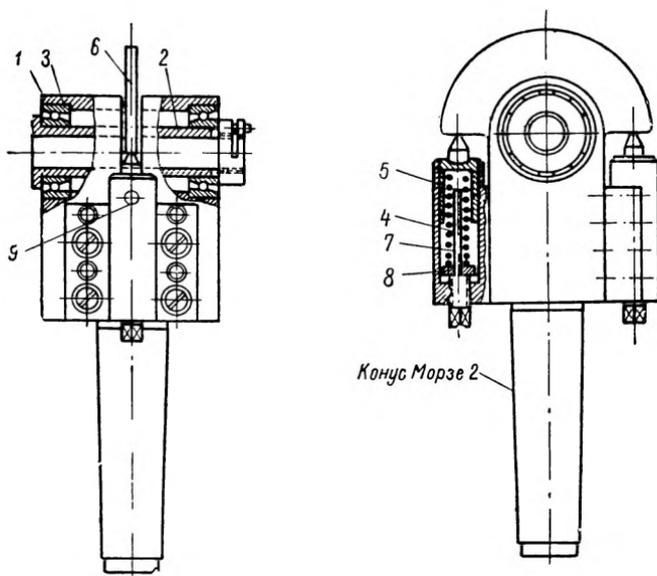


Рис. 109 Универсальный держатель для расточного и резьбонарезного инструмента.

рис. 109. Конструкция его состоит из корпуса 1, в отверстие которого устанавливают шпindel 2, свободно вращающийся на шариковых упорных подшипниках 3. Для установки шпинделя в исходное поло-

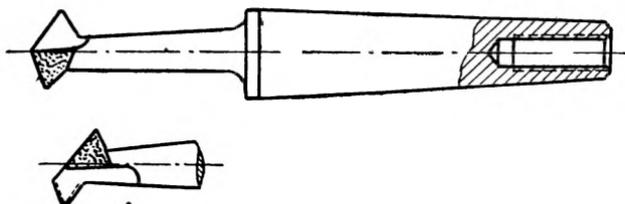


Рис. 110. Расточный резец к универсальному держателю.

жение служат пружины 4 с бономами 5, упирающимися в плоскости кулачка 6, неподвижно закрепленного на шпинделе держателя. Пружина, помещенная снизу держателя, служит для приведения резца, установленного в шпindel держателя, к исходному положению. Пружина с боном, помещенная сверху держателя, уравни-

вешивает давление резания. Настройка держателя считается законченной тогда, когда система держателя в рабочем состоянии уравновешена. Натягивают верхнюю пружину винтом 7 и шайбой 8 в зависимости от шага нарезаемой резьбы, состояния обрабатываемого материала, режима резания, условий резания, связанных с геометрией заточки режущего инструмента и подачей смазочно-охлаждающей жидкости. Исходное положение верхней пружины в нерабочем состоянии держателя обеспечивается ограничительным штифтом 9, проходящим через корпус 1 в продольный вырез стенки бонома 5.

Резцы для расточных работ и нарезания резьбы (рис. 110) делают с утолщенной рабочей частью, выполненной в виде одного витка с шагом спирали 2—3 мм и обратным конусом 1—2°

Резьбовые гребенки

При нарезании винтовых резьб иногда применяют резьбовые гребенки. В отличие от резьбовых резцов они имеют несколько зубцов, что делает возможным более равномерное распределение работы между зубцами.

Резьбовые гребенки изготавливаются с таким расчетом, чтобы приемная часть принимала на себя наибольшую нагрузку при нарезании резьбы, калибрующая — только часть металла, которая удаляется при чистовой обработке резьбового профиля и калибровании. Заборная часть делается на длине 1,5—2 витков.

Резьбовые гребенки экономичнее, износоустойчивее дисковых резцов и более производительны, так как не требуют такого количества проходов при нарезании резьбы. Это объясняется равномерной нагрузкой на режущие кромки при одновременной черновой и чистовой обработке резьбового профиля.

Производство резьбовых гребенок не представляет больших трудностей, если принять следующую последовательность операций. Черновую обработку резьбы гребенки выполняют в сыром виде при шаге резьбы выше 0,5 мм, затем следует термическая обработка, шлифовка резьбы и, наконец, доводка до зеркального состояния образующих профиля. Если шаг резьбы гребенки ниже 0,5 мм, то чистовую обработку резьбового профиля выполняют после черновой, затем — термическую обработку и, минуя шлифовку, делают черновую и чистовую доводку резьбы. Погрешности предыдущих операций, включая растяг шага при термической обработке, устраняют шлифованием, а следы шлифования — доводкой.

На практике встречаются резьбовые гребенки винтовые цилиндрические, конические и цилиндрические с кольцевой резьбой.

Для соответствующей направленности резьбовых витков гребенки к виткам нарезаемой резьбы винтовые гребенки для нарезания правой наружной резьбы делаются с левой резьбой, и наоборот. Для внутренних резьб гребенки выполняются соответственно направлению витков нарезаемой резьбы.

Преимуществом гребенок с винтовой резьбой перед кольцевой нарезкой является то, что винтовые гребенки обеспечивают равномерность главных углов резания и более выгодные угловые боковые зазоры по образующим профиля.

Наилучшие результаты при нарезании резьбы получаются в том случае, когда углы подъема нарезаемой резьбы и резьбы гребенки совпадают. Это возможно при одинаковых диаметрах изделия и гребенки

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{S}{\pi d_{\text{cp}}},$$

где S — шаг нарезаемой резьбы и гребенки;
 d_{cp} — средний диаметр.

Если угол подъема нарезаемой резьбы больше угла подъема резьбы гребенки, то применяют гребенки с многоходовой нарезкой, обеспечивая этим приближенное равенство угловых зазоров.

Конические винтовые гребенки изготавливаются тем же способом, что и цилиндрические, за исключением резьбы, расположенной на образующей конуса. В связи с тем, что профиль резьбы конической гребенки расположен перпендикулярно оси конуса, стороны образующих профиля не одинаковы по величине и точность резьбы понижена. Но так как равномерность нагрузки на режущие кромки повышает износоустойчивость гребенки, то ее широко применяют при черновой нарезке резьбы. Угол конуса такой гребенки принимается в пределах $4\text{--}5^\circ$. Для большей легкости резания делается передний угол γ , величина которого выбирается в зависимости от рода обрабатываемого материала. Угол профиля обычно на $3\text{--}4^\circ$ ниже номинального. Снижение угла профиля рассчитывается как величина припуска, обеспечивающая чистовую нарезку резьбы детали.

Кольцевые гребенки применяются большей частью для чистовой обработки резьбового профиля. Число витков оставляется не выше двух. Передняя грань затачивается таким образом, что передний угол $\gamma = 0$.

Недостатком кольцевых гребенок является отсутствие переднего угла, снижающее их производительность, так как они большей частью применяются для чистовой нарезки резьбы. Различие направленности витков гребенки и нарезаемой резьбы сопровождается различием углов боковых зазоров, вследствие чего наступает преждевременный износ и отжим гребенки при нарезании резьбы в одну сторону.

Рекомендуемая шведской фирмой «Форматор» коническая гребенка имеет заточку передней грани под углом подъема нарезаемой резьбы и коррегированный профиль резьбы гребенки соответственно углу наклона передней грани λ .

Для нарезания внутренней винтовой резьбы наиболее распространенными являются гребенки с кольцевой или винтовой нарезкой, как показано на рис. 111, а и б.

Гребенки для нарезания внутренней резьбы должны иметь такое же направление витков, как и обрабатываемая деталь, т. е. для получения правой нарезки гребенка должна быть изготовлена с правой резьбой, и наоборот.

Стойкость гребенки, чистота обработки профиля резьбы и точность заданных размеров зависят от жесткости системы станок — деталь — инструмент и ряда других факторов, влияющих на процесс резания.

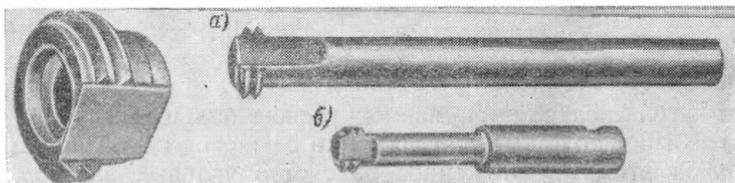


Рис. 111. Круглые гребенки: *а* — кольцевые; *б* — цилиндрические винтовые.

Наиболее качественные показатели были получены при использовании пружинящих устройств для нарезания внутренней винтовой резьбы гребенками или резцами.

Метчики

Метчик является весьма сложным режущим инструментом. Он состоит из ряда элементов, выполняющих резание металла. Влияние каждого элемента определяет работоспособность метчика.

К его элементам относятся:

- 1) длина и угол приемного конуса l_1 , φ ;
- 2) угол заточки передней грани γ ;
- 3) число канавок, форма и направление n ;
- 4) угол затылования приемного конуса α ;
- 5) угол обратного конуса ψ .

Приемный конус метчика составляет наиболее важный конструктивный элемент, так как он фактически выполняет большую часть работы при нарезании резьбы. Калибрующая часть метчика сглаживает шероховатости на образующих профиля, оставшиеся после черновой работы приемного конуса, и калибрует резьбу до заданного размера. От длины приемного конуса зависят условия резания метчиком и точность нарезаемой резьбы. Чтобы выяснить влияние длины и угла приемного конуса, необходимо ознакомиться с работой этих элементов.

Приемный конус метчика как бы состоит из ряда отдельных профильных резачков, расположенных на образующей конуса.

Число их зависит от длины конуса, угла конуса, шага нарезаемой резьбы и числа стружечных канавок.

Поперечное сечение стружки, снимаемой каждым резачком, можно представить в виде трапеции толщиной a'_z и шириной b_z (рис. 112).

Величина a'_z это действительная толщина стружки, измеренная в направлении, перпендикулярном к передней грани резачка. Соотношение между величиной толщины снимаемой стружки одним резачком a'_z и a_z составит

$$a'_z \approx a_z \cos \varphi,$$

где a_z — толщина снимаемой стружки, измеренная в направлении, перпендикулярном к оси метчика;

φ — половина угла приемного конуса

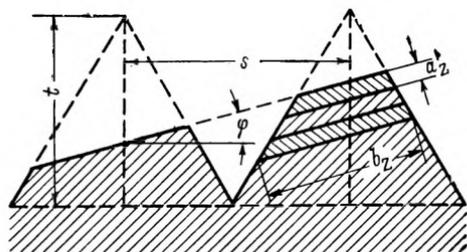


Рис. 112. Сечение стружки при нарезании резьбы метчиком.

Для удобства последующих расчетов можно пренебречь незначительной разностью между величинами a'_z и a_z , принимая $a'_z \approx a_z$. Полагая, что толщина снимаемой стружки на всем протяжении приемного конуса при участии количества резачков p равна t_1 , находим

$$a_z = \frac{t_1}{p},$$

но так как численное значение величины p зависит от длины приемного конуса l_1 , шага нарезаемой резьбы S и числа канавок n для удаления стружки

$$a_z = \frac{t_1}{p} = \frac{t_1 S}{l_1 n}.$$

Отсюда следует, что толщина снимаемой стружки одним резачком зависит от высоты профиля, шага нарезаемой резьбы, длины приемного конуса и числа канавок. Чем короче длина приемного конуса или меньше число канавок для удаления стружки, тем больше будет толщина снимаемой стружки a_z , и наоборот.

При определении длины приемного конуса завод «Фрезер» исходит из расчета соответствующего распределения нагрузки между метчиками в комплекте: для метчика I — 58%; II — 28%; III — 14%, что может быть представлено отношением 4 2 1.

Исходя из этих условий, а также гарантийной целостности для метчиков II и III, особенно при нарезании резьбы в глухих отвер-

стях, принято: для черного метчика диаметром, равным 3—52 мм 6—7 витков; среднего метчика диаметром 3—52 мм — 3—3,5 витков; чистового метчика диаметром 3—52 мм 1,5—1,75 витков.

Конструктивно наименьший диаметр приемного конуса метчика принимается меньше внутреннего диаметра резьбы гайки на величину k , которая назначается в зависимости от номинального диаметра резьбы, а именно: для метчиков диаметром до 18 мм величина k равняется 0,1—0,15 мм; до 20—39 мм — 0,2 — 0,25 мм; до 45—52 мм — 0,3 — 0,35 мм.

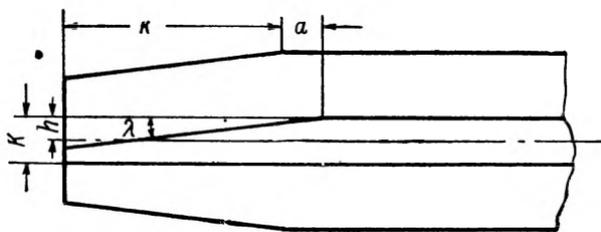


Рис. 113. Наклон режущей кромки.

Зная величину D , снижение величины d'_1 и длину l_1 метчика, находим угол приемного конуса φ по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{D - (d'_1 - k)}{2l_1},$$

где D — наружный диаметр резьбы;

k — величина снижения внутреннего диаметра резьбы гайки;

l_1 — длина приемной части соответствующего метчика в комплекте.

Для лучшего отвода стружки делают заточку передней грани на длине приемного конуса под углом λ , как показано на рис. 113. Угол наклона в этом случае делается положительным, благодаря чему сход стружки с передней грани совпадает с направлением подачи.

Угол наклона передней грани λ выбирается в зависимости от ширины пера по формуле

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{h}{l_1 + a},$$

где $h = (0,4 \div 0,7)p$; $a = 2 \div 8$ мм.

Такая заточка передней грани метчика обеспечивает плавность резания, лучший отвод стружки и снижает вероятность защемле-

ния. Эта заточка делается большей частью на метчиках для нарезания сквозных отверстий. При нарезании глухих отверстий такая заточка передней грани может привести к поломке метчика из-за скопления стружки на дне отверстия. Число канавок выбирается, исходя из расчета достаточного объемного вмещения снимаемой стружки, а также уменьшения усилий резания и снижения стоимости, затрачиваемой на обработку канавок.

Практически находят применение ручные и гаечные метчики до 25 мм — с 3 канавками, свыше 25 мм — 4 канавками, маточные метчики 6—36 мм от 6 до 10 канавок.

Для нарезания резьбы в глухих отверстиях рекомендуются метчики с большим числом канавок, так как в этом случае толщина снимаемой стружки наименьшая и возможность уплотнения ее на дне отверстия наибольшая.

Условия, обеспечивающие плавность и легкость резания, а также получение действительных размеров в пределах допускаемых отклонений, частично зависят от главных углов резания.

Рассматривая метчик как сложный режущий инструмент, находим, что основными элементами его построения являются передний угол γ и задний угол α . Они выбираются в зависимости от рода и состояния обрабатываемого материала.

При нарезании резьбы с размерами, ограниченными узким полем допуска, нельзя рекомендовать метчик с большим углом, так как криволинейность режущих кромок не обеспечит точности профиля нарезаемой резьбы, плотности свинчивания и соответствующей износостойкости резьбовой пары. При нарезании резьбы в вязком материале, недопустимо применение метчика с углом $\gamma = 0$. В этом случае возникнут значительные силы сопротивления, завалы в стружечных канавках и возможны надирь на образующих профиля нарезаемой резьбы.

Довольно хорошие результаты могут быть получены при нарезании резьбы метчиком в отверстиях:

бронзового литья, чугуна и стального литья при $\gamma = 0^\circ$;

чугуна средней твердости при $\gamma = 10^\circ$;

мягкой и вязкой стали при $\gamma = 20^\circ$;

алюминия, электрона и дуралюминия при $\gamma = 40^\circ$.

Плашки

Круглые плашки являются весьма распространенным режущим инструментом, который большей частью применяется при нарезании малоответственных резьб. Нарезание резьбы обычной плашкой не обеспечивает точности резьбовых параметров, причиной чего является термическая обработка круглой плашки, завершающая процесс ее изготовления, после которой резьба круглой плашки не корректируется. Термическая обработка круглой плашки, связанная с изменением структуры материала, из которого она изго-

товляется, сопровождается термическим сжатием, влияющим на шаг резьбы плашки, угол профиля, исходное положение режущих перьев и многое другое. Кроме погрешностей, вызванных термической обработкой круглой плашки, сам процесс нарезания резьбы плашкой имеет ряд недостатков. Наиболее существенным из них является растяг шага нарезаемой резьбы.

Границей между сопротивлением резания и подачей служит конечная точка приемного конуса плашки, переходящего к калибрующим виткам.

Конструктивно круглые плашки (рис. 114, а) выполняются с отверстиями для схода стружки. Нарезание резьбы происходит за один проход, отчего возникают значительные усилия резания, влекущие за собой погрешности, о которых уже упоминалось. Чем выше сопротивление резания, тем больше погрешность нарезаемой резьбы и ниже стойкость режущих кромок.

Следует иметь в виду, что неправильная установка плашки приводит к браку нарезаемой резьбы или к поломке режущего инструмента.

Для получения большей точности нарезаемой резьбы и легкости резания проточку стержня под резьбу делают на 0,1—0,2 мм ниже номинала.

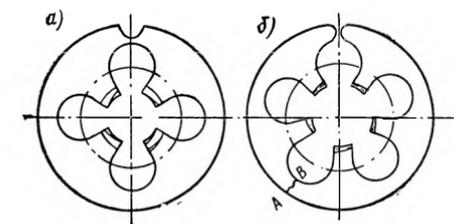


Рис. 114. Круглые плашки.

Когда исполнительные размеры нарезаемой резьбы имеют узкое поле допуска, применяют разрезные плашки (рис. 114, б), которые допускают регулирование размеров нарезаемой резьбы в определенных пределах. Ввертывание эталона (винта) при регулировании размера должно быть легким. Скорость резания не выше 3—4 м/мин, так как режущие кромки круглой плашки располагаются в местах, малодоступных для интенсивного подвода смазочно-охлаждающей жидкости и не обладают свойством хорошего отвода тепла.

Наибольшей эффективностью обладают головки резьбонарезные (стационарные) типа 1К-20 и 1К-25. Они оснащены гребенками для нарезания резьбы диаметром 4—10 мм. Размеры составных частей принимаются по ГОСТ 3307—54.

Длина резьбовой части гребенок выбирается в пределах $l = 12,5 \div 18$ мм. Для отвода стружки делаются специальные выточки под углом 12° к оси гребенки. Угол наклона передней грани $\lambda = 1-1^\circ 30'$. Угол приемного конуса выполняется в пределах $\varphi = 20^\circ$ на длине $l = 2,5$ мм. Гребенки закрепляются на специальных кулачках с относительным смещением на $0,25S$ и с наклоном, равным углу подъема нарезаемой резьбы.

Этим обеспечивается легкость резания и стойкость режущих кромок.

Абразивные материалы

Для изготовления некоторых деталей машин и инструментов высокой точности широко применяются шлифование, хонингование и доводка поверхностей до размеров, удовлетворяющих техническим требованиям.

Все эти современные методы обработки производятся посредством абразива и направлены на получение точных размеров, геометрии и качества обработанной поверхности.

Название абразива происходит от латинского слова «*abradere*», что означает тонкое резание. В обычном понимании абразивом называют очень твердые минералы, способные острием своих кромок производить резание материалов, уступающих по твердости первым.

Абразивы по своим свойствам сходны с минералами, поэтому их твердость принимается по общепринятой в минералогии шкале Мооса. Твердость минерала определяется царапанием одного минерала другим. Тот минерал, который оставляет след на другом, является более твердым, чем минерал, на котором остался след царапины.

Шкала Мооса представляет собой 10 минералов, расположенных по возрастающей твердости, из которых наибольшей твердостью обладает алмаз. Слово «алмаз» арабское и в переводе на русский язык означает недоступный, непобедимый. Наиболее распространенной шкалой Мооса является расширенная шкала, охватывающая почти все твердые минералы.

Для сравнительной оценки твердости различных минералов приведены в табл. 23 обычная и расширенная шкалы Мооса.

Таблица 23

Наименование минералов	Порядковый № по шкале Мооса		Наименование минералов	Порядковый № по шкале Мооса	
	обыч- ной	расши- ренной		обыч- ной	расши- ренной
Тальк	1	1	Топаз	8	9
Каменная соль	2	2	Гранит	—	10
Известковый шпат	3	3	Плавленый цирко- ний	—	11
Плавиковый »	4	4	Природный корунд	9	—
Апатит	5	5	Электрокорунд	—	12
Ортоглаз	6	6	Карбид кремния	—	13
Плавиковый кварц	—	7	» бора	—	14
Кварц (кремь)	7	8	Алмаз	10	15

Ориентировочное сравнение твердости металлов и сплавов, полученное методом царапания, можно произвести по табл. 24.

Абразивные материалы делятся на два основных вида — природные и искусственные.

Наименование металлов	Порядковый номер	Наименование металлов	Порядковый номер
Алюминий	2	Легированная сталь	5—6
Медь	2—3	Стеллит	8
Латунь	3—4	Высокоуглеродистая закаленная сталь	До 9
Никель	4—5	Твердый сплав карбида тантала	11
Железо	4—5	Твердый сплав карбида вольфрама (с 13% кобальта)	12—13

Природные абразивные материалы:

К в а р ц, получаемый в природных условиях, состоит из гальки или песка. Окраска слабо-черного, желтоватого или красного цвета. Применяется в измельченном виде для изготовления шлифовальных шкурок и для ведущих кругов бесцентровошлифовальных станков.

Г р а н и т представляет собой соединение алюминия с силикатом извести, магнезии и марганца.

Промышленное применение находит гранит только железистый:

а) алмадин — железо-глиноземистый гранит буро-фиолетового или буро-красного цвета;

б) андрадит — известково-железистый гранит бурой окраски. При дроблении он дает острые режущие кромки. Применяется при изготовлении шлифовальных шкурок.

К о р у н д — минерал, состоящий из кристаллической окиси алюминия с небольшой примесью кварца, слюды и т. д. Окраска синевато-серая, серая, сине-бурая, красная и соломенно-желтая.

В природных условиях встречаются три разновидности корундов: рубины и сапфиры (благородные корунды); обыкновенные корунды; наждаки.

Рубин — прозрачный минерал, темно-красного или светло-розового цвета.

Сапфир прозрачен, светло- или темно-синего цвета.

Корунд находит промышленное применение в качестве основного естественного абразивного материала при изготовлении шлифовальных порошков, микропорошков и специальных мелкозернистых шлифовальных кругов.

Наиболее богатое месторождение корундовых руд Симеиз-Бугу.

А л м а з обладает наибольшей твердостью из естественных и искусственных абразивных материалов.

Технический алмаз применяется для различных промышленных целей и в первую очередь для правки шлифовальных кругов, резки стекла, волочения проволоки, доводки твердых сплавов, бурения почвы и др.

Окраска алмаза в зависимости от примесей титана и железа прозрачная или черная. Алмаз является редким минералом. Изменяется в каратах:

1 карат равняется 200 мг или 0,2 г.

Значительный рост промышленного потребления абразивных материалов, недостаточная твердость естественных минералов и ограниченный их запас привели к необходимости использования искусственных материалов.

Искусственные абразивные материалы:

Э л е к т р о к о р у н д — наиболее распространенный абразивный материал, применяемый в промышленности. Он состоит из кристаллического глинозема (корунда) и незначительного количества примесей. Сырьем для производства электрокорунда служит боксит — материал, богатый глиноземом. В зависимости от содержания кристаллической окиси алюминия электрокорунд делится на два основных вида: Э91—Э93 (числовое обозначение относится к процентному содержанию Al_2O_3), электрокорунд белый ЭБ, содержащий Al_2O_3 не менее 97—99%. Чем выше содержание кристаллической окиси алюминия в электрокорунде, тем выше его режущие свойства. Окраска зерен нормального электрокорунда розовая, коричневая и синяя. Форма зерен остроугольная, блеск стеклянный. Зерна электрокорунда бело-прозрачные, бесцветные, со стеклянным блеском.

Разновидностью электрокорунда служит *монокорунд*, содержащий Al_2O_3 97—98%. Зерна монокорунда многогранны, однородны по своему строению и свободны от внутренних напряжений.

Электрокорунд применяется при обработке материалов высокой сопротивляемости, как, например, сталь высокой твердости, стелиты и т. п. Электрокорунд белый используется большей частью при тонком шлифовании, отделочных и доводочных работах.

К а р б и д к р е м н и я SiC получается прокаливанием в электропечах из сырья, богатого кремнеземом и углеродистыми материалами. Взаимодействие при прокаливании углерода, содержащегося в антраците и коксе, и окиси кремния, содержащейся в кварцевом песке, образует химическое соединение углерода с кремнием. Карбид кремния кристаллизуется в виде пластинок гексагональной формы, нередко имеющих игольчатое строение. Зерна карбида кремния плоские по форме, с прямолинейными кройками.

Технический корунд кремния черного цвета «КЧ» и зеленого «КЗ» (обозначения присваиваются согласно общесоюзному стандарту). Карбид кремния черный отличается металлическим блеском с переливанием цветов побежалости. Карбид кремния зеленый имеет различные оттенки зеленого цвета. Твердость карбида кремния не зависит от его окраски. По техническим условиям содержание карбида кремния не должно быть ниже 97% и только 3% допускается на содержание примесей. Зерна карбида кремния (в отличие от электрокорунда) обладают большой хрупкостью, что видно из сравнительных чисел твердости по шкале Мооса:

электрокорунд 9,05—9,1;
карбид кремния 9,13—9,15.

Карбид кремния широко применяется при обработке неметаллических материалов: фарфора, мрамора и других материалов с малой сопротивляемостью заточке и доводке твердых сплавов.

Карбид бора B_4C , получаемый в электропечах из технической борной кислоты и малозольного углеродистого материала (нефтяного кокса), является новым абразивным материалом. Зерна карбида бора при дроблении получают изометрическое строение. Окраска зерен черная или дымчатая и серая. Твердость карбида

бора близка к твердости алмаза, режущие свойства отличные, при дроблении обладают свойством образования новых весьма острых режущих кромок.

Высокая твердость карбида бора позволяет применять его при изготовлении паст для доводки твердосплавного режущего инструмента, измерительных поверхностей мерительного инструмента и др.

Абразивные материалы, применяемые при доводке поверхностей. Основным материалом для доводки поверхностей деталей служит корунд естественный, электрокорунд белый, карбид кремния, окись хрома, а для доводки режущих инструментов, армированных твердым сплавом,— порошки алмаза, карбида бора и абразивного материала В-1. Род до-

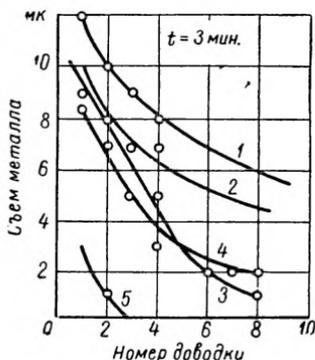


Рис. 115. Режущие свойства абразивов зернистостью М-20.

1 — электрокорунд белый; 2 — электрокорунд; 3 — карбид кремния; 4 — корунд; 5 — паста ГОИ.

водящего материала и его зернистость влияют на чистоту обработанной поверхности и производительность доводочного процесса.

Сравнительные данные режущих свойств абразивов зернистостью М-20, отнесенные к доводке поверхности стальной детали чугуном притиром, приведены на рис. 115.

Не рекомендуется применять при ручной доводке микропорошки зернистостью свыше М-7. Последующее возрастание зернистости влияет на повышение производительности в меньшей степени, чем на снижение чистоты доведенной поверхности.

Производительность пасты ГОИ—пониженная из-за незначительной стойкости доводящего материала, однако она не снижает чистоту доведенной поверхности.

Размеры зерен доводящего материала по ГОСТ 3647—47 устанавливаются в последовательности: микропорошки М-28, М-20, М-14, М-10, М-7 и М-5, где числовая величина характеризует число микрон в поперечнике одного зерна.

Шлифовальные и полировальные пасты, применяемые при доводке поверхностей деталей, бывают твердые,

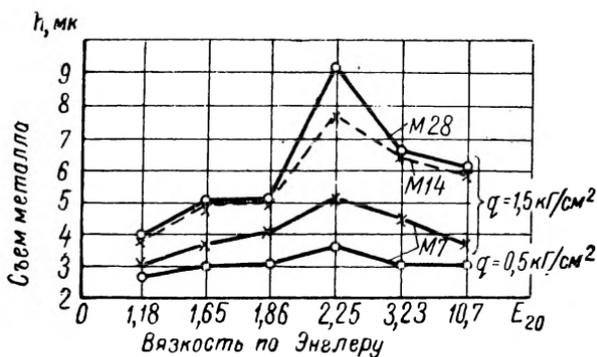


Рис. 116. Влияние абразивных смесей на интенсивность резания.

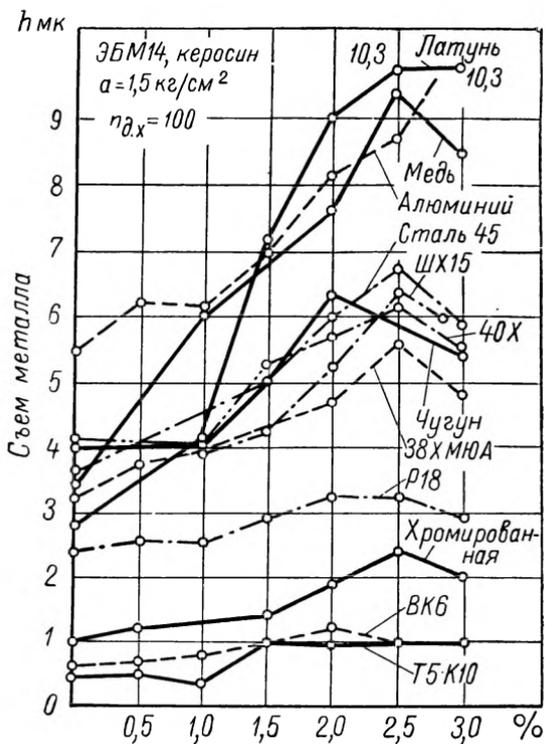


Рис. 117 Влияние добавок активных веществ к абразивному материалу на интенсивность резания.

полужидкие и жидкие. Абразивным веществом служат микропорошки, корунд естественный, электрокорунд белый, карбид кремния, окись хрома, карбид бора, порошки алмаза и абразивный материал В-1.

При выборе абразивного материала руководствуются тем, чтобы твердость абразивного зерна была выше твердости обрабатываемого материала (см. табл. 23 и 24).

Связующим веществом при составлении пасты являются масло, воск, животные жиры, стеарин, парафин и др.

Трудами школы акад. П. И. Ребиндера установлено влияние вязкости керосиново-масляных абразивных смесей на интенсивность резания металла при доводке (рис. 116), а также влияние добавки к абразивному материалу поверхностно активных веществ в виде олеиновой, стеариновой кислот и канифоли (рис. 117). Оптимальным количеством этих добавок к керосину следует считать: олеиновой и стеариновой кислоты 2,5%, канифоли 7%.

Выбор пасты для доводки поверхностей деталей производят в зависимости от физико-механических свойств материала доводимой поверхности: для хрупких материалов (чугун) — карборунд; для вязких материалов с большим сопротивлением разрыву (сталь и цветные металлы) — корунд.

Пасты в зависимости от назначения делятся на шлифовальные и полировальные. В Приложении 6 приводятся пасты Московского автозавода имени Лихачева с указанием их состава и применяемости.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

Обработка осей и валов

подавляющее большинство тонких осей и валов, применяемых в приборостроении, длина которых значительно превышает диаметр, имеют сравнительно простую конфигурацию.

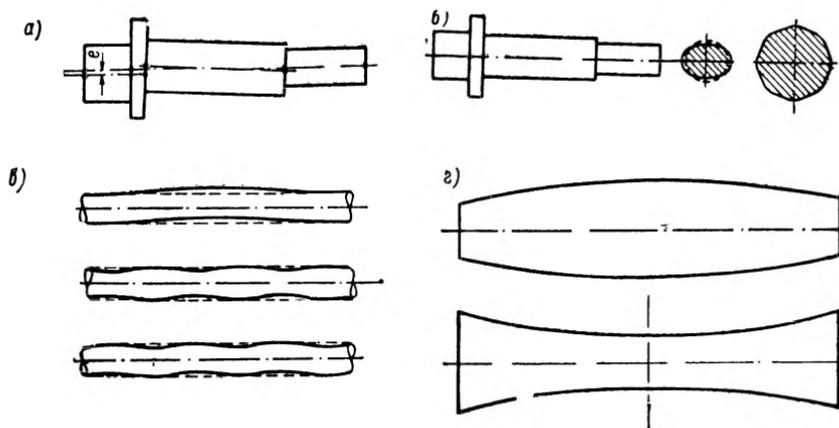


Рис. 118. Погрешности, возникающие при обработке осей.

Трудность их изготовления сводится к выдерживанию геометрических параметров, размеров и чистоте обработки поверхностей.

При обработке деталей класса осей с длиной, превышающей диаметр, встречаются следующие погрешности (рис. 118): несоосность отдельных элементов (рис. 118, а); нарушение округлости формы и цилиндричности в поперечном сечении (рис. 118, б); волнообразность в продольном направлении (рис. 118, в); бочко- и седлообразность (рис. 118, в). Кроме того, иногда недостаточно выдерживаются чистота обрабатываемой поверхности и линейные размеры.

Погрешности диаметральных размеров, вызванные условием обработки, влияют на плавность работы механизма и качество сборки, а недостаточная чистота обработки — на износоупорность и антикоррозийную стойкость.

Точность размеров детали, обусловленная техническими требованиями, зависит от способа получения заготовки, состояния оборудования, технологии изготовления и контроля.

При мелкосерийном производстве большинство заготовок выполняется в виде отрезков определенной длины с учетом припуска на подрезку торцовых поверхностей. Когда длина детали сравнительно мала, заготовки делаются на две детали, а иногда черновую обработку производят прямо из прутка. Требования, предъявляемые к заготовке, заключаются в том, чтобы центровые отверстия, просверленные после предварительной подрезки торцов, или обточенные выносные центры были соосны между собой и концентричны по отношению к внешней поверхности. Условия выполнения этой операции в самоцентрирующем трехкулачковом патроне в большинстве случаев являются причиной неравномерности припуска по сторонам заготовки и несовпадения осей центровых отверстий или выносных центров между собой и по отношению к оси заготовки. Точность патрона недостаточна для этих целей, так как начальное касание прямоугольной резьбы кулачков спирали и конечное происходит с большим давлением на различных радиусах кривизны, а это вызывает повышенное удельное давление при зажиме и преждевременный износ. Кроме того, основная часть подвижного механизма патрона не защищена от попадания стружек, что также способствует преждевременному износу трущихся поверхностей.

Наиболее благоприятные результаты могут быть получены при подрезке и центровании заготовок в цанговом патроне, радиальное биеение которого (согласно установленным нормам) не превышает 0,02—0,04 мм. Для того чтобы расположение осей центровых отверстий совпадало с осью вращения заготовки, рекомендуется применение накидной призмы 1 на державке резца 2 (рис. 119) для центрования режущей кромки центрального сверла (на рисунке не указано) относительно оси закрепленной заготовки. При дальнейшей обработке накидная призма откидывается в противоположную сторону (центрование, как правило, производится после подрезки торцов). Дальнейшая черновая обработка заготовки с припуском на чистовое точение (см. Приложение 7) производится на центрах.

Центры токарных станков делятся по конструктивным признакам на простые и сложные, цельные и составные.

На рис. 120 изображен комплект простых составных центров: центр 1 с углом при вершине 75° предназначен для черновой обработки заготовок; центр 2 с углом при вершине 60° — для чистовой обработки; центр 3 с выемкой по образующей служит для подрезки торцовых поверхностей; полуцентр 4 — для устранения радиального боя заготовки в районе центрального отверстия при чистовой

обработке. Для экономии средств на материал и времени центры, входящие в комплект, делаются укороченными. Основным держателем центра служит втулка 5. Снимается центр кольцом 6, навернутым на резьбовую часть втулки.

Повышение износоустойчивости центра достигается вследствие напаянного на его рабочую часть твердого сплава. Для центров, работающих на получистовом точении со средней скоростью резания, рекомендуется сплав марки Т15К10; при черновой обработке, малой скорости резания и больших нагрузках — сплав марки ВК8; чистовом точении и больших скоростях резания — сплав ВК6.

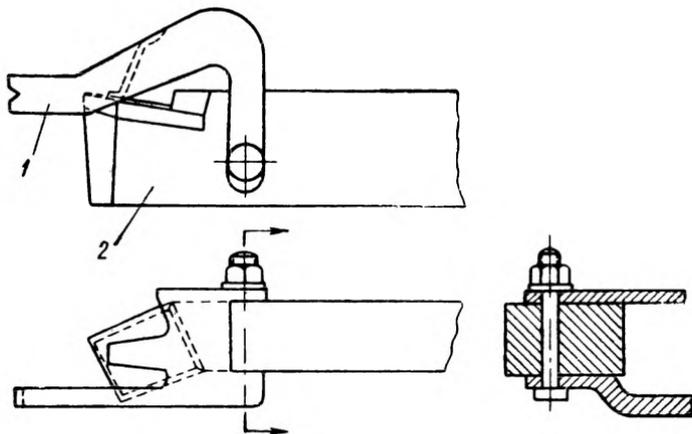


Рис. 119. Резец с накладным устройством.

Подрезку торцов заготовки следует производить на центрах, применяя центр задней бабки с угловой канавкой, в углубление которой свободно вводится режущая часть подрезного резца. Чтобы сохранить коронку центрального отверстия от разработки, канавку на образующей конуса центра следует делать, не доходя на 1 мм до вершины, располагая ее на дуге не свыше 15—20°

На рис. 121 показан центр сложной конструкции, на котором может быть выполнена обработка детали с неподрезанными торцами и без хомутика. Ведущим звеном является зубчатое опорное кольцо 1, а сферическое сопряжение опорного кольца и вкладыша 2 служит для самоустановки зубцов по касательной к неподрезанной плоскости торца.

Чистовую обработку детали рекомендуется производить после чистовой подрезки торцов в размер. Затем деталь обрабатывают в центрах с использованием базовой торцовой поверхности заготовки, работающей на упор, при поджатом центре задней бабки.

Продольные размеры отсчитывают от базовой поверхности, а при перестановке заготовки — от подрезанной плоскости уступа,

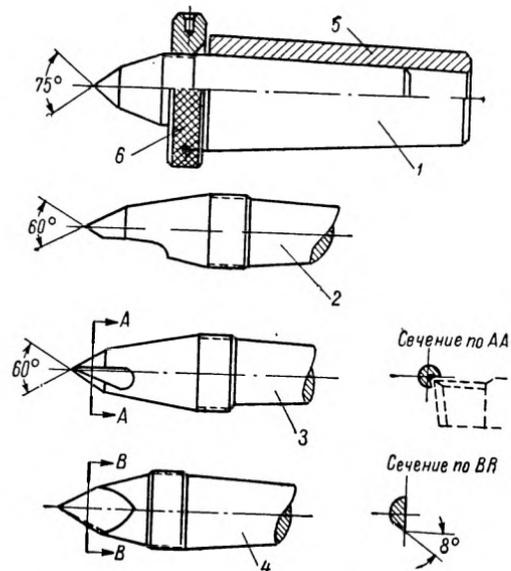


Рис. 120. Центры, применяемые в токарном деле.

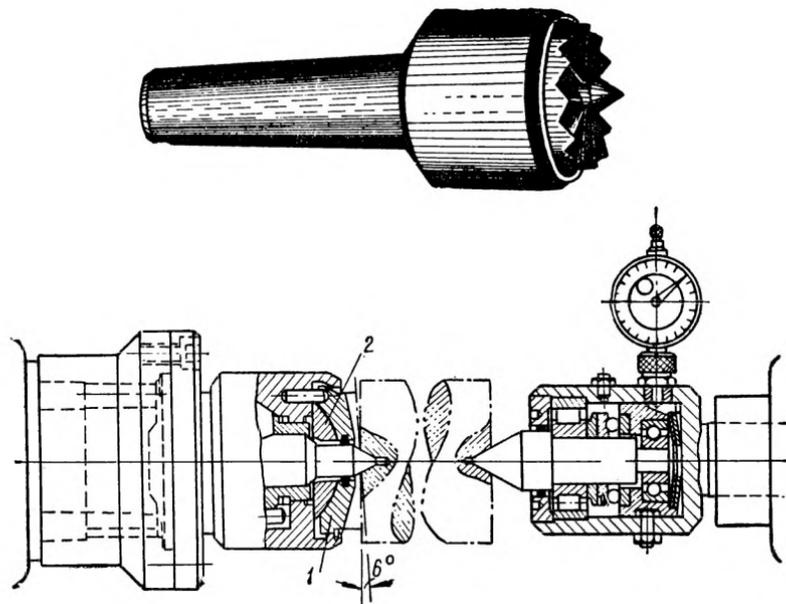


Рис. 121. Специальный центр для установки детали с неподрезанным торцом.

как показано на рис. 122. Последовательность обработки элементов осуществляется таким образом, чтобы наиболее точные размеры обрабатывались в последнюю очередь.

Для обработки пруткового материала можно рекомендовать также пневматическое устройство для цанговых патронов конструктора Л. В. Чеснокова (рис. 123). Устройство состоит из корпуса 1, связанного с задним концом шпинделя, на правом конце корпуса расположен коллектор 2, свободно вращающийся на шарикоподшипниках 3 и 4. Левый конец корпуса, закрытый резиновой диа-

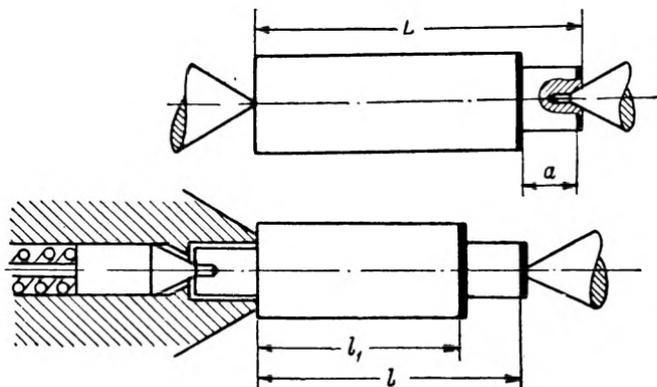


Рис. 122. Схема отсчета предельных размеров от базовой поверхности.

фрагмой 5 и крышкой 6, образует рабочую камеру. Диафрагма 5 через втулку 7 и две гайки 8 связывается с тягой 9, в передний конец которой ввернута цанга 10.

Устройство работает следующим образом. При подаче воздуха в правую часть камеры резиновая диафрагма отжимается влево, тянет за собой втулку 7 и тягу 9 и зажимает материал в цанге 10. Диафрагма переходит в исходное положение при помощи пружины.

Если необходимо зажать заготовку, следует применить патрон с упругой массой (рис. 124). Принцип работы этого патрона состоит в том, что под действием сжимающих сил поверхность втулки 2 претерпевает упругие деформации, которые не рекомендуется превышать

$$\Delta D = 0,0015D,$$

где ΔD — величина изменения диаметра втулки;

D — диаметр сопрягаемой поверхности.

Конструкция патрона с упругой массой состоит из корпуса 1, в расточенное отверстие которого запрессовывается втулка 2 с выточкой, образующей камеру для заполнения упругой массой. Плотность сопряжения поверхностей втулки и корпуса обеспечивает достаточ-

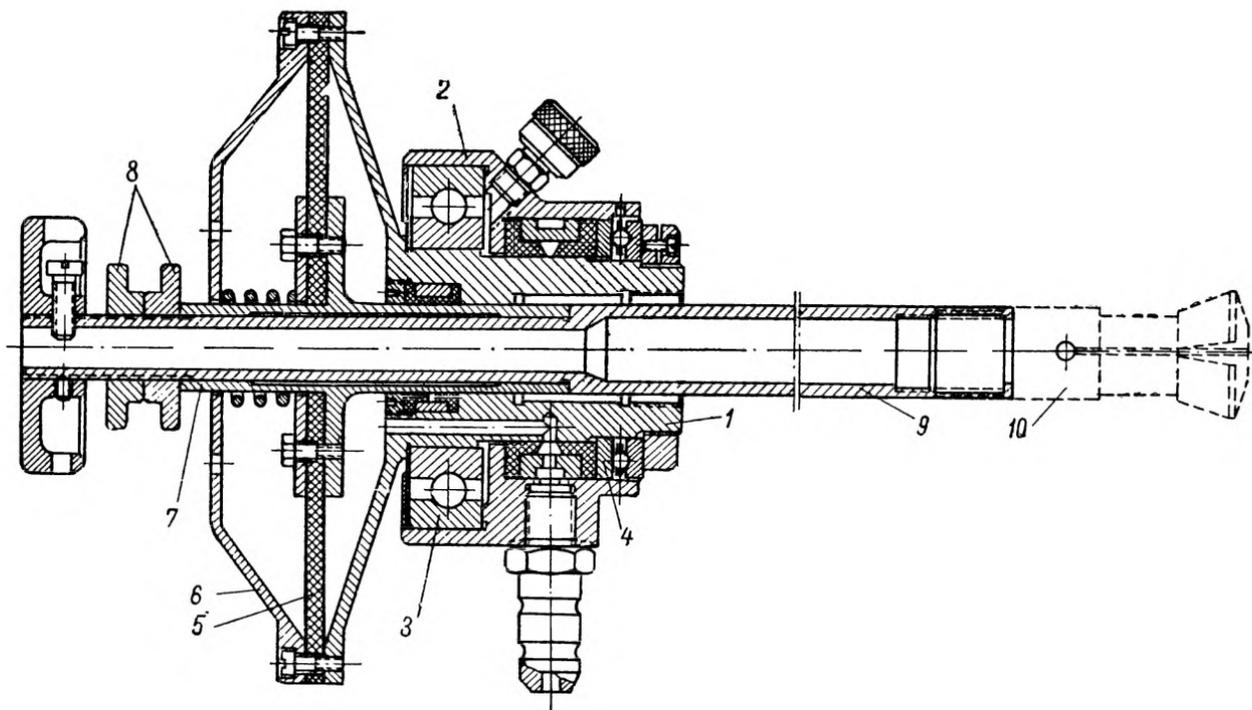


Рис. 123. Пневматическое устройство для цанговых патронов.

ную герметичность внутренней камеры. Заполнение камеры упругой массой производится через отверстие, занимаемое плунжером 3. Для отвода воздуха из камеры служат каналы с винтами 4, расположенными на торцевой поверхности втулки 2. Давление, сокра-

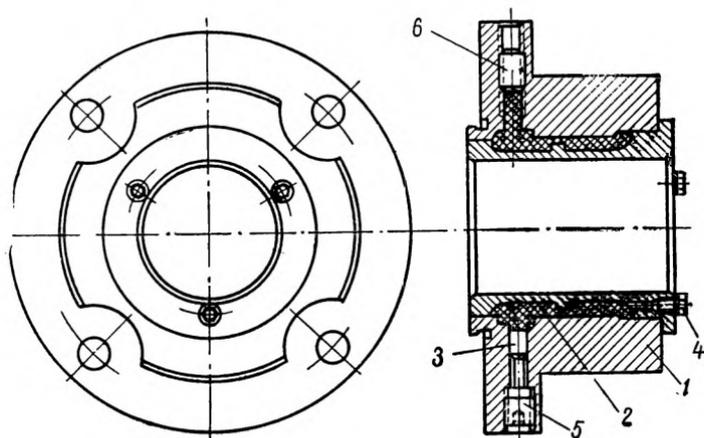


Рис. 124. Патрон с упругой массой.

щающее объем упругой массы, передается от зажимного винта 5 через плунжер 3. Ограничителем объема заполняемой массы служит винт 6, расположенный противоположно винту 4.

В табл. 25 приведена рекомендуемая толщина стенок разжимных втулок.

Таблица 25

Диаметр втулки, мм	Толщина стенки, мм
От 18 до 30	1,25—1,5
30—40	1,5 —2,0
40—60	1,75—2,0
60—80	2,0 —2,5
80—120	2,5 —3,5

Сравнительные данные обработки детали в цанговом патроне и приспособлении с упругой массой приведены в табл. 26.

Обработка осей, применяемых в точном приборостроении, производится на оборудовании, предназначенном для выполнения точных работ. Погрешности, возникающие в процессе обработки, делятся на погрешности, зависящие от состояния оборудования и зависящие от технологических факторов.

Рассмотрим влияние некоторых погрешностей на точность обработки детали согласно техническим условиям.

Допустим, что отверстие шпинделя станка для помещения в нем центра несоосно с осью вращения шпинделя. Тогда вершина центра, ранее весьма качественно изготовленного, получит такое же отклонение, а радиальный бой поверхности детали (рис. 125), обработан-

Зажимные устройства	Диаметр обрабатываемой поверхности	Длина обрабатываемой поверхности	Радиальное биение
	мм		
Цанговый патрон	30	85	0,1
Приспособление с упругой массой	30	85	0,02

ной при этих условиях, будет равным удвоенному эксцентриситету, что можно заключить из приведенного вывода.

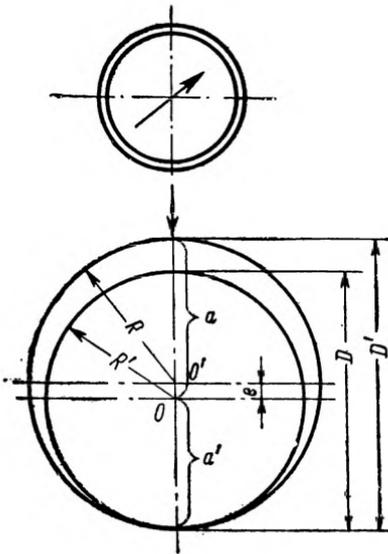


Рис. 125. Радиальный бой в зависимости от положения оси вращения,

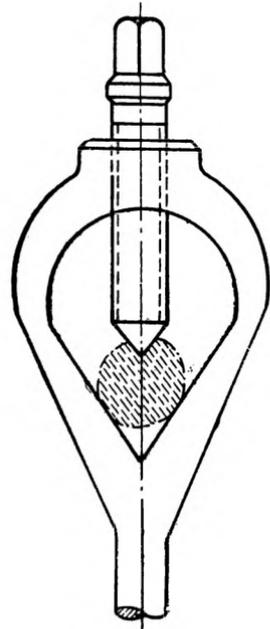


Рис. 126. Фиксированное положение заготовки в центрах.

Обозначим расстояние от вершины центра до оси вращения шпинделя через

$$OO' = e,$$

где O — центр оси вращения шпинделя;

O' — положение, занимаемое вершиной центра;

e — эксцентриситет, равный несоосности.

Установим измерительный наконечник индикатора на заданный радиус касания поверхности точно обработанной детали. Тогда

Допустим, что теоретически правильный контур детали имеет установку резца с касанием вершины в точке C . В результате деформаций получим контур детали с касанием вершины резца в точке C_1 .

При этих условиях диаметр обработанной детали получится

$$d_{\text{обр}} = 2O_1C_1.$$

Обозначим согласно расположению осей перемещение вершины резца в горизонтальном направлении через δ_y ; перемещение вершины резца в вертикальном направлении — через δ_z ; перемещение центра детали в вертикальном направлении — через δ_ξ ; перемещение центра детали в горизонтальном направлении — через δ_η .

Принимая точку O за начало координат, получаем координаты точки C

$$Y = OC = \frac{d}{2} r; \quad Z = O;$$

координаты точки C_1

$$Y_1 = Y + \delta_y; \quad Z_1 = \delta_z.$$

Переносим начало координат в точку O_1 и обозначая координаты точки C_1 в новых осях через Y'_1 и Z'_1 , получаем

$$Y'_1 = Y_1 + \delta_\eta = Y + \delta_y + \delta_\eta;$$

$$Z'_1 = Z_1 + \delta_\xi = \delta_z + \delta_\xi.$$

Действительный диаметр обработанной детали получится

$$d_{\text{обр}} = 2O_1C_1 = 2\sqrt{(Y'_1)^2 + (Z'_1)^2} = 2\sqrt{(Y + \delta_y + \delta_\eta)^2 + (\delta_z + \delta_\xi)^2}.$$

Пренебрегая величиной второго члена из-за его малости, получаем

$$d_{\text{обр}} = 2\sqrt{(Y + \delta_y + \delta_\eta)^2} = 2(Y + \delta_y + \delta_\eta) = d + 2(\delta_y + \delta_\eta).$$

Таким образом, можно допустить, что точность обработки детали зависит главным образом от величины горизонтального перемещения оси обрабатываемой заготовки, на что можно влиять соответствующей геометрией заточки режущих кромок резца и более всего главным углом в плане φ .

Влияние теплоты резания на точность обработки детали сводится к линейному расширению твердого тела.

Допустим, что при обработке детали в центрах токарного станка возникает теплота резания до температуры $t = 100^\circ \text{C}$.

Исходя из физической зависимости линейного расширения заготовки от температуры нагрева, получаем приращение длины стальной заготовки

$$\Delta l = \frac{1,22}{1000} l = 0,00122l,$$

где l — длина заготовки в холодном состоянии.

Полагая, что разработка центров заготовки при линейном расширении незначительна, задаемся подъемом хорды $x = 0,00125$ и находим величину прогиба оси

$$h = xl_1,$$

где h — стрела прогиба;
 x — подъем хорды;
 l_1 — длина дуги.

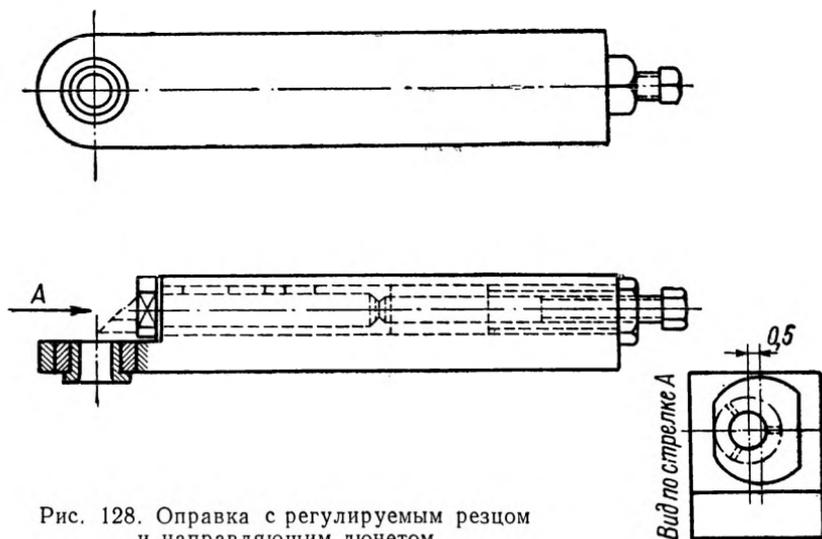


Рис. 128. Оправка с регулируемым резцом и направляющим люнетом.

Подставляя числовые значения, получаем

$$h = (l + 0,00122l) x = 0,00125l(1 + 0,00122) \approx 0,00125l.$$

Задаваясь удвоенной величиной h , находим приближенное значение диаметра заготовки на участке наибольшего прогиба

$$d_{\text{заг}} = d_{\text{обр}} + 2h = d_{\text{обр}} + 0,0025l.$$

Для устранения прогиба обрабатываемой заготовки в направлении осей Y и Z лучше всего производить обработку, пользуясь люнетом.

При чистовой обработке длинных осей с малым диаметром рекомендуется применение оправок с люнетами и регулируемыми резцами (рис. 128).

Особо важным условием черновой обработки длинных валов является получение соосности обработанной шейки под люнет. Для этого на необработанную поверхность заготовки устанавливают регулируемую втулку, выверяют посредством винтов до получения

наименьшей видимости радиального боя невооруженным глазом, после чего устанавливают заготовку в люнет, центрируя относительно выверенной втулки, протачивают на намеченном участке шейку. Дальнейшая обработка заготовки производится в люнете со снятой втулкой, с центровкой обрабатываемых элементов относительно проточенной шейки.

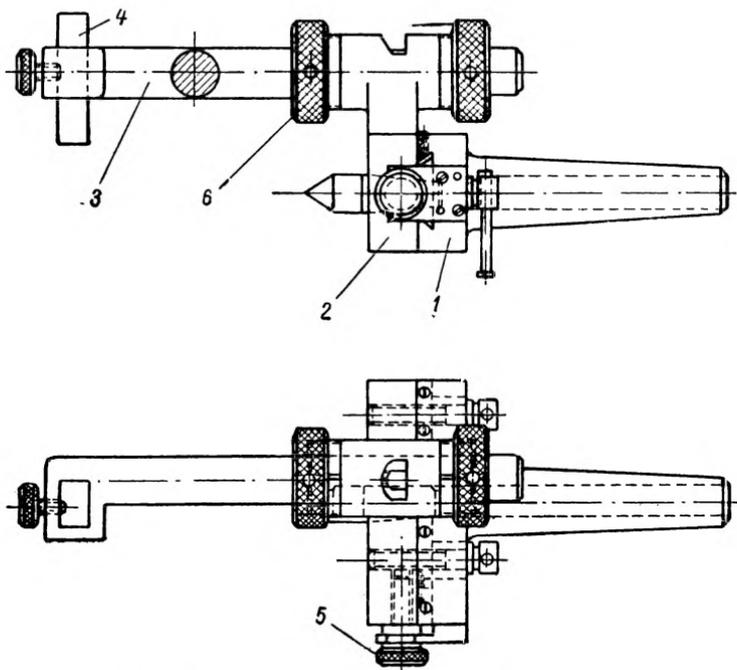


Рис. 129а. Тангенциальный центр с люнетом.

Иногда для проточки тонких и длинных валов применяют тангенциальное устройство (рис. 129а) с подвижным центром, обеспечивающее достаточную устойчивость обрабатываемой заготовки, а также обработку конических поверхностей с малым углом конуса.

Конструкция этого устройства состоит из основания 1, каретки 2 и консоли люнета 3, на левом конце которого установлен вкладыш 4, изготовленный из твердой породы дерева. Перемещение каретки осуществляется посредством винта 5. Отсчет величины смещения ведется по шкале, нанесенной на основании 1. Длина вылета консоли устанавливается в зависимости от длины обрабатываемой детали и закрепляется посредством двух резьбовых колец 6, стягивающих цанговые зажимы, не показанные на чертеже.

Величина смещения каретки при обработке конических поверх-

ностей и соответствующий угол поворота консоли (рис. 1296) могут быть вычислены по формулам

$$n = \frac{D - d}{2m},$$

где n — число делений, на которое необходимо сместить каретку при заданной конусности;

D и d — диаметры обрабатываемых поверхностей конуса;

m — цена деления шкалы основания I .

Для угла поворота консоли

$$n_1 = \frac{l_1}{m_1},$$

где n_1 — число делений, на которое необходимо повернуть консоль при заданных условиях;

l_1 — длина дуги при заданном угле поворота φ_1 ; вычисляется по формуле

$$l_1 = \pi r \frac{\varphi_1}{180};$$

m_1 — цена деления шкалы консоли.

Угол поворота φ_1 консоли определяется через

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{D - d}{2h},$$

где h — проекция на вертикальную ось между осями консоли и обрабатываемой детали — величина, постоянная для данного тангенциального устройства.

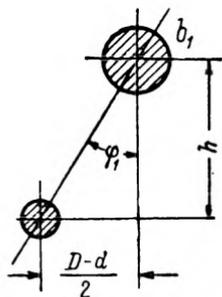


Рис. 1296. Угол поворота консоли при точении конических поверхностей.

Обработка втулок, дисков и шкал

Чтобы внести разграничение — втулка, диск и шкала, необходимо принять следующие условные определения. Втулками называются детали, у которых диаметр наружной поверхности либо равен длине втулки, либо в 1,5—2 раза меньше ее длины. Наружные и внутренние поверхности таких деталей концентричны.

Детали, диаметры наружной поверхности которых значительно превышают длину, называются дисками. Диски, имеющие с торцовой поверхности нанесенные деления или численные обозначения, называются шкалами.

Обработка втулок. Чтобы достигнуть при изготовлении втулок соответствия поставленным условиям, необходимо ознакомиться с особенностями принятой схемы технологического процесса.

Технологической трудностью при обработке втулки является получение концентричности наружной и внутренней поверхности.

Втулки, независимо от порядка последовательности операций, делаются из пруткового материала, труб, точного литья и штамповки в горячем состоянии, причем обработанные поверхности втулок могут быть гладкими или ступенчатыми, с различными размерами этих ступеней.

Технология изготовления втулок может иметь различные варианты:

- 1) обрабатывают поверхности с одной установки;
- 2) обрабатывают наружную поверхность, затем внутреннюю;
- 3) обрабатывают внутреннюю поверхность, затем наружную.

Наиболее благоприятные условия обработки будут при третьем варианте технологии, так как обработка внутренней поверхности обеспечивает точность геометрических форм, размеров и concentricity взаимосвязанных параметров. Первой операцией при обработке втулок по третьему варианту является операция сверления отверстий.

Большинство деталей, применяемых в приборостроении, имеет высокую точность размеров отверстий и значительную чистоту обработки внутренних поверхностей. Технология обработки отверстий с точными размерами сводится к сверлению отверстия, растачиванию, развертыванию, однократному или многократному, протягиванию либо продавливанию специальными протяжками. Во всех случаях обработки отверстий, за исключением литых штампованных и трубчатых заготовок, происходит сверление отверстий, которое не обеспечивает прямолинейной направленности оси.

Раскладывая процесс обработки отверстия на три основных этапа, из которых первый отнесем к черновой обработке — сверлению и растачиванию, второй к чистовой — развертыванию или протягиванию и третий к окончательной обработке — продавливанию специальными протяжками или доводке тончайшими пастами, получаем качественные и размерные показатели в зависимости от вида обработки, свойств и состояния обрабатываемого материала, размера обрабатываемого отверстия и намеченного режима обработки. Данные точности и чистоты поверхности в зависимости от факторов, влияющих на процесс обработки, приведены в Приложении 8, а операционные припуски на обработку деталей — в Приложении 9.

Отверстия в деталях точного приборостроения сверлят на станках токарного типа.

Приведем три случая при сверлении металла на токарном станке:

- 1) сверло вращается, обрабатываемая заготовка неподвижна;
- 2) обрабатываемая заготовка вращается, сверло неподвижно;
- 3) обрабатываемая заготовка и сверло вращаются навстречу друг другу.

Каждый из этих случаев сверления отверстий на токарном станке имеет свои положительные и отрицательные стороны. Рассмотрим каждый случай в отдельности.

Случай первый — сверление отверстий малого диаметра на токар-

ном станке по разметке. Глубина сверления $L \leq 3d$, где L — глубина сверления; d — диаметр сверла 1,5 мм.

Сверло тщательно выверено и закреплено в цанговом или сверлильном патроне. Рабочая часть сверла выставлена $L_1 \leq 5d$. Заготовка, направляемая центром задней бабки, удерживается рукой.

При таком методе сверления может быть следующее:

а) геометрические оси отверстий, просверленные со стороны торцовых поверхностей, совпадают. Смещения относительно внешнего контура не наблюдается. Это может получиться, когда разметка заготовки произведена посредством центронамечателя, причем заготовка до разметки закреплена в цанговый или самоцентрирующий патрон, подрезаны торцы по заданному размеру, выполнена разметка, после чего произведено сверление. Ось сверла проходит через центр задней бабки, направляющей заготовку для сверления отверстия;

б) геометрические оси отверстий совпадают, но смещены относительно внешнего контура. Это может получиться при разметке отверстий со стороны торцовых поверхностей посредством того же центронамечателя, но при значительном радиальном бое закрепленной заготовки или при разметке заготовки, крепление которой произведено независимо от внешнего контура;

в) геометрические оси отверстий не совпадают. Это может получиться при условии смещения центра задней бабки относительно геометрической оси сверла, а иногда в результате значительной подачи при неизменности прочих условий.

Случай второй — условия сверления остаются прежние за исключением разметки и положения заготовки.

Заготовка закреплена в цанговом или самоцентрирующем патроне, торцовые поверхности подрезаны.

При таком способе сверления может быть следующее:

а) геометрические оси отверстий совпадают, смещения относительно внешнего контура не наблюдается. Это получается при условии, когда сверлят через направляющую планку, закрепленную в суппорте станка, с отверстием, диаметр которого равен диаметру сверла;

б) геометрические оси отверстий не совпадают; имеется смещение оси отверстий относительно внешнего контура. Это может получиться при сверлении отверстий без направляющей планки и особенно с завышенной подачей.

Случай третий — условия сверления остаются те же, что и при втором случае. Исключением является взаимное вращение заготовки и сверла. Отверстия сверлят без направляющей планки.

При соблюдении условий правильного закрепления заготовки в цанговом или самоцентрирующем патроне, при подрезке торцов, соответствующей заточке сверла и сверлении с нормальной подачей будет получена соосность отверстий 0,1—0,2 мм, их концентричность относительно внешнего контура. Соосность отверстий обеспечивается взаимным вращением заготовки и сверла, а кон-

центричность по отношению к внешнему контуру — точным положением заготовки в зажимном патроне.

Отсюда можно сделать вывод, что при сверлении неглубоких отверстий и соблюдении технологических приемов качественная сторона работы будет обеспечена даже при сверлении отверстия спиральным сверлом.

При сверлении стремятся получить прямолинейную направленность оси отверстия. Несоосность, возникающая при сверлении, устраняется растачиванием и зенкерованием на станке, а калибрование размера и соответствующая чистота обработки достигаются развертыванием или протягиванием. Погрешности получаются большей частью в зависи-

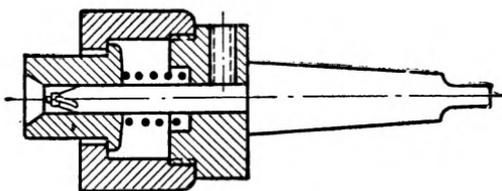


Рис. 130. Приспособление для центрированного сверления отверстий.

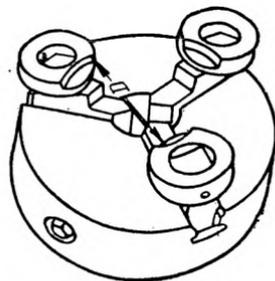


Рис. 131. Закрепление заготовки в патроне с кольцами.

мости от правильности заточки режущих кромок сверла. Чтобы достигнуть соосности оси отверстия по отношению к оси вращения заготовки, производят предварительное центрование специально заточенной центровкой, которое дает направление сверлу, или пользуются специальной державкой сверла с направляющей, установленной и закрепленной в выемке корпуса, как показано на рис. 130.

Зажим заготовки по внешнему контуру рекомендуется производить, как показано на рис. 131. В противном случае не исключена вероятность упругого напряжения, которое окажет влияние на геометрическую форму расточенного отверстия, особенно если деталь имеет тонкие стенки.

Для закрепления тонкостенных заготовок целесообразно применение цанговых патронов с пружинящими уплотнителями (рис. 132), которые при сцентрированности накладной гайки с корпусом обеспечивают соосность растачиваемого отверстия с внешним контуром.

На рис. 133 показана конструкция ¹ регулируемого трехлапчатого патрона 1, планшайба 2 которого обеспечивает возможность

¹ Конструкция патрона заимствована из материалов второй Ленинградской научно-производственной технологической конференции, Машгиз, 1956

выверки патрона соответственно заданным условиям. Между фланцами патрона 1 и планшайбы 2 помещается промежуточное кольцо 3, плотно пригнанное к выточке патрона. Радиальное биение патрона может быть устранено посредством винтов 4, устанавливающих промежуточное кольцо в требуемое положение, в то время как торцовое биение устраняется распорными винтами 5, входящими конической частью в соответствующие гнезда промежуточного кольца с односторонним натягом. По окончании выверки патрон окончательно закрепляется на планшайбе затяжными болтами 6.

Наилучшие результаты зажима в смысле надежности крепления

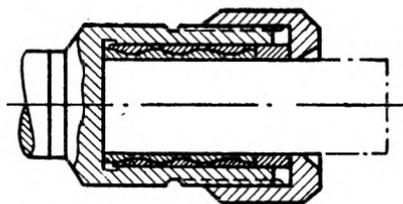


Рис. 132. Цанговый патрон с кольцевыми пружинящими уплотнителями.

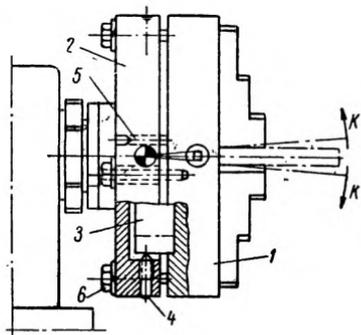


Рис. 133. Трехкулачковый патрон с устройством для выверки.

могут быть получены пневматическими патронами, которые допускают регулирование сжимающих сил.

При обработке деталей на токарном станке можно рекомендовать пневматический трехкулачковый самоцентрирующий патрон (рис. 134). Достоинством этого патрона является быстрый подвод и отвод кулачков, повышенная износостойчивость, надежность крепления деталей.

Погрешности закрепления при установке заготовок в самоцентрирующих патронах приведены в табл. 27.

Конструкция пневматического патрона (рис. 134) состоит из корпуса 1, во внутренней полости которого помещаются три подвижных рычага 2. Перемещение кулачков 3 осуществляется посредством рычагов 2, поворачивающихся на своих осях при поступательном движении втулки 4. Недостатком этой конструкции является сравнительно ограниченный ход кулачков.

При обработке длинных отверстий ($l > 2d$) с диаметром свыше 12 мм перед развертыванием отверстия зенкеруют, при диаметрах свыше 50 мм — растачивают. Точность, достигаемая при растачивании, соответствует 2—3-му классам.

Отверстия размером до 12 мм развертывают после сверления, причем развертывают при закреплении режущего инструмента в качающихся державках (рис. 135).

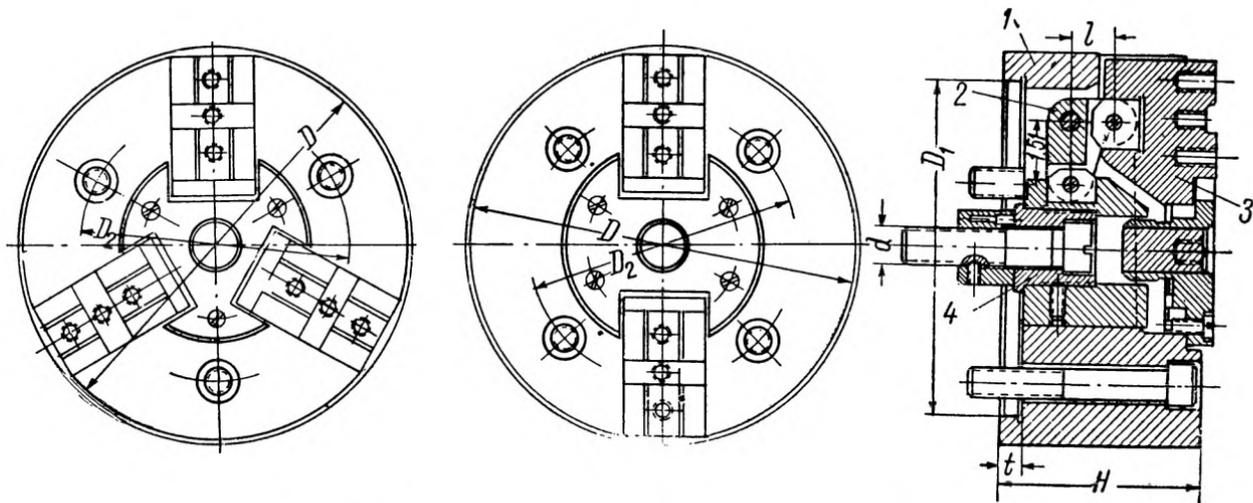


Рис. 134. Патрон пневматический для токарных работ.

Таблица 27

Характеристика поверхности, подлежащей закреплению	Погрешность закрепления ϵ_3 , мк							
	Диаметр закрепляемой поверхности D , мм							
	до 50	50—120	120—260	260—500	до 50	50—120	120—260	260—500
	радиальное смещение заготовок				осевое смещение заготовок			
Литье в земляную форму	300	400	500	600	100	120	150	200
в постоянную форму	200	300	400	500	80	100	120	150
по выплавляемой модели	100	150	200	250	50	80	100	120
Горячая штамповка на молотах	300	400	500	600	100	120	150	200
Предварительно обработанная	100	150	200	250	50	80	100	120
Чисто обработанная	50	80	100	120	30	50	80	100

Приведенные в таблице ϵ_3 принимаются при расчете припуска на сработку. При расчете припусков на последующие переходы погрешностью закрепления ϵ_{32} можно пренебречь из-за малости ее величины.

Наивысшая степень точности достигается окончательным развертыванием вручную, при котором развертка, снимая незначительный слой материала, имеет настолько малую величину отклонения, что ею пренебрегают. Ручное развертывание компенсирует неизбежные погрешности станка, относящиеся к расположениям оси пиноли и оси вращения шпинделя, которые влияют на направленность оси развертываемого отверстия.

Иногда чистовое развертывание заменяют тонкой расточкой, протягиванием специальными протяжками или продавливанием набором калиброванных шариков.

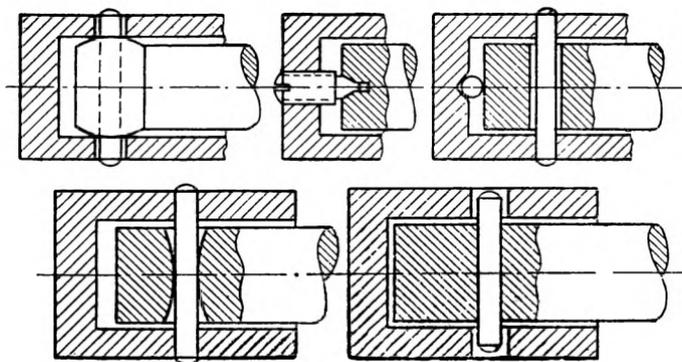


Рис. 135. Способы крепления качающихся разверток.

Тонкое растачивание применяется при обработке отверстий в том случае, когда чистоту поверхности отверстий нельзя получить развертыванием или точность детали не выдерживает усилий резания при работе многолезвийного инструмента.

Преимущества метода тонкого растачивания обуславливаются незначительным усилием резания при снятии тончайшего слоя материала, при котором деформации детали настолько малы, что ими обычно пренебрегают.

Весьма трудно провести переходную грань между скоростным резанием и тонким точением. По мере повышения скорости резания и снижения подачи все ближе подходят к тонкому точению. Гранницей между скоростным резанием и тонким точением принято считать режим резания, при котором скорость резания $v = 100 \text{ м/мин}$ и $S \leq 0,12 \text{ мм/об}$.

Точность диаметральных размеров, достигаемая при тонком точении, $0,005—0,008 \text{ мм}$, овальность и конусность $0,003—0,005$ и чистота обработки $\nabla\nabla\nabla 7—\nabla\nabla\nabla 8$. При особо тщательной подготовке возможно получение $\nabla\nabla\nabla 9—\nabla\nabla\nabla\nabla 10$.

Если при обычном чистовом точении производительность определялась объемом стружки, снимаемой в единицу времени, то при тонком точении этот фактор будет не показателен.

Производительность при тонком точении характеризуется площадью, обработанной резцом в единицу времени,

$$F = \frac{vS}{10} \text{ дм}^2/\text{мин},$$

где F — площадь, обработанная резцом в одну минуту, $\text{дм}^2/\text{мин}$;
 v — скорость резания, $\text{м}/\text{мин}$;
 S — подача, $\text{мм}/\text{об}$.

Выбирая глубину резания, руководствуются следующими данными.

При обработке стали резцом с пластинкой твердого сплава марки Т30К4 глубина резания допускается $t = 0,2 \div 0,5 \text{ мм}$, резцом с пластинкой твердого сплава марки Т15К6 и Т14К8 — $t = 0,5 \div 2 \text{ мм}$ и, наконец, с пластинкой твердого сплава марки Т5К10 глубина резания $t \leq 3 \text{ мм}$.

При обработке чугуна резцами с пластинками твердого сплава ВК2 и ВК3 глубина резания $t \leq 2 \text{ мм}$ и с пластинками ВК6 и ВК8 t — до 5 мм .

Средние режимы резания при тонком точении приведены в табл. 28.

Таблица 28

Обрабатываемый материал	Глубина резания t , мм	Подача S , мм/об	Скорость резания v , м/мин
Алюминий, латунь	0,05—0,45	0,03—0,10	200—600
Бронза	0,05—0,45	0,03—0,10	150—500
Сталь конструкционная	0,08—0,35	0,04—0,12	150—300
Чугун серый	0,05—0,55	0,04—0,12	100—200

При обработке на токарном станке точных деталей, у которых закончена обработка посадочного отверстия, применяют центровые оправки, обеспечивающие соосность взаимосвязанных параметров соответственно поставленным условиям.

На рис. 136 показана простейшая оправка, конструкция которой состоит из конического стержня 1, разрезной втулки 2, гайки 3, навинчивающейся на резьбовую часть стержня 4, и промежуточного кольца 5. При навинчивании гайки разрезная втулка скользит по образующим конуса стержня, увеличиваясь по наружному размеру, и наоборот — при свинчивании гайки наружный размер диаметра втулки снижается. В первом случае осуществляется крепление детали, во втором — съем деталей.

Конусность стержня рекомендуется выбирать в зависимости от номинального диаметра отверстия детали.

При обработке отверстия по 2-му классу точности:

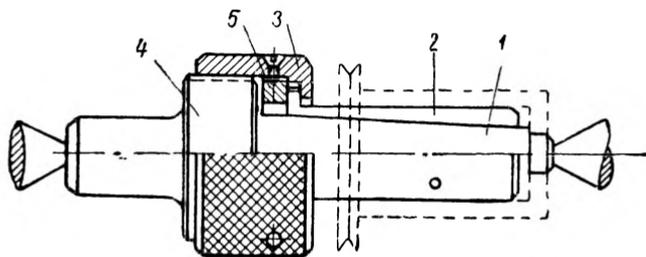


Рис. 136. Оправка с натяжной гайкой.

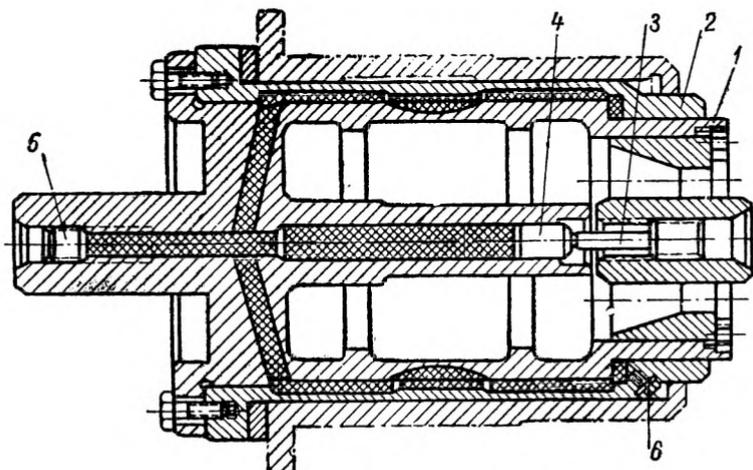


Рис. 137. Оправка с упругой массой.

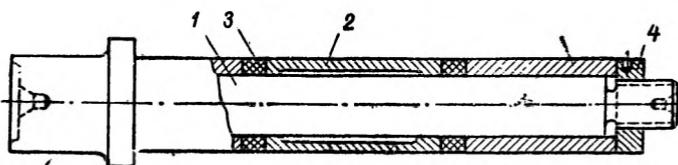


Рис. 138. Оправка с резиновым уплотнением.

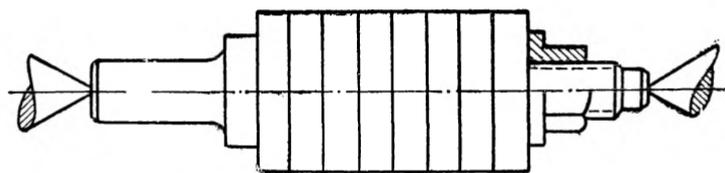


Рис. 139. Центровая оправка с гайкой.

диаметром до 30 мм конусность 1 : 100;
 диаметром свыше 30—80 мм конусность 1 : 50;
 диаметром свыше 80 мм конусность 1 : 20.

На рис. 137 показана оправка с упругой массой. Конструкция оправки состоит из корпуса 1, напрессованной втулки 2, зажимного винта 3, плунжера 4, регулировочного винта 5 и винтов 6 для выпуска воздуха при заполнении пустотелой части оправки гидропластической массой.

Химический состав гидропластической массы
 (весовые части)

Полихлорвиниловая смола	100
Дибутилфтолат	290
Стеарат кальция	4
Вакуумное масло	100

Для тонкого точения приводится оправка (рис. 138), заимствованная из практики зарубежных заводов. Конструкция оправки состоит из цилиндрического стержня 1, трех подвижных втулок 2, плотно пригнанных отверстием к диаметру стержня, двух резиновых колец 3 и гайки 4.

При закреплении детали резиновые кольца сжимаются навинчиваемой гайкой, уплотняют сопряжение детали с оправкой. При свинчивании гайки обеспечивается снижение размеров уплотнительных колец и свободный съем деталей.

Сопряжение диаметров посадочного отверстия детали и направляющей втулки рекомендуется делать с наименьшим зазором.

Поле допуска на зазор не должно выходить за пределы 2-го класса точности.

При обработке внешнего контура заготовки, если торцовые поверхности параллельны между собою и перпендикулярны к оси отверстия, рекомендуется применение центральной оправки (рис. 139) с гайкой. В том случае, когда опорная плоскость детали расположена перпендикулярно к оси отверстия, а вспомогательная выдержана с некоторой приближенностью, следует применять оправку, показанную на рис. 140. Оправка работает следующим образом: на тело оправки 1 насажены фасонные кольца 2, которые при завинчивании гайки 3 плотно зажимают обрабатываемую деталь 4. При зажиме детали на оправке с приближенной перпендикулярностью торца к оси отверстия, погрешность торца компенсируется сферической поверхностью шайбы 5 и упорным кольцом 6.

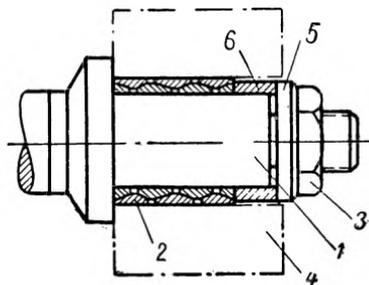


Рис. 140. Оправка с кольцевыми пружинящими уплотнителями для зажима заготовки за внутреннюю поверхность.

Несоосность наружной поверхности к оси отверстия будет зависеть от точности ее обработки в геометрическом и размерном отношении. Практически обработка не выходит за пределы половины допуска на размер базового отверстия.

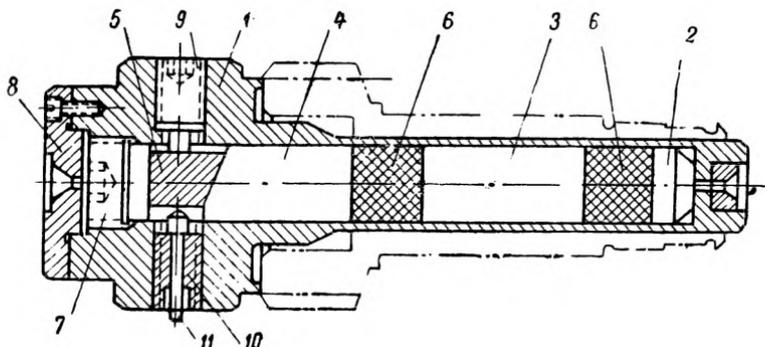


Рис. 141. Центровая оправка с клиновым прижимом и резиновым уплотнителем.

При обработке тонкостенных деталей рекомендуется применение оправок с клиновым прижимом и резиновым уплотнителем (рис. 141 и 142). Конструкция уплотнения обеспечивает равномерность распределения зажимных усилий и надежность крепления деталей.

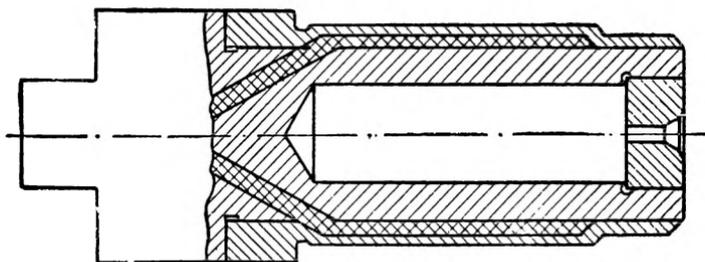


Рис. 142. Центровая оправка с упругой массой.

Оправка (рис. 141) состоит из корпуса 1, левая рабочая часть которого выполнена тонкостенной. Внутри корпуса вставлены вкладыши 2, 3 и клинья 4 и 5. Между вкладышами 2 и 3 и клином 4 залит гидропласт 6. Вся внутренняя полость корпуса 1 закрыта пробкой 7 и центровым фланцем 8. В утолщенной части корпуса 1 по окружности размещен винт 9 и пробка 10 с фиксатором 11. При вращении винта 9 клин 5 заставляет перемещать в осевом направлении клин 4 и вкладыши 2 и 3, которые в свою очередь

заставят сжаться гидропласт. Гидропласт, расширяясь в диаметральном направлении, закрепит обрабатываемую деталь на тонкой части корпуса 1. При обратном вращении винта 9 все детали под действием упругих свойств гидропласта вернуться в исходное положение. Если же этих усилий будет недостаточно, то нажимают дополнительно пальцем руки на фиксатор 11.

Обработка дисков. В связи с общностью технологических задач у втулок и дисков, различием которых служит соотношение диаметральных размеров к продольным, считаем возможным

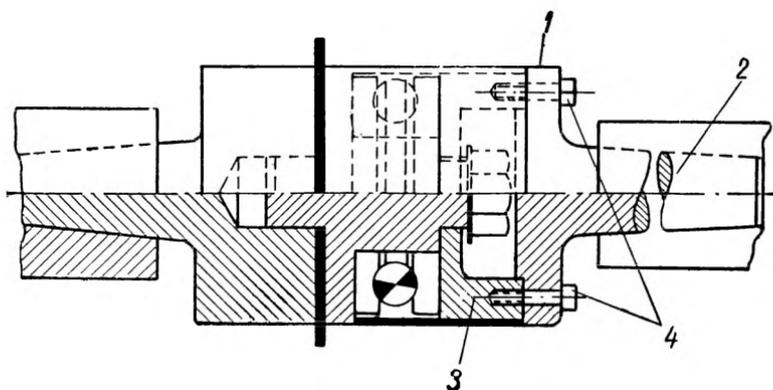


Рис. 143. Приспособление для зажима тонких дисковых заготовок.

не разбирать детально вопрос обработки дисков, ограничившись рассмотрением лишь некоторых особенностей.

При обработке тонких дисков 3—5 мм наибольшую трудность представляет получение параллельности торцовых поверхностей и перпендикулярность их к оси отверстия. Эта задача решается сравнительно просто. Заготовки режутся квадратной формы на гильотинных ножницах или фрезерном станке. Размер заготовки по сторонам квадрата может быть вычислен по формуле

$$a = D + z,$$

где D — наружный диаметр диска, мм;

z — припуск на обработку наружного диаметра и вырезку диска (10—15) мм.

После отрезки заготовки проходят стадию рихтовки и разметки. Затем высверливают на сверлильном станке четыре отверстия 5—6 мм по углам и зенкуют с двух сторон под головки потайных винтов. Когда закончены подготовительные работы, заготовку устанавливают на планшайбу токарного станка и крепят до плотного касания торцовой поверхностью плоскости планшайбы. Надежно

закрепив заготовку, вырезают отверстие с припуском под растачивание, протачивают плоскость диска, после чего растачивают отверстие до заданного размера. Заготовку устанавливают проточенной плоскостью на планшайбу, базирясь на центральное отверстие, и крепят винтами. Протачивают вторую торцовую поверхность до заданного размера. Когда закончена обработка торцовых поверхностей, диски 1 (заготовки) комплектуют пакетом 3—5 мм, устанавливают на оправку 2, показанную на рис. 143, прижимают вращающимся центром 3 с насадкой 4 и обтачивают до заданного размера.

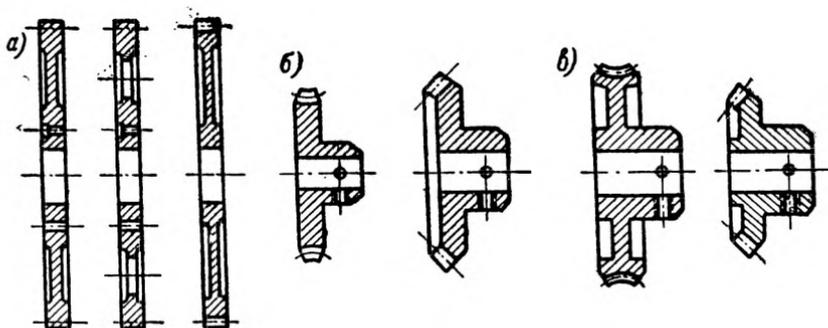


Рис. 144. Заготовки зубчатых колес.

Профиль зенкера, выполняющего вырезку отверстия диска, показан на рис. 92. Этим же методом можно производить обработку ступенчатых и конусных поверхностей сегментов и шкал с последующей доделкой их на оправке.

Примером окончательной обработки деталей класса втулок и дисков является обработка заготовок зубчатых колес.

Зубчатые колеса, применяемые в приборостроении, отличаются от колес в общем машиностроении мелкими модулями в пределах 0,5—1,0 мм, небольшим числом зубьев и длиной зуба не свыше 5—6 мм. Типичной конструкцией колес, применяемых в точном приборостроении, являются колеса плоские (рис. 144, а) в виде штампованных и обточенных дисков, либо имеющие одностороннюю (рис. 144, б) или двустороннюю ступицу (рис. 144, в).

Следует отметить, что изготовление зубчатых колес с точной геометрией их элементов требует точного режущего измерительного инструмента и качественного прецизионного оборудования.

Ведомственные нормы предусматривают 2-й и 3-й классы точности заготовок зубчатых колес. Допускаемые отклонения основных геометрических параметров назначаются в зависимости от номинального диаметра окружности выступов и выбранного класса точности. Численные значения этих отклонений приводятся в табл. 29.

Класс точности	Наименование	Обозначения	Номинальный размер, мм	Допускаемое отклонение, мм	Примечание
2	Отклонение диаметра окружности выступов	D_e	До 30 Св. 30—100	—0,02 —0,03	Радиальное биение окружности выступов не должно превышать половины допуска на диаметр
	Биение базовой поверхности или опорного торца	Δ	До 30 Св. 30—100	0,02 0,025	
3	» »	D_e	До 30 Св. 30—100	—0,04 —0,06	
		Δ	До 30 Св. 30—100	0,03 0,04	

Технологически трудной задачей, относящейся к токарной обработке заготовки, является точность обработки отверстия, базовой или опорной плоскости, перпендикулярной к оси отверстия, и диаметра окружности выступов, согласно поставленным условиям.

Точность взаимного расположения отверстия и базовой плоскости достигается обработкой их с одной установки, а соосность окружности выступов — обработкой окружностей на базе поверхностей, полученных на первом переходе.

Для выяснения порядка последовательности переходов, обеспечивающих обусловленную точность, на рис. 145 показан план обработки заготовок зубчатых колес, применяемых в точном приборостроении.

Вспомогательным инструментом служат оправки, показанные на рис. 146. Оправки (рис. 146, а, б, в) предназначены для обтачивания диаметра окружности выступов заготовок зубчатых колес (плоских дисков).

Соосность обточенных заготовок обеспечивается сцентрированным конусом, расположенным с левой стороны оправки, и центром задней бабки, удерживающим ее в состоянии постоянного контакта с центрирующим приспособлением. Типичной конструкцией оправки для обтачивания заготовок с выступающими частями ступицы может служить оправка с упругой массой, показанная на рис. 146, г.

Для того чтобы избежать неравномерного давления, необходимо предусмотреть симметричное расположение каналов относительно внутренней полости, которая находится между зажимной втулкой и корпусом приспособления.

Размеры внутренней полости для заполнения упругой массой в радиальном направлении рекомендуется делать не менее:

2,5 мм при диаметрах оправки до 30 мм;

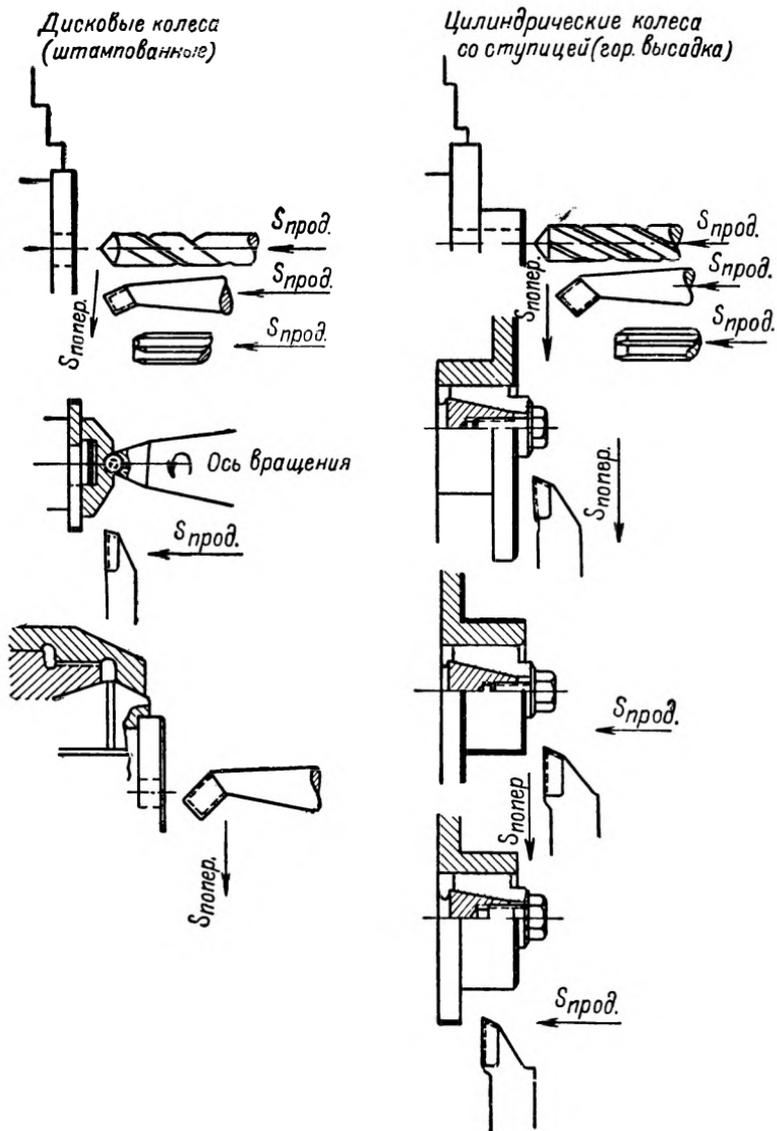


Рис. 145. План обработки заготовок зубчатых колес.

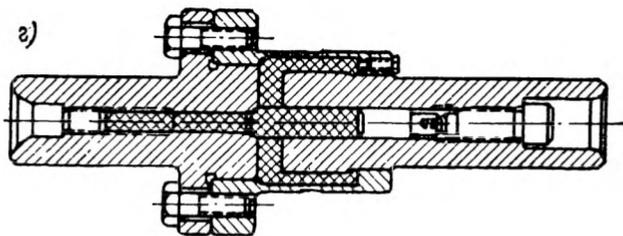
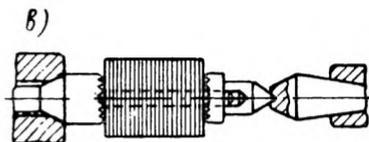
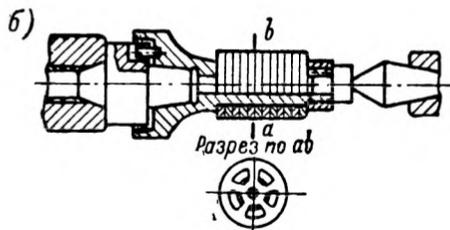
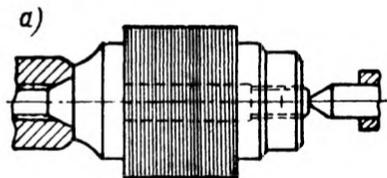


Рис. 146. Оправки для обработки по наружному диаметру заготовок зубчатых колес.

- 4 мм при диаметрах оправки до 50 мм;
- 5 мм при диаметрах оправки до 80 мм;
- 6 мм при диаметрах оправки свыше 80 мм.

Диаметры радиальных каналов следует делать равными диаметру отверстия под плунжер. Обработка отверстий диаметра 2—

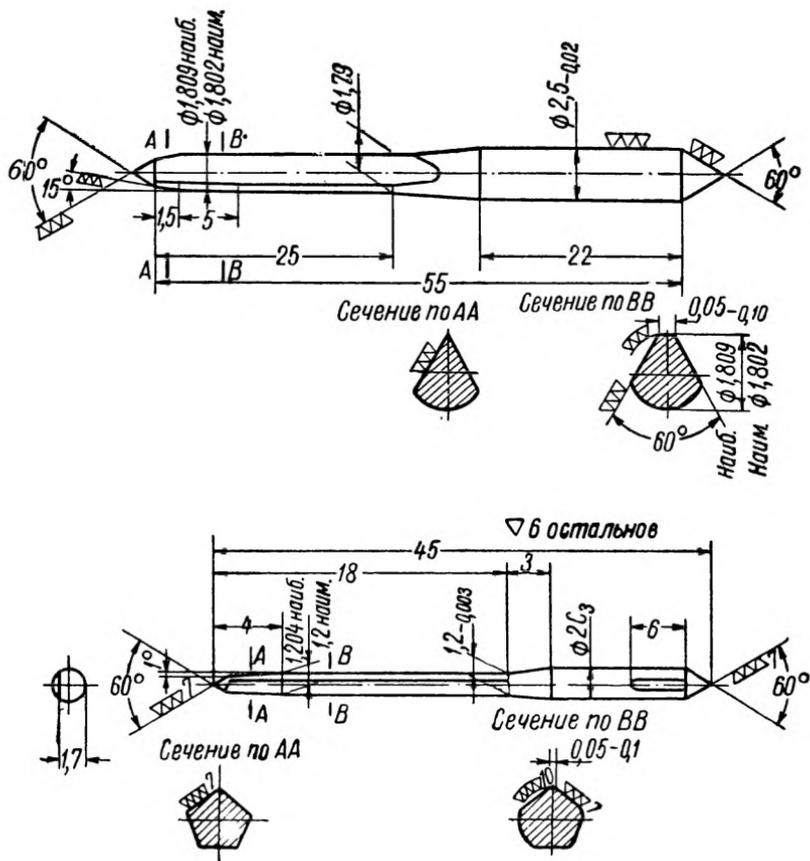


Рис. 147. Развертки, применяемые для чистовой обработки малых отверстий.

3 мм на длине 25—30 мм не требует особых приспособлений. Чистовая обработка обычно производится последующим развертыванием по переходам и калиброванием на заданный размер. Основным инструментом, обеспечивающим точность и чистоту обработки, является режущий инструмент, конструкция которого показана на рис. 147.

Для получения прямолинейной направленности оси отверстия, точности в пределах 2—2а класса и чистоты обработанной поверх-

ности $\nabla\nabla\nabla 9$ рекомендуется припуск на последующие переходы не свыше 0,02—0,03 мм, скорость резания $v = 1,2$ м/мин, подача $S = 0,02$ мм/об. Смазочно-охлаждающая жидкость для стали и латуни Л-62 — растительное масло 30%, керосин остальное; для дуралюминия — чистый керосин.

Правильность цилиндрической формы внутренней поверхности отверстия обеспечивается подвижным креплением режущего инструмента и обратным конусом на калибрующей части (0,01 ÷ 0,02) 50.

Контроль гладких цилиндрических и конических поверхностей

Контроль гладких цилиндрических и конических поверхностей производится жесткими или универсальными измерительными инструментами. При серийном производстве находят широкое применение предельные калибры пробки и скобы (рис. 148), измеряющие не действительные размеры распределяемого параметра, а предельные, в которые он должен уложиться. Этот метод измерения основан на принципе подобия, где проходная сторона калибра ПР или скобы является как бы эталоном сопрягаемой детали. Если принять в системе допусков нулевую линию за исходную для отсчета, то отклонения отверстия или вала при подвижных посадках расположатся для отверстия (+), для вала (—). Аналогично этому расположатся и предельные значения непроходных сторон.¹

Иногда при комплексном методе измерения применяют специальные двух- и трехступенчатые калибры, которые, кроме измеряемых параметров, контролируют их соосность.

Применяя универсальные измерительные инструменты, т. е. инструменты с непосредственной оценкой измеряемой величины, как показано на рис. 149, а, б, необходимо знать, какая предельная точность измерения может быть достигнута этим измерительным инструментом.

Для определения допустимой точности измерения данным измерительным инструментом поделим размерную величину a на число делений нониуса и получим

$$i = \frac{a}{n},$$

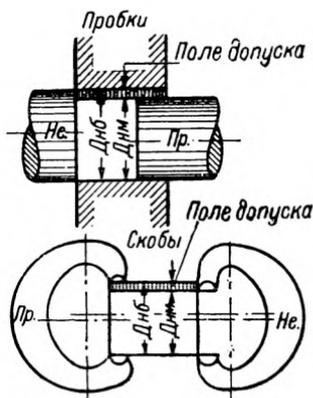


Рис. 148. Предельные калибры пробки и скобы для проверки валов и отверстий.

¹ В приведенной аналогии допущена некоторая неточность, так как действительные размеры калибров не соответствуют предельным на величину допущенного запаса на износ.

где i — цена делений нониуса или допустимая точность измерения;
 a — расстояние между штрихами основной шкалы;
 n — число делений нониуса.

Пример.

Определить цену делений нониуса, если дано число делений $n = 50$ и размерная величина $a = 1$ мм.

$$i = \frac{a}{n} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ мм.}$$

Полученный результат характеризует предельную точность измерения, без учета погрешностей самого измерительного инструмента.

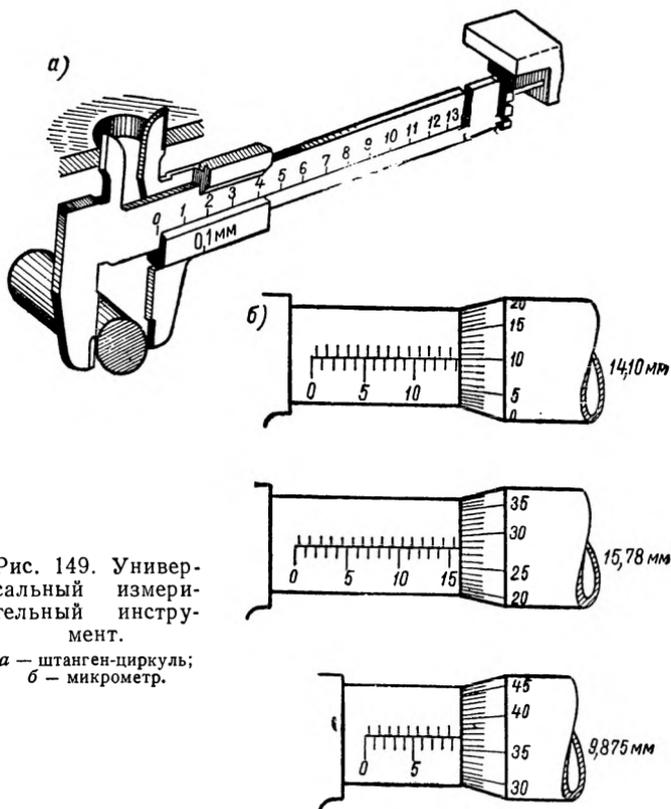


Рис. 149. Универсальный измерительный инструмент.

а — штанген-циркуль;
б — микрометр.

Контроль гладких конических поверхностей и сопрягаемых диаметров производится при комплексном методе измерений гладкими конусными калибрами. На утолщенной или утоньшенной части калибров в зависимости от заданных условий наносятся две параллельные кольцевые риски, ограниченные допуском базорас-

стояния. Иногда вместо рисок делают специальные заточки, как показано на рис. 150, *а*, *б*.

Техника измерения гладких конических поверхностей сводится к определению степени прилегания образующих измеряемой поверхности и измерительного инструмента. Степень прилегания образующих определяется введением калибра (покрытого тонким равномерным слоем раствора берлинской лазури в машинном



Рис. 150. Калибры для гладких изделий: *а* — кольцо для измерения наружных поверхностей; *б* — пробка для измерения внутренних поверхностей.

масле) в измеряемое отверстие до предела, ограниченного допуском базорасстояния, и поворачиванием его на некоторый угол.

Следы касания на образующей конуса в виде кольцевых рисок характеризуют степень прилегания; чем меньше интервал между следами, тем выше степень прилегания.

Точные измерения угловых величин при дифференцированном методе измерения производятся синусной линейкой, изображенной на рис. 151.

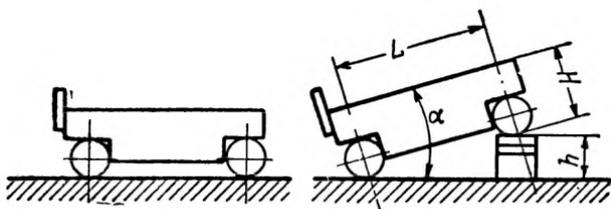


Рис. 151. Синусная линейка для измерения конических поверхностей.

Конструктивное оформление синусной линейки представляет собой шлифованную плиту с параллельными плоскостями, на одной из которых укреплены два одинаковых точно выполненных по диаметру ролика.

Технические условия, обеспечивающие точность измерения, сводятся к тому, чтобы основная плоскость плиты была параллельна касательной, диаметры роликов и расстояние между их осями не выходили за пределы допускаемых отклонений.

Общесоюзным стандартом ГОСТ 4046—48 предусмотрены размеры на основные элементы синусных линейек (табл. 30).

Таблица 30

Наименование элементов	Расстояние между осями роликов h , мм	
	100	200
Диаметры роликов	20	30
Высота от касательной плоскости до основания	30—40	55—65

Техника измерения синусной линейкой сводится к изменению величины h , влияющей на изменение угла наклона основной плоскости, что видно из уравнения

$$\sin \alpha = \frac{h}{L};$$

отсюда

$$h = L \sin \alpha,$$

где h — величина превышения оси одного ролика по отношению к оси другого;

L — расстояние между осями роликов;

α — угол конуса.

Практическое применение этих уравнений приводится ниже.

Пример.

Проверить угол конуса детали $\alpha = 5^\circ 10'$ на синусной линейке с расстоянием между осями роликов $L = 100$ мм.

Подставляя в уравнение численные значения $\sin 5^\circ 10'$, получаем

$$h = L \sin \alpha = 100 \cdot 0,0901 = 9,01 \text{ мм.}$$

При этой величине превышения оси одного ролика по отношению к оси другого показания индикатора в любой диаметральной точке проверяемого конуса будут равны нулю. Если проверяемый угол конуса будет иметь отклонение от заданных условий, то и показания индикатора будут иметь соответствующие отклонения.

Обработка рабочей поверхности эксцентрика на токарном станке

Обработка рабочей поверхности эксцентрика независимо от характера построения кривой представляет значительные трудности, особенно если конструктивно заданные размеры снижения или повышения лучей выражены в сотых долях миллиметра.

Широко распространенный метод опиловки кривых по точным шаблонам, применяемый еще на ряде приборостроительных заводов, следует считать устаревшим. Отрицательными показателями этого метода служат: трудоемкость опиловки и доводки рабочих поверх-

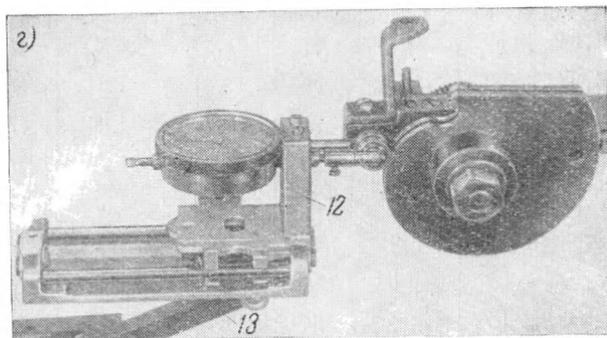
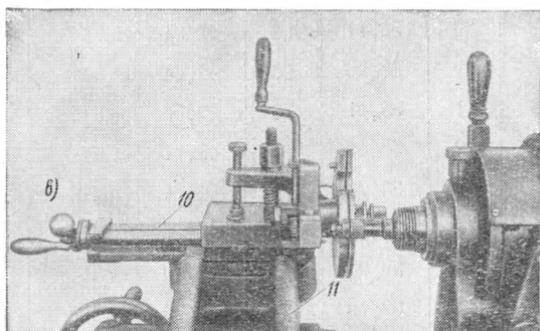
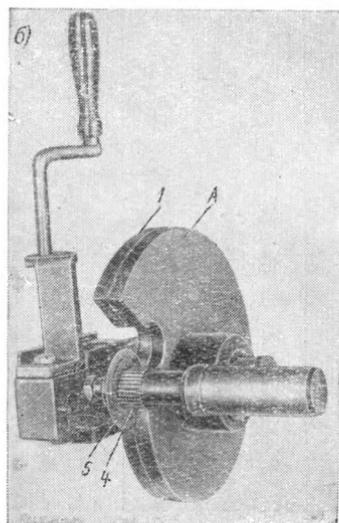
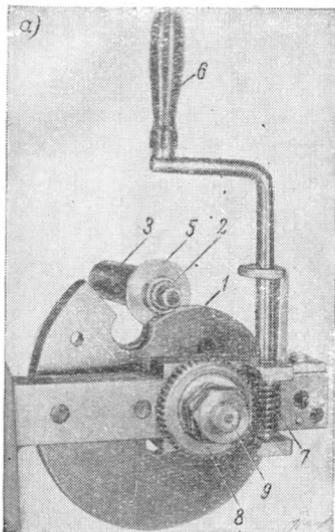


Рис. 152, а, б, в, г. Приспособление для обработки и контроля рабочей поверхности эксцентрика на токарном станке.

Угол поворо- та φ , град	Номинальный радиус кулач- ка R_H	Угол поворо- та φ , град	Номинальный радиус кулач- ка R_H	Угол поворо- та φ , град	Номинальный радиус кулач- ка R_H	Угол поворо- та φ , град	Номинальный радиус кулач- ка R_H	Угол поворо- та φ , град
0	31,00	29	36,42	58	40,91	87	44,76	116
1	31,19	30	36,59	59	41,05	88	44,89	117
2	31,39	31	36,77	60	41,19	89	45,01	118
3	31,59	32	36,94	61	41,33	90	45,14	119
4	31,79	33	37,11	62	41,47	91	45,26	120
5	31,99	34	37,29	63	41,61	92	45,38	121
6	32,18	35	37,46	64	41,77	93	45,51	122
7	32,38	36	37,63	65	41,90	94	45,63	123
8	32,57	37	37,79	66	42,03	95	45,76	124
9	32,77	38	37,95	67	42,17	96	45,89	125
10	32,96	39	38,11	68	42,31	97	46,01	126
11	33,15	40	38,26	69	42,44	98	46,14	127
12	33,35	41	38,41	70	42,58	99	46,26	128
13	33,54	42	38,56	71	42,71	100	46,38	129
14	33,73	43	38,70	72	42,84	101	46,51	130
15	33,92	44	38,85	73	42,97	102	46,63	131
16	34,10	45	39,00	74	43,10	103	46,76	132
17	34,28	46	39,15	75	43,23	104	46,88	133
18	34,46	47	39,30	76	43,36	105	47,01	134
19	34,64	48	39,44	77	43,48	106	47,13	135
20	34,82	49	39,59	78	43,61	107	47,25	136
21	35,00	50	39,74	79	43,74	108	47,38	137
22	35,17	51	39,89	80	43,87	109	47,50	138
23	35,34	52	40,04	81	44,00	110	47,62	139
24	35,52	53	40,19	82	44,13	111	47,74	140
25	35,70	54	40,34	83	44,25	112	47,86	141
26	35,88	55	40,48	84	44,38	113	47,98	142
27	36,06	56	40,62	85	44,51	114	48,09	143
28	36,24	57	40,77	86	44,63	115	48,21	144

Номинальный радиус кулачка R_H	Угол поворота φ , град	Номинальный радиус кулачка R_H	Угол поворота φ , град	Номинальный радиус кулачка R_H	Угол поворота φ , град	Номинальный радиус кулачка R_H	Угол поворота φ , град	Номинальный радиус кулачка R_H
48,32	145	51,62	174	54,81	203	57,91	232	60,94
48,44	146	51,73	175	54,92	204	58,01	233	61,05
48,55	147	51,84	176	55,03	205	58,12	234	61,16
48,67	148	51,96	177	55,14	206	58,23	235	61,26
48,79	149	52,07	178	55,25	207	58,33	236	61,36
48,91	150	52,18	179	55,35	208	58,43	237	61,47
49,03	151	52,29	180	55,45	209	58,54	238	61,58
49,14	152	52,40	181	55,56	210	58,65	239	61,68
49,25	153	52,51	182	55,67	211	58,75	240	61,79
49,37	154	52,62	183	55,78	212	58,86	241	61,89
49,48	155	52,73	184	55,89	213	58,96	242	62,00
49,59	156	52,84	185	56,00	214	59,06	243	62,10
49,70	157	52,95	186	56,10	215	59,16	244	62,20
49,82	158	53,06	187	56,21	216	59,26	245	62,30
49,93	159	53,17	188	56,32	217	59,36	246	62,40
50,04	160	53,28	189	56,42	218	59,47	247	—
50,16	161	53,39	190	56,59	219	59,57	248	—
50,27	162	53,50	191	56,64	220	59,68	249	—
50,38	163	53,61	192	56,74	221	59,78	250	—
50,50	164	53,72	193	56,85	222	59,89	251	—
50,61	165	53,83	194	56,95	223	59,99	252	—
50,73	166	53,94	195	57,06	224	60,10	253	—
50,84	167	54,05	196	57,17	225	60,20	254	—
50,96	168	54,16	197	57,27	226	60,31	255	—
51,07	169	54,26	198	57,38	227	60,41	256	—
51,18	170	54,37	199	57,48	228	60,52	257	—
51,29	171	54,48	200	57,59	229	60,62	258	—
51,40	172	54,59	201	57,69	230	60,73	259	—
51,51	173	54,70	202	57,80	231	60,84	260	—

ностей детали, трудоемкость изготовления самого шаблона и его сравнительно низкая износостойчивость, особенно если исполнительные размеры ограничены узким полем допуска, и, наконец, значительный износ режущего инструмента при работе его по каленым шаблонам.

Наиболее целесообразным является обработка кривой эксцентрика на токарном станке методом тонкого фрезерования по копирам (рис. 152, а, б, в, г).

Сущность этого метода заключается в том, что по кривой копира 1 (рис. 152, а) катится ролик 2, плотно посаженный на оправку 3. Роликом служит шарикоподшипник $\varnothing 15$. Оправка несет на себе специальную насадную цилиндрическую фрезу 4 (рис. 152, б) с мелким спиральным зубом и экранирующий диск 5, предохраняющий поверхность копира от попадания под ролик отделяемой стружки. Диск 5, вращаясь вместе с фрезой 4, располагается в зазоре между торцовыми поверхностями копира 1 и обрабатываемой заготовки А (рис. 152, б, в). Поворачивая копир относительно нулевой линии (радиус отсчета), обкатываем кривую роликом, а фрезой в это время снимаем припуск под фрезерование, оставленный на заготовке. Ручкой 6 (рис. 152, а) приводится во вращательное движение червяк 7 и червячное колесо 8, сидящее на оси 9, на которой также неподвижно закреплен копир 1. Конфигурация кривой копирного шаблона копируется на рабочей поверхности обрабатываемой заготовки. Суппорт станка 10 (рис. 152, в) перемещается соответственно эксцентриковой кривой копирного шаблона, прижимаясь пружинами 11, и образует плотный контакт между трущимися поверхностями ролика и копира.

Для объективного контроля радиуса векторов (табл. 31) применено вместо комбинированной установки, состоящей из длинномера фирмы К. Цейс, особое измерительное устройство, выдерживающее в полной мере принцип Аббе и точность промера в пределах 0,01 мм. Измерительное устройство 12 (рис. 152, г), закрепляемое на державке 13 копирного приспособления с противоположной стороны обработки, допускает возможность измерения без съема детали с приспособления.

Обкаткой рабочей поверхности эксцентрика на токарном станке достигается:

точность обработки кривой в пределах 0,01 мм;

чистота обработанной поверхности $\nabla \nabla \nabla 7 - \nabla \nabla \nabla 9$;

снижение времени промера в 6 раз;

снижение стоимости обработки на 79,3%;

значительное повышение производительности труда.

Обработка деталей со смещенными осями

При обработке деталей сложного профиля на токарном станке с эксцентричным расположением обрабатываемых элементов рекомендуется применять приспособления, состоящие из двух дисков

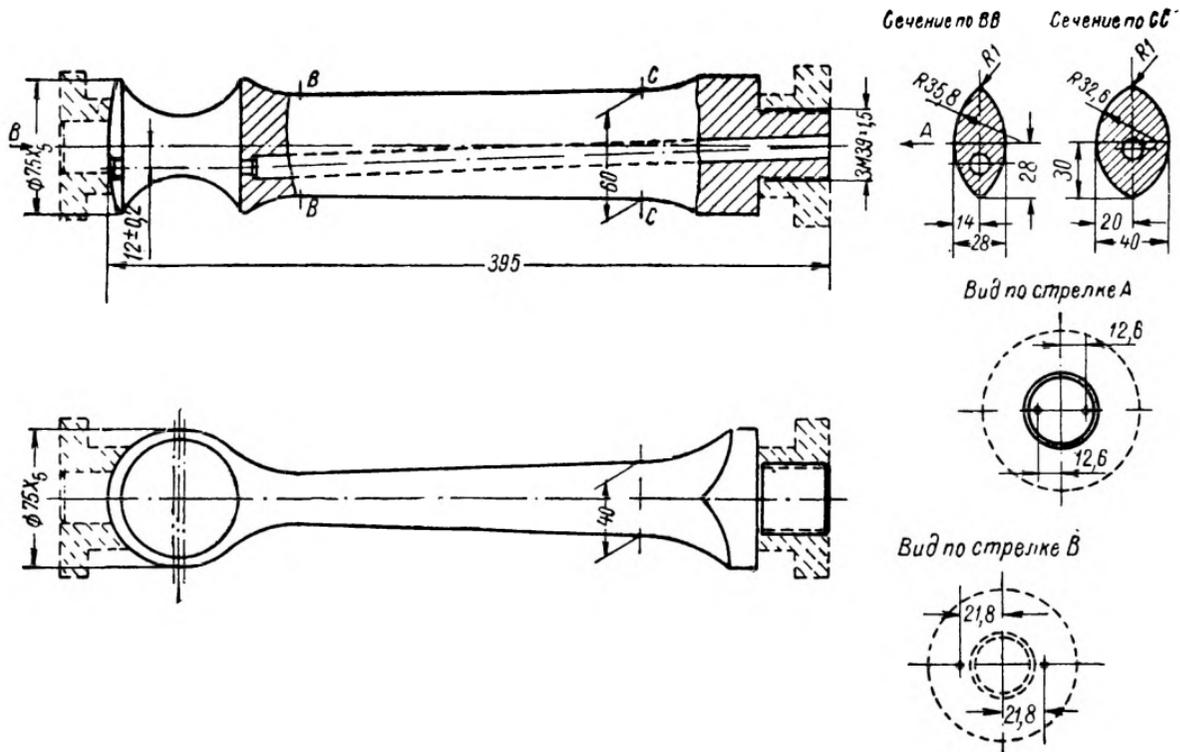


Рис. 153. Обработка детали сложного профиля на выносных центрах.

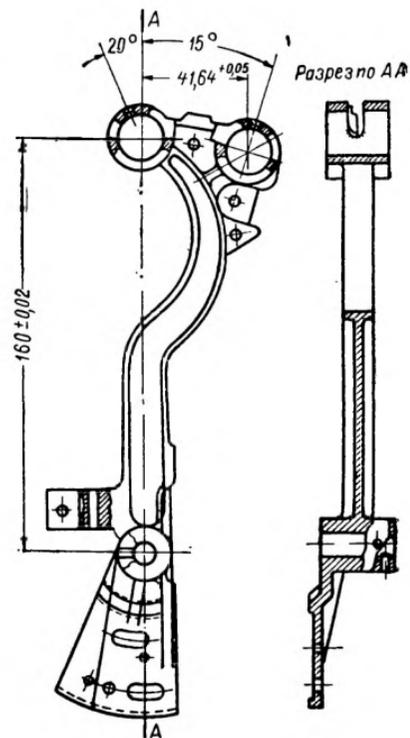
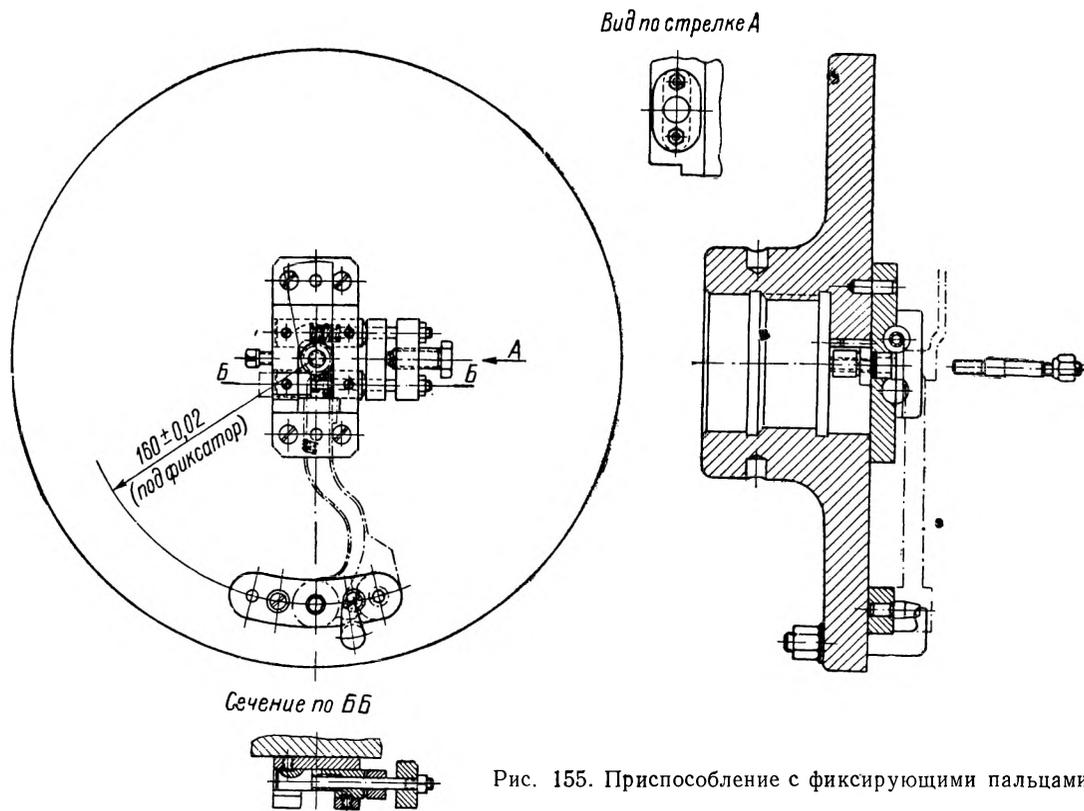


Рис. 154. Рычаг, обрабатываемый на приспособлении с фиксирующими пальцами.



(рис. 153), центровые отверстия которых растачиваются исходя из следующего расчета

$$D = d + z,$$

где D — диаметр отверстия диска;

d — диаметр чистовой обработки шейки вала или технологического прилива;

z — припуск на чистовую обработку.

На предварительно обработанные концы изделия устанавливают по одному диску. Положение каждого диска должно быть обязательно зафиксировано для предохранения от проворота. Затем намечают и засверливают на каждом торце диска два центра. Обработка детали производится за две установки: сначала в одних, а затем в других центрах.

При обработке деталей с эксцентричным расположением отверстий (рис. 154) можно рекомендовать приспособление типа планшайбы с фиксирующими пальцами (рис. 155). Координаты осей фиксирующих пальцев принимаются соответственно заданным в чертеже детали.

Иногда применяются сборные приспособления с фиксирующими пальцами или с фиксирующей планкой, как показано на рис. 156.

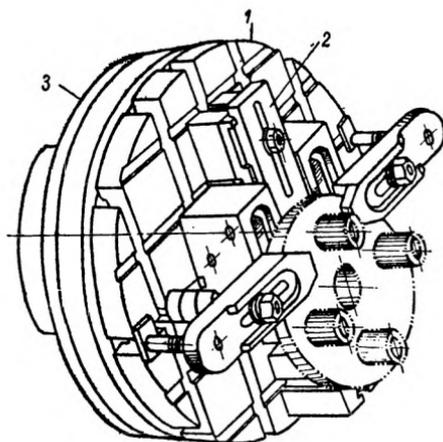


Рис. 156. Сборное приспособление с фиксирующими пальцами и планкой.

1 — базовая плита; 2 — кондукторная планка; 3 — переходная планшайба.

Обработка деталей класса крестовин, корпусов и рычагов

Детали с поверхностями вращения, между осями которых установлена определенная зависимость, называются многоосными. К ним относятся: эксцентриковые детали, крестовины, рычаги сложных профилей и некоторые корпуса с пересекающимися осями вращения.

Технология обработки этих деталей настолько разнообразна, что установить общий план операций для всех случаев не представляется возможным.

В первую очередь рекомендуется обработка базовых поверхностей, обработка поверхностей, расположенных под углом к базовым, и наконец, обработка отверстий, расстояния между осями которых ограничены соответствующими допусками, включая откры-

тые размеры, на которые распространяются допуски 7-го класса точности.

Обработка базовых поверхностей литых деталей большей частью производится на фрезерных станках. Для устранения погрешностей фрезерования вводится шабровка обработанных поверхностей. Иногда базовой поверхностью служат отверстие и опорная плоскость, расположенная перпендикулярно к оси отверстия.

Например, приводится корпус редуктора (рис. 157) с базами, отнесенными к основанию и двум боковым плоскостям с углом 90°

между ними. Обработка такой отливки предполагается от баз, установленных конструктором. Однако технологически целесообразным было бы принять за установочные базы отверстия для крепления корпуса редуктора на плите при сборке механизма, увязав их размеры с базовыми поверхностями, назначенными конструктором.

Идентичность размеров от базовых поверхностей до осей отверстий, расстояния между этими осями и центральным базовым отверстием достигается сверле-

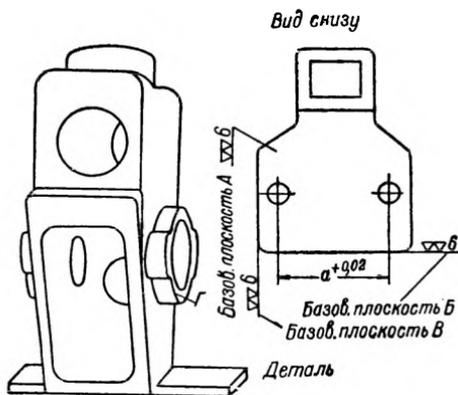


Рис. 157. Корпус редуктора.

нием и последующим развертыванием до размера по кондуктору со сменными втулками. Точность размеров при этом не выходит за пределы поля допуска 2-го класса точности. При размерах с допусками в пределах $\pm 0,2$ мм и выше обработка может быть выполнена по разметке, и в тех случаях, когда допуск на размер не превышает 0,1 мм, установка делается по концевым мерам длины или индикаторным устройствам, обеспечивающим точность отсчета 0,01 мм и выше. Это следует иметь в виду при обработке базовых поверхностей.

На рис. 158 показан план обработки корпуса редуктора.

Корпус клингета, изображенный на рис. 159, имеет центральное отверстие, являющееся основной базой, торцовая плоскость фланца — установочной базой, от этих баз ведется обработка отверстий патрубка, расположенного под углом к оси основного отверстия.

При обработке многоосных деталей используются базирующие поверхности, как, например: центровые отверстия, цилиндрические и конические шейки, расточенные отверстия и вспомогательные отверстия, сверленные через кондуктор, расстояние от осей которых до базовых поверхностей входит в размерную цепь с обусловленными отклонениями.

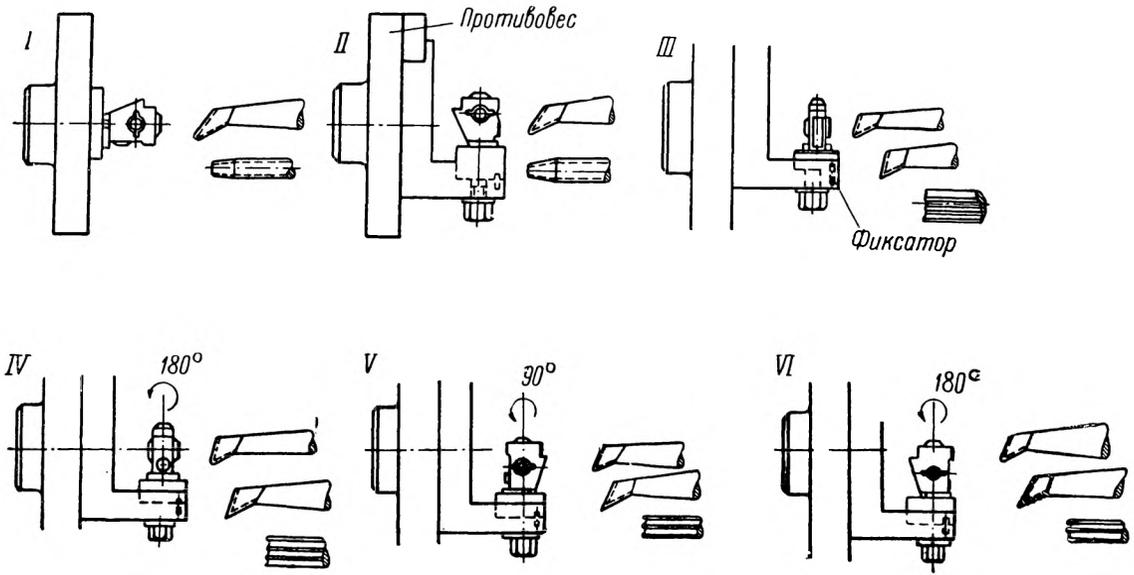


Рис. 158. План обработки корпуса редуктора.
I ÷ VI — переходы.

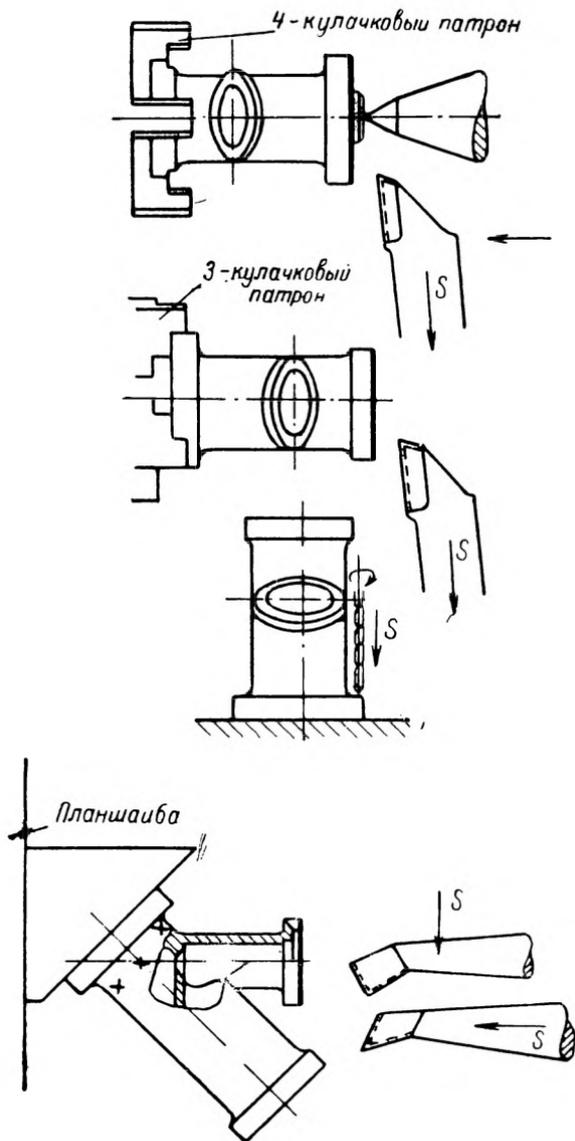


Рис. 159. План обработки корпуса клинкет.

При обработке деталей класса крестовин необходимо обеспечить соосность выступающих цапф в пределах $0,01$ мм и угол 90° по отношению к оси центрального отверстия $\pm 0^\circ 5'$. Схема токарных операций, относящихся к обработке этих элементов, изображена на рис. 160. Как видно из рисунка, цапфы, обточенные на центрах, образуют установочную базу, торец обточенного буртика и торцовая поверхность, относительно которой растачивается центральное отверстие, — опорную базу. Причем все установочные поверхности (что видно из чертежа детали) связаны между собой размерами с пределами допускаемых отклонений.

Таким образом, во всех случаях обработки многоосных деталей необходимо выбирать установочные и опорные базовые поверхности с таким расчетом, чтобы не нарушалась размерная цепь основных чертежных размеров с их допускаемыми отклонениями. В тех случаях, когда технологически выбирается базовая поверхность, не входящая в размерную цепь, установленную конструктором, эта поверхность устанавливается технологом с учетом допускаемого отклонения обрабатываемого параметра.

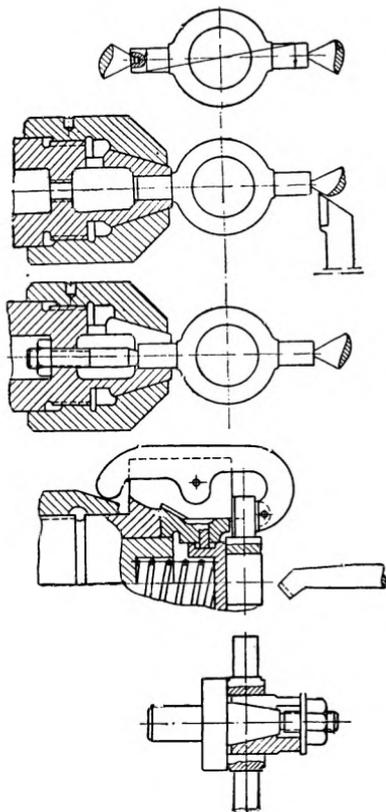


Рис. 160. План обработки крестовины с цапфами.

Приспособление для обработки деталей с перекрещивающимися осями

Обработка деталей с перекрещивающимися осями производится на угольниках, укрепленных одной плоскостью к планшайбе. Для уравнивания системы устанавливаются противовесы, обеспечивающие плавность работы станка.

Недостатком такой установки является невозможность обработки ряда отверстий с параллельными осями, расположенными в одной плоскости, с точно заданными координатами, без дополнительных вспомогательных приспособлений и настроек.

На рис. 161 показан универсальный угольник 1, обеспечивающий перемещение установочной плоскости в направлении двух взаимноперпендикулярных осей. Механизмом движения установочной плоскости

скости являются два винта 2, расположенные под углом 90° , и две гайки, не видимые на чертеже. Для отсчета величины смещения

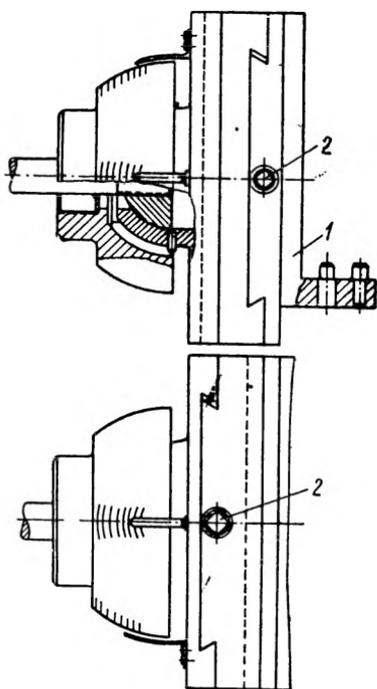


Рис. 161. Универсальный угольник для обработки поверхностей малых деталей.

имеет значительную длину, небольшую конусность и может быть выполнена сравнительно с невысокой точностью.

Недостатком этого способа является неправильная срабатываемость коронок центровых отверстий (рис. 162) и эллипсоидальность профиля поперечного сечения конуса. Это объясняется отклонением сечения обрабатываемого участка от сечения конуса на заданный угол. Сечение конуса в данном случае представится как проекция сечения обрабатываемого участка на плоскость, перпендикулярную оси конуса, или эллипс.

Обработка конической поверхности на токарном станке может быть выполнена при смещенном положении поворотного суппорта в том случае, когда длина конической поверхности незначительна и возможность обрабатывать вручную исключает необходимость включения автоматической подачи. Обработка конической поверхности поперечной подачей возможна, когда длина конической поверх-

подвижной части угольника имеют две шкалы с нониусами, цена деления которых равна $0,05$ мм. Для крепления обрабатываемого изделия служат четыре Т-образных паза, расположенные на установочных плоскостях, и отверстие для установки фиксирующих пальцев. С обратной стороны угольника находится выступ, входящий в выточку переходной планшайбы, центрирующей всю систему.

Обработка фигурных поверхностей

При обработке деталей, применяемых в точном приборостроении, приходится обрабатывать цилиндрические конические и даже сферические поверхности.

Конические поверхности могут быть обработаны на токарном станке при смещенном центре задней бабки, при смещенном поворотном суппорте на заданный угол, поперечной подачей и по копиру.

Обработка наружных конических поверхностей на токарном станке, при смещенном центре задней бабки, допускается в том случае, когда обрабатываемая деталь

ности сравнительно мала, точность заданных размеров незначительна и обработка широким резцом не вызывает колебательных движений (вибраций).

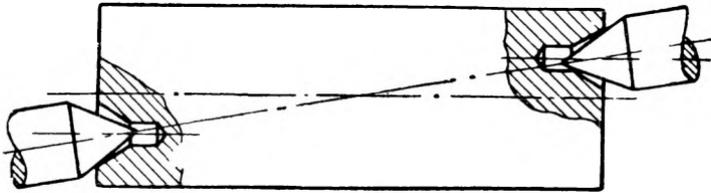


Рис. 162. Неправильная срабатываемость центровых отверстий.

Наиболее совершенным способом обработки конической поверхности и сферической с любым профилем является способ обработки поверхности по копиру, как показано на рис. 163. Копир *1* укрепляется на линейке, неподвижно установленной на станине станка *2*.

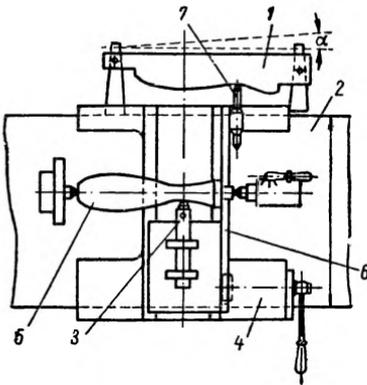


Рис. 163. Обработка фасонных поверхностей по копиру.

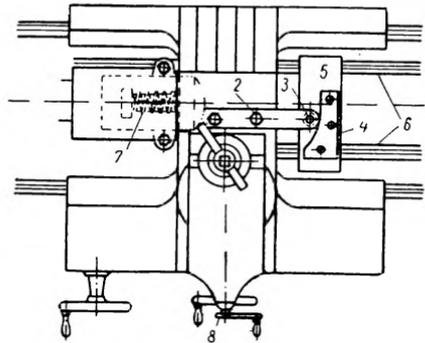


Рис. 164. Торцовая обработка сферических поверхностей по копиру.

Резец *3* при продольном передвижении каретки суппорта *4* перемещается в продольном и поперечном направлениях, приближаясь и удаляясь от оси вращения заготовки *5*. Механизм для поперечного перемещения резца состоит из копира *1*, закрепленного с линейкой на станине станка *2*, и рейки *6* с направляющим штифтом *7*, прикрепленной к поперечным салазкам суппорта. Направляющий штифт *7* скользит по профилю копира *1*, прижимаясь пружиной, вызывая при этом соответствующее перемещение резца *3* в поперечном направлении.

В тех случаях, когда приходится производить обработку торцовой сферической поверхности, рекомендуется применение простей-

шего копирного устройства, показанного на рис. 164. Его конструкция заключается в следующем. Нижний суппорт токарного станка 1 с закрепленной на нем планкой 2 несет на конце ее вращающийся ролик 3. При перемещении ролика по копиру 4 описывается профиль копира. Причем истинная кривая, соответствующая техническому

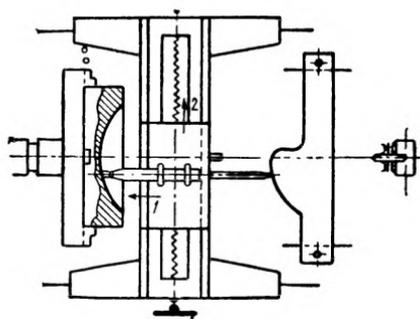


Рис. 165. Обработка торцовых фигурных поверхностей по копиру.

условию, описывается центром оси вращения ролика 3. Поэтому при конструировании профиля копира надо исходить из расчета истинной кривой, отстоящей от кривой копира на величину радиуса вращения ролика. Для установки копира служит плита 5, закрепленная на направляющих станины токарного станка 6. Нажатие ролика на копира происходит пружиной 7, действующей через каретку суппорта 1 и планку 2, оснащенную роликом 3. Поперечная

подача в этом случае совмещает два одновременных движения — поперечное от маховика 8 и продольное от пружины 7. Сочетание этих двух движений при наличии копирного устройства обеспечивает профильную обработку торцовой поверхности. Для обработки торцовых фигурных поверхностей широко применяют копирное устройство, показанное на рис. 165, позволяющее перемещать резец в прямоугольных координатах, как это показано стрелками 1 и 2. Конструкция этого устройства состоит из подставки, копира, ролика или иглы, скользящей по копируемой поверхности. При конструировании копира не следует допускать резких переходов и острых углов при сопряжении сторон. Расчетной кривой служит эквидистантная линия, описываемая центром ролика, в то время как истинная кривая копира в любой точке касания определится, исходя из следующей зависимости

$$h = H - r,$$

где h — расстояние любой точки копира от базовой поверхности;
 H — расстояние между центром ролика и базовой поверхностью в любой точке касания;
 r — радиус ролика.

Обработка деталей протягиванием или прошиванием

Чистовая обработка отверстия с точными размерами может быть выполнена протягиванием или прошиванием, тонким растачиванием, продавливанием специальными выглаживающими протяжками или мерными шариками. Наряду с развитием техники чистовой

обработки отверстий появилось стремление замены развертывания протягиванием или продавливанием. Это может быть эффективным в том случае, когда деталь с достаточно толстыми стенками и в процессе протягивания получит сравнительно незначительные изменения. Важно, чтобы детали, подлежащие протягиванию, имели расположение торцовых поверхностей перпендикулярно к оси отверстия. Тогда торцовые поверхности используются как опорные и направление действующих сил обеспечит перпендикулярность оси вращения, согласно поставленным условиям.

На точность отверстия оказывает также влияние однородность обрабатываемого материала. При его неоднородности могут возник-

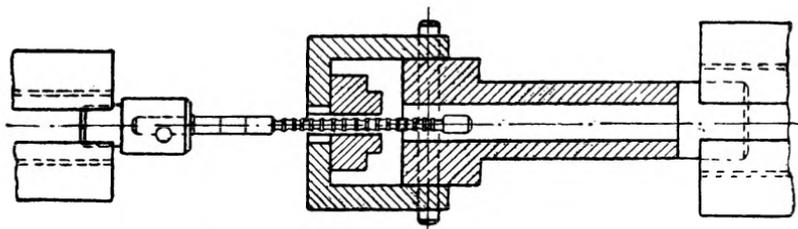


Рис. 166. Схема протягивания отверстия заготовки.

нут зональные упругие напряжения, вследствие чего обработанное отверстие получится неточным в размерном и геометрическом отношении. Тонкостенные детали, которые не имеют выступов и впадин, рекомендуется обрабатывать в специально подогнанных оправках, которые исключают часть упругих напряжений, обеспечивают точность размеров в пределах допускаемых отклонений и геометрическую форму обработанного отверстия. Схема протяжной операции показана на рис. 166.

Для протягивания отверстий малого размера делают протяжки,¹ исходя из прочности на разрыв. Шаг между режущими зубьями выбирается из расчета одновременной работы трех зубьев. Шаг между калибрующими зубьями выбирается меньшим, чем между режущими, что обеспечивает плавность работы и повышенную чистоту обработки. Подачу на зуб протяжки рекомендуется брать 0,015 мм для $\varnothing 6-9$ мм и 0,02 мм для протяжки $\varnothing 10-12$ мм. Меньшая подача ухудшает условия резания, оставляет после прохода режущего зубца значительный наклеп, влияющий на работу и стойкость каждого последующего зубца.

При выборе размера калибрующих зубцов рекомендуется учитывать величину усадки отверстия, которая зависит главным

Канд. техн. наук Шнейдер Ю. Г., Исследование работы протяжек малого диаметра, Труды Ленинградской научно-производственной технологической конференции, Машгиз, 1951.

образом от рода и состояния обрабатываемого материала, толщины снимаемой стружки, скорости резания и степени затупления режущих кромок. Скорость резания в пределах 0,25—1,1 м/мин не оказывает влияния на усадку отверстия. При повышении скорости резания наблюдается увеличение размеров отверстия.

Номинальный размер калибрующих зубцов для стали 35 и стали 50 рекомендуется делать по верхнему размеру отверстия, сужая поле допуска на изготовление до 0,003 мм.

Оптимальная скорость резания, обеспечивающая чистоту обработки отверстия и стойкость режущих кромок, допускается: для

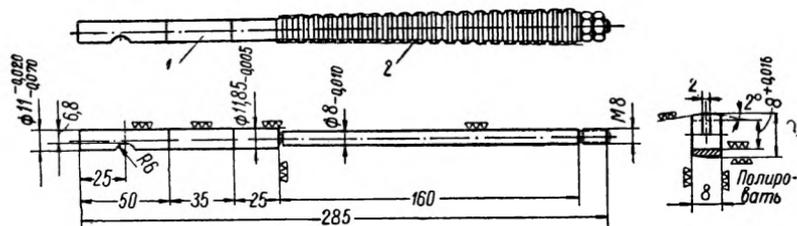


Рис. 167. Наборная выглаживающая протяжка.

стали $v = 0,4 \div 0,6$ м/мин; для латуни и дуралюминия $v = 3 \div 4$ м/мин.

Чистота обработки поверхности, достигаемая при протягивании отверстия, в стали не выше 7—8-го класса, дуралюминия 8-го класса и латуни 8—9-го класса. Чистота поверхности в направлении оси отверстия во всех случаях на один класс выше окружной.

Новейшей конструкцией протяжного инструмента является так называемая «выглаживающая протяжка» (рис. 167). Она состоит из оправки 1 с набором колец 2, изготовленных по размерам, приведенным в табл. 32. Наборные кольца (комплект 20 шт.) насажи-

Таблица 32

№ втулки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наружный диаметр D	11,86	11,87	11,88	11,89	11,90	11,91	11,92	11,93	11,94	11,95

Продолжение

№ втулки	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Наружный диаметр D	11,96	11,97	11,98	11,99	12,00	12,01	12,02	12,02	12,02	12,02

ваются на оправку с возрастанием размера в направлении схода. Перепад размера от одного кольца к другому достигает 0,01 мм. Увеличение размера отверстия за один проход протяжки составляет 0,1 мм. Износ выглаживающих колец компенсируется новыми кольцами из данного набора, которых обычно содержится в комплекте 25—30 шт. для каждого номинального размера.

Выглаживающие протяжки рекомендуется применять после расточки или развертывания отверстия.

Чистота обработки внутренней поверхности после протягивания достигается $\nabla\nabla\nabla 9$ — $\nabla\nabla\nabla\nabla 10$. Точность размера может быть получена в пределах 1—2-го класса.

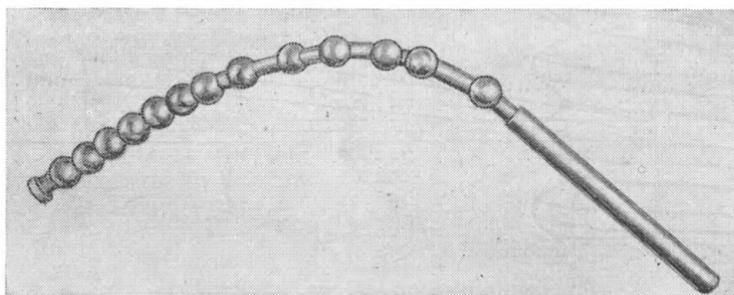


Рис. 168. Шариковая наборная протяжка конструкции канд. техн. наук Ю. Г. Шнейдера.

Аналогичные условия обработки внутренней поверхности достигаются при работе шариковой наборной протяжки, показанной на рис. 168.

Шариковая протяжка собирается из мерных шариков с отверстием, сделанным электроискровым методом. Отверстия для насадки шариков выполняются большего размера, чем тросик, что дает возможность компенсировать возможную несоосность осей отверстия шарика и отверстия детали.

Отличительной особенностью шариковой наборной протяжки является возможность обработки отверстий с прямолинейной и криволинейной осями. Стоимость изготовления этой протяжки значительно ниже роликовой.

Нарезание винтовой резьбы

Понятие о винтовой линии. Одним из сложных движений материальной точки в пространстве есть движение по винтовой линии.

Винтовая линия может быть представлена как сложное движение материальной точки относительно воображаемого враща-

среднего диаметра нарезаемой резьбы $d_{\text{ср}}$, который равен полу-
сумме наружного и внутреннего диаметров, т. е.

$$d_{\text{ср}} = \frac{d_{\text{нар}} + d_{\text{вн}}}{2}.$$

Из всех фасонных поверхностей, обрабатываемых на токарных станках, винтовые поверхности являются наиболее сложными.

Изучению процесса обработки винтовых поверхностей посвящено много времени и труда, в результате имеется ряд хорошо изученных методов нарезания винтовых резьб с различными профилями и другими параметрами, влияющими на процесс резания.

Исходными данными при назначении резьбы служат принимаемая конструктором экономическая точность (по общесоюзным стандартам: для метрической резьбы ОСТ 1251—1256, для трапецидальной резьбы $\frac{\text{ОСТ}}{\text{ВКС}} 7714$) и прочность, удовлетворяющая техническим условиям.

Проверка на прочность производится по известным формулам. При растяжении болта

$$p = \frac{\pi d_1^2}{4} R_z,$$

где p — сила, действующая на растяжение, кг;

d_1 — внутренний диаметр резьбы, см;

R_z — допускаемое напряжение на растяжение; для стали 30

$R_z = 750 \div 1000 \text{ кг/см}^2$, для легированной стали $R_z =$
 $= 1000 \div 2500 \text{ кг/см}^2$.

Нарезание винтовой резьбы с малым углом подъема. Нарезание точной винтовой резьбы на деталях счетного или передаточного механизма связано с точностью размерных величин: шага резьбы, угла профиля и ряда других элементов, влияющих на размеры параметров резьбы.

Получение точного шага нарезаемой резьбы на токарном станке — явление случайное. Отклонение шага резьбы ходового винта отражается на шаге нарезаемой резьбы детали. Чем меньше шаг нарезаемой резьбы, тем больше при этом относительная погрешность его шага.

Наиболее ответственные детали с точной винтовой резьбой выполняются на специальных прецизионных винторезных токарных станках.

На рис. 170 показана схема токарного станка с коррекционной линейкой, построенной соответственно погрешностям шага ходового винта. Корректирование шага ходового винта корректирующим устройством происходит следующим образом: маточная гайка 1, оснащенная хвостовиком, перемещается вдоль оси ходового винта 2 с заданной скоростью, в то время как хвостовая часть гайки скользит по корректирующей кривой линейки 3. В результате совмещен-

ного движения хвостовой части гайки в направлении и перпендикулярно оси ходового винта получаем корректирующее опережение или отставание каретки суппорта с резцедержателем 4, компенсирующее погрешности шага ходового винта. Температурную поправку на шаг резьбы можно получить наклоном корректирующей линейки 3.

Существенное влияние на профиль нарезаемой резьбы оказывает выбор и установка режущего инструмента. Наиболее точный профиль и чистота обработки могут быть получены при нарезании резьбы обычным профильным дисковым резцом с передним углом $\gamma = 0$. Но так как в этом случае исключается свободное резание

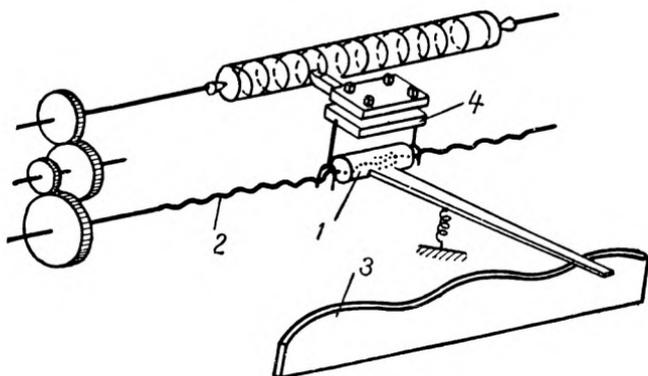


Рис. 170. Схема корректирующего устройства прецизионного токарного станка.

и возможна вероятность заклинивания резца, влекущая за собой надирь на образующих профиля, то эти условия обработки приемлемы только при низких режимах резания и при чистовом нарезании резьбы.

Для нарезания точной резьбы на повышенных режимах резания рекомендуется сперва производить черновую обработку профиля резцами с углом профиля ниже номинального на $3-4^\circ$ и заточкой передней грани под углом $\gamma = 5 \div 25^\circ$, после чего производится зачистка сторон профиля резцом с заданным углом профиля и $\gamma = 0$. Величина переднего угла при черновом нарезании резьбы выбирается в зависимости от рода обрабатываемого материала.

При черновом нарезании резьбы рекомендуется схема генераторного резания (рис. 171) либо профильно-генераторная, а для чистового резания — профильная. В первом случае поворотный суппорт станка устанавливается на угол, равный половине угла профиля от перпендикуляра к оси вращения, либо на $3-4^\circ$ меньше номинального, а во втором случае суппорт станка находится в положении нуль деления поворотного лимба. Задние углы резца α_1

и σ_2 выбираются в зависимости от угла подъема нарезаемой резьбы. При $\psi \leq 4^\circ$ они делаются в пределах $3-5^\circ$

При черновом нарезании резьбы на высоких скоростях резания соответственно приведенным схемам иногда применяют резцы с напаянными пластинками твердого сплава Т15К6. Скорость резания на стали 45 в этом случае может быть достигнута $v = 200-240$ м/мин.

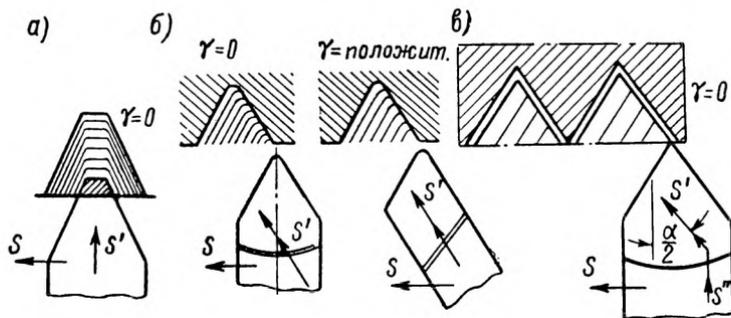


Рис. 171. Схемы нарезания резьбы:

а — профильная; б — генераторная; в — профильно-генераторная.

Весьма существенное влияние на чистоту обработки профиля, точность нарезаемой резьбы и прочностную стойкость режущего инструмента оказывает приведенная конструкция схода резьбы (рис. 172). Она применяется (рис. 172, а и б) на неотчетливых

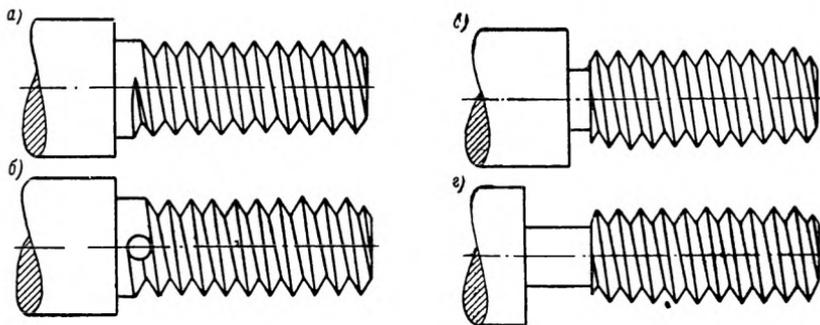


Рис. 172. Конструкции схода резьбы по окончании нарезки.

нарезках и требует большого напряжения рабочего при нарезании резьбы, иногда даже вызывает необходимость ручной доводки резца до участка схода. Вторые два вида (рис. 172, в и г) являются более конструктивными, не требуют такой напряженности, допускают возможность нарезания резьбы на повышенных скоростях резания, не снижают прочностной характеристики винта, особенно если пре-

дусмотрены скругления на углах обточенной части или канавки для выхода резца.

Время, затрачиваемое на обработку винтовой поверхности, включает в себя и время холостого хода каретки суппорта, возвращающейся к исходному положению после каждого перехода.

При нарезании резьбы малого диаметра на незначительной длине выгодным является возвращение резца к исходному положению посредством обратного хода шпинделя станка или обратным вращением ходового винта при включении особого реверсивного механизма.

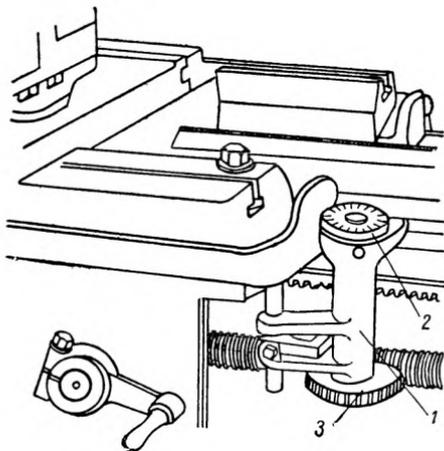


Рис. 173. Устройство со счетным указателем.

При больших диаметрах нарезаемой резьбы и больших длинах следует отдать предпочтение ручному способу возвращения резца к исходному положению. При этом, однако, не следует забывать, что включение маточной гайки станка на любом месте ходового винта допустимо лишь в том случае, когда шаг нарезаемой резьбы является равным или кратным шагу ходового винта. Для нарезок, шаг которых не является равным или кратным шагу ходового винта, надо перед включением маточной гайки привести

шпиндель станка, ходовой винт и каретку суппорта к исходному положению, предварительно отметить исходное положение шпинделя, винта и каретки суппорта мелом, после чего можно включать маточную гайку. По окончании одного прохода каретка суппорта отводится вручную в исходное положение, шпиндель станка и ходовой винт вращаются вхолостую до тех пор, пока не займут положения, отмеченного при настройке, после чего снова включается маточная гайка.

Для облегчения попадания в нитку ходового винта, нарезаемого с первоначальным включением маточной гайки, и совпадения шага служит специальный указатель, показанный на рис. 173. Вертикальный валик 1 указателя, расположенный на передней стороне каретки суппорта, имеет на верхнем конце циферблат 2 с делениями, а на нижнем — червячное колесо 3, находящееся в зацеплении с ходовым винтом. Число зубьев червячного колеса делается кратным числу витков ходового винта, приходящихся на 1" (при дюймовой резьбе ходового винта), или кратным шагу резьбы ходового винта (при миллиметровой резьбе ходового винта). Их численные соотношения могут быть определены по формулам:

при дюймовой резьбе ходового винта

$$z = nn',$$

при миллиметровой резьбе ходового винта

$$z = nS',$$

где n — число делений циферблата;

n' — число ниток ходового винта на 1";

S' — шаг ходового винта, мм.

Циферблат обычно имеет столько делений, сколько получается при делении числа зубьев червячного колеса на число ниток винта, приходящихся на 1" или на шаг ходового винта.

Попадание в нитку нарезаемой резьбы при помощи указателя производится следующим образом.

При первом проходе резца положение деления циферблата относительно индекса, при котором произведено первое включение гайки, запоминается с достаточной точностью, чтобы при следующем включении гайки можно было бы обеспечить попадание в нитку нарезаемого винта. По окончании каждого последующего прохода гайка выключается, станок продолжает работать, работает и механизм указателя. Суппорт отводится в исходное положение вручную. При подходе замеченного деления к индексу указателя гайка включается снова, и так продолжается до полного окончания нарезки резьбы.

Нарезание винтовой резьбы с большим углом подъема. Трудности, возникающие при нарезании винтовой резьбы с большим углом подъема, делятся на трудности, вызванные направлением резания, и трудности, связанные с установкой режущего инструмента, геометрией заточки и невозможностью проверки отдельных элементов резьбы. Существенное влияние на процесс резания оказывают задние углы режущего инструмента α_1 и α_2 , передний угол γ и направление передней грани резца в зависимости от угла подъема нарезаемой резьбы. В большинстве случаев при нарезании винтовой резьбы с большим углом подъема можно видеть установку резца в направлении хода резьбы a , как показано на рис. 174. Это объясняется выгодным условием резания, за исключением некоторой криволинейности образующих профиля в диаметральном сечении, которой практически из-за малой величины пренебрегают. При горизонтальном направлении передней грани b условия резания значительно снижаются. Если режущая кромка со стороны захода резьбы имеет благоприятные условия резания, за исключением прочностной стойкости, то вторая

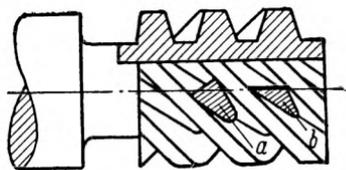


Рис. 174. Положение задних углов в зависимости от установки резца.

как показано на рис. 174. Это объясняется выгодным условием резания, за исключением некоторой криволинейности образующих профиля в диаметральном сечении, которой практически из-за малой величины пренебрегают. При горизонтальном направлении передней грани b условия резания значительно снижаются. Если режущая кромка со стороны захода резьбы имеет благоприятные условия резания, за исключением прочностной стойкости, то вторая

режущая кромка, находясь в худших условиях, претерпевает значительное сопротивление резанию, что приводит к отжиму кромки и искажению нарезаемого профиля под углом $\Delta\varphi$, как показано на рис. 175.

Повышение производительности при нарезании винтовой резьбы с большим углом подъема может быть достигнуто совмещенной работой двух резцов (рис. 176). Резцы в этом случае устанавливают в специальную державку. Расстояние между осями их профилей выдерживается равным шагу или двум шагам нарезаемой резьбы.

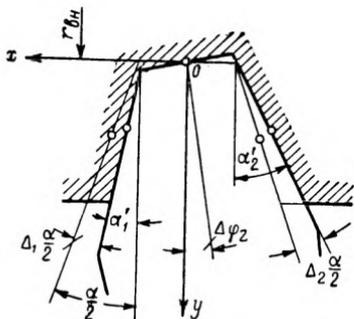


Рис. 175. Искажение профиля резьбы в зависимости от степени отжима резца.

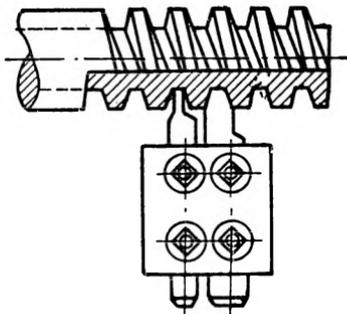


Рис. 176. Нарезание трапецидальной резьбы двумя резцами.

Первый резец прорезает со стороны захода канавку, равную ширине впадины резьбы, второй обрабатывает образующие профиля. Угол наклона передних граней резцов устанавливают равным углу подъема нарезаемой резьбы. Передний угол прорезного профилирующего резца выбирается в зависимости от рода обрабатываемого материала. Компенсация отклонения профиля нарезаемой резьбы от заданного осуществляется коррегированием профиля резца, которое задается при изготовлении.

Аналитический метод определения профиля дискового резца по И. И. Семенченко приводится на рис. 177.

Вводим следующие обозначения:

- R — радиус наружного диаметра изделия;
- r — радиус внутреннего диаметра изделия;
- α — задний угол резца;
- γ — передний угол резца;
- R_p — наибольший радиус резца;
- r_p — наименьший радиус резца.

Максимальный радиус резца выбирается по ведомственной нормали.

Наименьший радиус реза получается из следующего вывода.

Из $\triangle LDK$

$$KL = DL \sin \psi = R_p \sin \psi;$$

$$KD = DL \cos \psi = R_p \cos \psi;$$

$$KB = KD - BD;$$

$$KB = R_p \cos \psi - (R \cos \theta - r \cos \gamma);$$

$$r_p = \sqrt{(KL)^2 + (KB)^2},$$

или

$$r_p = \sqrt{(R_p \sin \psi)^2 + (R_p \cos \psi - R \cos \theta + r \cos \gamma)^2}.$$

Если требуется найти угол профиля дискового реза при заданных условиях переднего угла γ , заднего α , наибольшего и наимень-

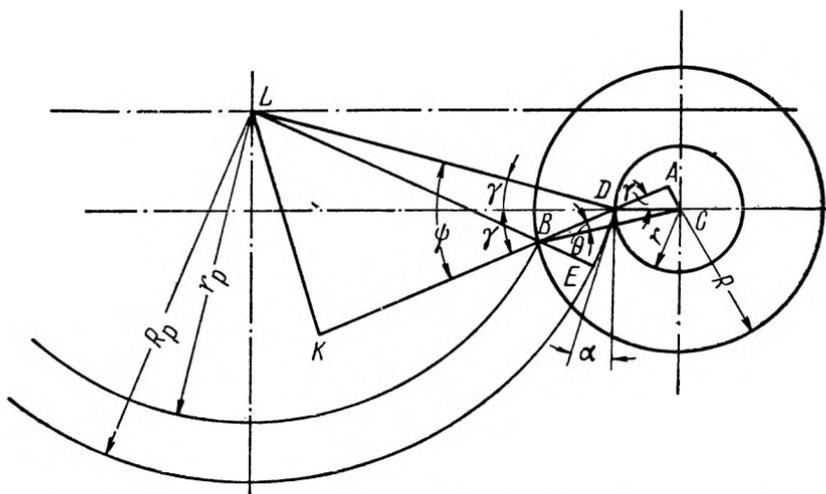


Рис. 177. Корректирование профиля дискового резьбового реза.

шего радиусов R_p и r_p , делают соответствующее вычисление, исходя из полученных данных

$$BE = DL - BL = R_p - \sqrt{(R_p \sin \psi)^2 + (R_p \cos \psi - R \cos \theta + r \cos \gamma)^2}.$$

Задаваясь шагом S нарезаемой резьбы, находим $1/2$ угла профиля реза по формуле

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{S}{2 \left[R_p - \sqrt{(R_p \sin \psi)^2 + (R_p \cos \psi - R \cos \theta + 2 \cos \gamma)^2} \right]}.$$

Нарезание многоходовой винтовой резьбы. При нарезании многоходовой винтовой резьбы необходимо при

переходе с одного хода резьбы на другой поворачивать заготовку на часть окружности, соответствующую числу заходов нарезаемой резьбы. Существующие методы деления окружности на равные части либо обладают значительной сложностью, либо при своей простоте не дают уверенности в получении точных результатов.

Наиболее точным методом деления окружности на равные части является способ перестановки обрабатываемой заготовки посред-

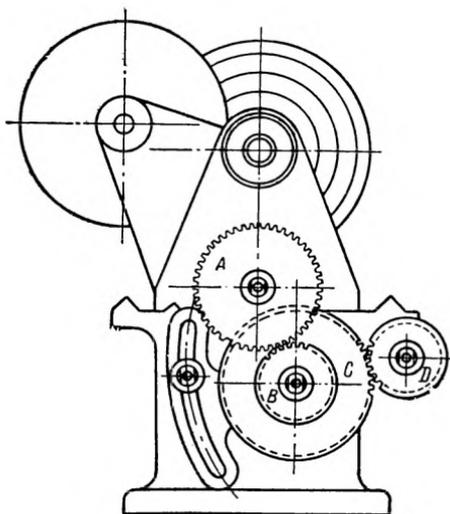


Рис. 178. Настройка станка при нарезании многоходовой резьбы.

ством сменных колес. Для этой цели отмечают меловой чертой или риску, прочерченной на зубчатом венце ведущего колеса *A* и ведомого колеса *B* (рис. 178), сопряжение зубца одного колеса со впадиной другого, после чего выводят из зацепления колесо *A*. Не отводя гитары, поворачивают шпиндель станка до совпадения следующей риски колеса *A* с риской ведомого колеса *B*. При этом необходимо выбрать число зубцов колеса *A* так, чтобы оно делилось без остатка на заданное число ходов нарезаемой резьбы. В тех случаях, когда колесо *A* вращается от шпинделя с передачей 1—2, тогда при двухходовой нарезке необходим полный оборот колеса *A*, при трехходовой два-три оборота и т. д.

При серийном или массовом производстве однотипных деталей этот метод, несмотря на значительную точность деления, заменяется более производительным. При этом применяются поводковые патроны с делительным лимбом и нониусом (рис. 179), посредством которых возможен частичный поворот обрабатываемой заготовки без вращения шпинделя. Однако применение таких патронов, несмотря на их простоту, не обеспечивает точности деления. Незначительный сдвиг установки при закреплении изменяет расстояние между двумя смежными витками, в результате чего точность многоходового винтового сопряжения будет нарушена.

При черновой обработке многоходовых винтовых резьб применяют установку двух резцов на расстоянии шага (рис. 180).

Для чистовой нарезки многоходовой резьбы лучшие результаты дает специальная гребенка с углом подъема винтовой резьбы, равной или близко стоящей к углу подъема нарезаемой.

Иногда применяется дополнительный диск, устанавливаемый

в выточку поводкового патрона с отверстиями, проведенными на координатно-расточном станке. Число отверстий соответствует числу заходов нарезаемой резьбы, а каждое последующее деление нарезаемого винта будет произведено перестановкой поводкового штифта в следующее отверстие делительного диска. Точность деления, достигаемая этим методом, по ходу винта $0,01$ мм, по шагу резьбы $0,005$ мм.

Приводим простейший метод деления, применяемый на одном из металлообрабатывающих заводов (рис. 181). Принцип деления этим методом заключается в точном отсчете величины перемещения резца индикатором 3. Точность отсчета достигается в пределах $0,01$ мм. Порядок последовательности перехо-

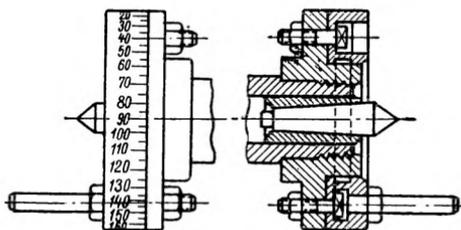


Рис. 179. Поводковый патрон с делительным устройством.

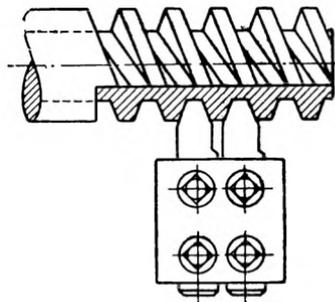


Рис. 180. Двухрезцовая на-
стройка при нарезании двух-
заходной резьбы.

дов устанавливается следующий. После полного прорезания одного захода нарезаемого винта 1 верхний суппорт 2 переводится в новое положение с отсчетом требуемой величины перемещения. Если расстояние между любыми двумя витками обусловлено повышенной точностью, то вместо индикатора 3 с ценой деления $0,01$ мм следует пользоваться индикатором повышенной точности $0,001$ мм.

При нарезании многоходовой резьбы с большим углом подъема надо иметь в виду, что изменяется характер резания от точения до строгания, при котором возрастают осевые усилия и крутящие моменты ходового винта. Иногда возрастание последних является причиной поломки механизма подач. Чтобы предупредить возможность поломки механизма, можно рекомендовать использование ходового винта как привода главного рабочего движения (рис. 182). Для этого передачу движения винта 1 производить от мотора через пару шестерен 2 и 3, шкивы 4 и 5 и далее к системе шестерен коробки подач 6. Если расположение винта не допускает установки шкива 5, то его размещают с правой стороны станка.

Нарезание конической винтовой резьбы. Конические винтовые резьбы в отличие от цилиндрических имеют два вида расположения профиля: расположение профиля резьбы перпендикулярно оси конуса (рис. 183, а) и реже встречаемое

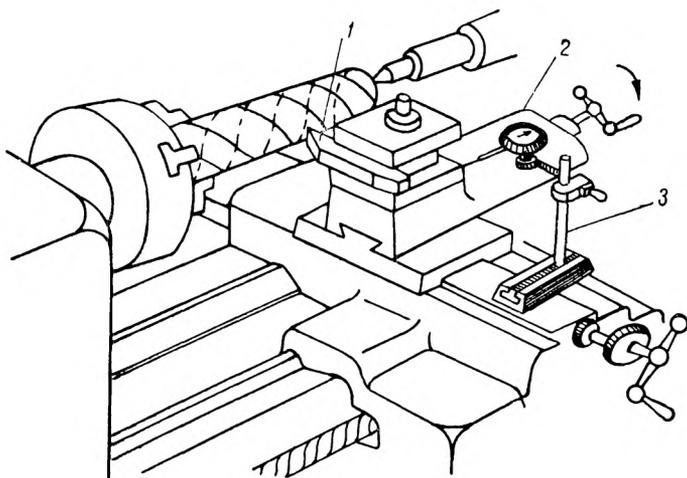


Рис. 181 Деление многоходовой резьбы при помощи индикатора.

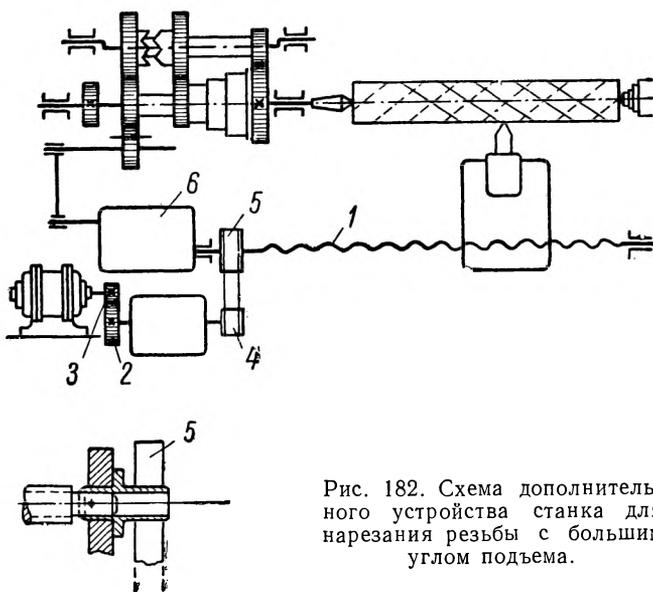


Рис. 182. Схема дополнительного устройства станка для нарезания резьбы с большим углом подъема.

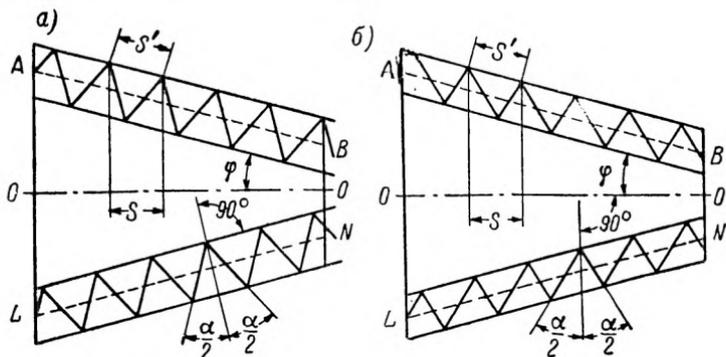


Рис. 183. Основные параметры конической резьбы.

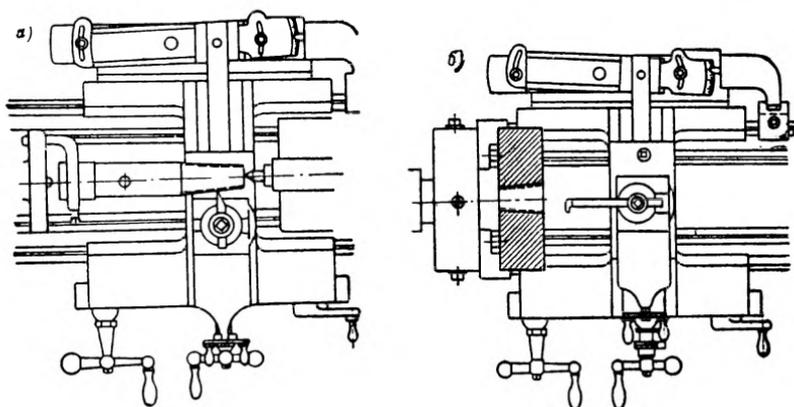


Рис. 184. Нарезание конической резьбы.

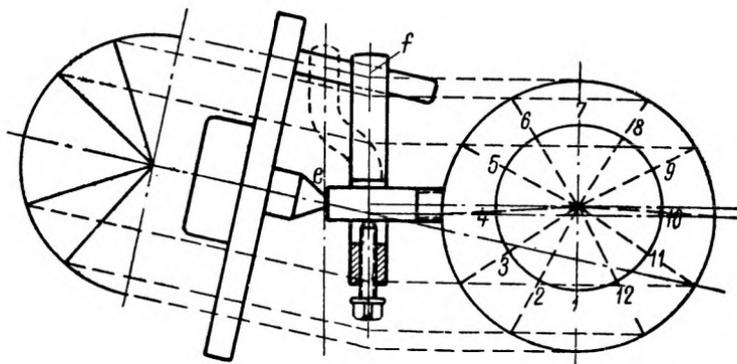


Рис. 185. Погрешности, возникающие при нарезании конической резьбы при смещенной задней бабке.

расположение профиля перпендикулярно образующей конуса (рис. 183, б). Шаг резьбы независимо от расположения профиля измеряется в направлении оси конуса.

Точная наружная (рис. 184, а) и внутренняя (рис. 184, б) коническая винтовая резьба может быть получена на станке, оснащённом специальным копирным устройством. Резец в этом случае устанавливается перпендикулярно оси конуса. Но так как не все станки имеют копирные устройства, то применяется способ смещения центра задней бабки на величину

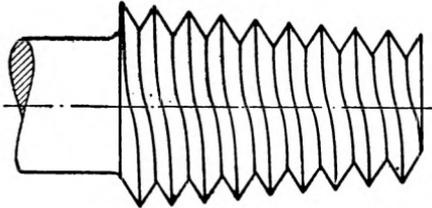


Рис. 186. «Пьяная» резьба.

$$a = \frac{D - d}{2},$$

где a — величина смещения;
 D — наибольший диаметр основания конуса;
 d — наименьший диаметр основания конуса.

Резец в этом случае устанавливают также перпендикулярно оси конуса. Но так как ось конуса отклонена от оси вращения шпинделя на угол φ , равный половине угла конуса, то и резец отклоняют от нормального положения на эту же величину, с расчетом, чтобы при совмещении оси конуса с осью вращения шпинделя расположение профиля резьбы было бы перпендикулярно оси конуса. Применяя этот способ нарезания винтовой резьбы, необходимо при подборе сменных колес исходить из расчета

$$S = S_1 \cos \varphi,$$

где S — шаг резьбы в направлении оси конуса;
 S_1 — шаг резьбы в направлении образующей конуса;
 φ — половина угла конуса.

Основным недостатком этого способа является то, что в процессе нарезания конической резьбы точка прижима хомутиком заготовки по отношению плоскости поводкового патрона описывает не круг, как следовало бы ожидать, а эллипс (рис. 185), вследствие чего при равномерном вращении шпинделя станка заготовка получает попеременно ускоренное и замедленное движение. Неравномерность движения заготовки по отношению к равномерному поступательному движению суппорта служит причиной появления перегибов винтовой линии. В производственных условиях эти перегибы называют «пьяной» резьбой (рис. 186). Величина перегибов становится тем большей, чем дальше удалена точка прижима f от торцевой поверхности заготовки.

О вихревом методе нарезания резьбы. На ряде промышленных металлообрабатывающих предприятий применяется метод вихревого нарезания резьбы вращающимися от элект-

тродвигателя резами, установленными в специальное приспособление (рис. 187). При этом методе значительно сокращается машинное время обработки, повышается качество нарезаемой резьбы, упрощается обслуживание станка, снижается время, затрачиваемое на промер и взятие пробных стружек.

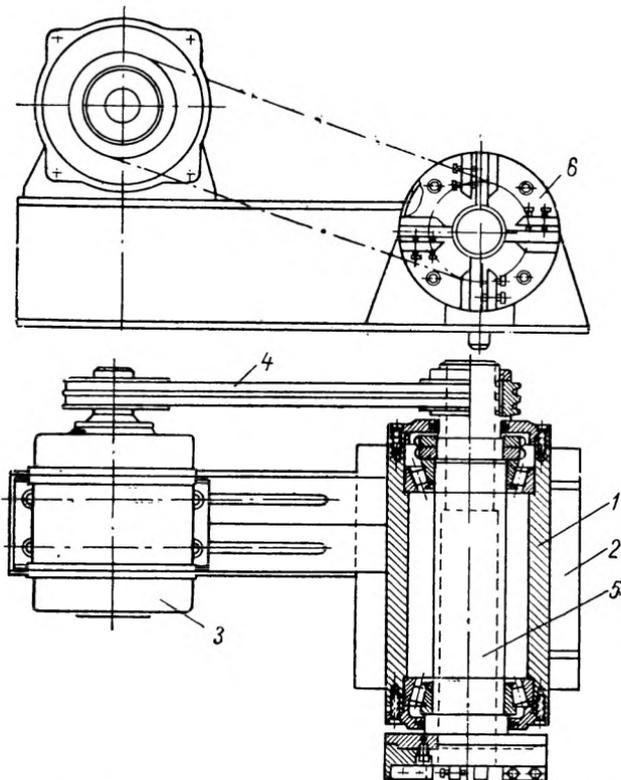


Рис. 187. Приспособление для вихревого нарезания резьбы.

Вихревой метод нарезания наружной резьбы¹ выполняется посредством многолезвовой настройки, внутренней — многолезвийного инструмента, вращательное движение которых происходит при несоосном расположении осей инструмента и детали.

На рис. 187 показано приспособление для вихревого нарезания наружной резьбы. Головка 1 приспособления установлена на плите 2, смонтированной на суппорте токарного станка. Вращательное движение оси головки осуществляется электродвигателем 3 посредством двух клинообразных ремней 4. Ось головки 5 с резцедержателем 6

¹ Материал заимствован из статьи М. Г. Умнятного, «Вихревой метод нарезания резьбы с крупным шагом», Машгиз, 1953.

вращается со скоростью 1000—3000 об/мин. При продольном перемещении салазок суппорта головка приспособления получает подачу, равную шагу нарезаемой резьбы за один оборот детали. Ось вращения головки приспособления располагают несоосно по отношению к оси вращения нарезаемой детали, благодаря чему

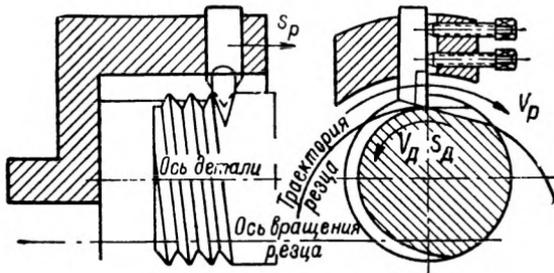


Рис. 188. Схема вихревого нарезания наружной резьбы.

S_p — подача резца; v_p — скорость резца; S_d — подача детали; v_d — скорость детали.

резцы, образующие впадину резьбы, врезаются в тело обрабатываемого материала лишь на небольшом участке своего пути (рис. 188), снимая тончайшую стружку в виде запытой. Несмотря на прерывистое резание и переменный характер действующих сил, практически находят целесообразным применение высокопроизводительных резцов с напаянными пластинками твердого сплава Т15К6.

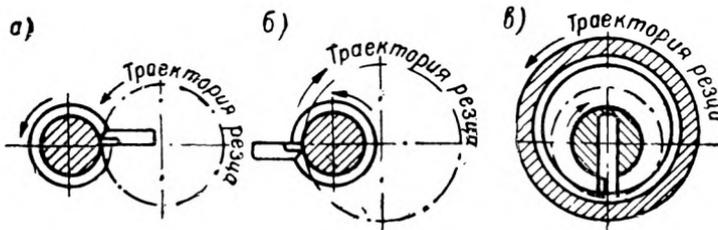


Рис. 189. Способы обработки при вихревом нарезании резьбы.

При этом прерывистая работа резцом производится при средней скорости резания $v = 350 \div 400$ м/мин без специального охлаждения.

Нарезание резьбы производится за один проход на полный профиль. Вихревой метод нарезания резьбы распространяется на внешнее (рис. 189, а, б) и внутреннее (рис. 189, в) касание обрабатываемой поверхности режущими кромками. При внешнем касании

направление вращения детали совпадает с вращением многолезвовой головки; при внутреннем — вращение многолезвовой головки и детали не совпадает.

Внешнее касание характеризуется короткими и толстыми стружками, внутреннее — удлиненными тонкими. Последний случай имеет несомненные преимущества при чистовой обработке поверхности и стойкости режущих кромок.

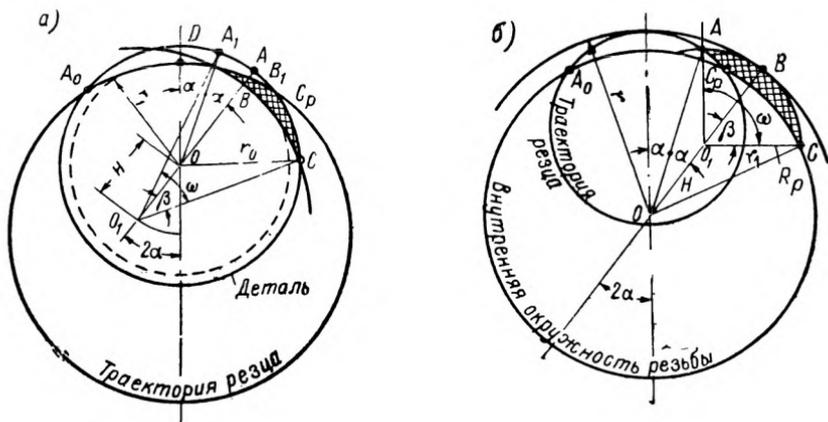


Рис. 190. Схема контакта резца и детали при вихревом нарезании резьбы.

Угол контакта режущих кромок и сдвиг осей многолезвовой головки и детали при нарезании наружной резьбы (рис. 190, а) может быть вычислен по формуле

$$\omega = \arccos \left(\frac{H^2 + R_p^2 - r_0^2}{2HR_p} + \frac{90S_0}{\pi R_p} \right).$$

При нарезании внутренней резьбы (рис. 190, б) эта формула может быть представлена в следующем виде

$$\omega = \arccos \left(\frac{r_1^2 - H^2 - R_p^2}{2HR_p} + \frac{90S_0}{\pi R_p} \right),$$

где ω — угол контакта, или угол между радиусами окружности резца, проведенными через точки врезания резца в деталь и выхода из нее;

H — расстояние между осями вращения многолезвовой головки и детали;

R_p — радиус траектории вершины резца;

r_0 — наружный радиус резьбы;

r_1 — внутренний радиус резьбы;

S_0 — круговая подача детали по наружной окружности резьбы резца, мм/об.

Величина смещения H осей многолезвовой головки по отношению детали определится для наружной резьбы по формуле

$$H = R_p - r,$$

для внутренней резьбы

$$H = r_0 - R_p.$$

Точность, достигаемая при вихревом методе нарезания резьбы, не превышает 3-го класса и при нарезании мелкой резьбы — 2-го класса.

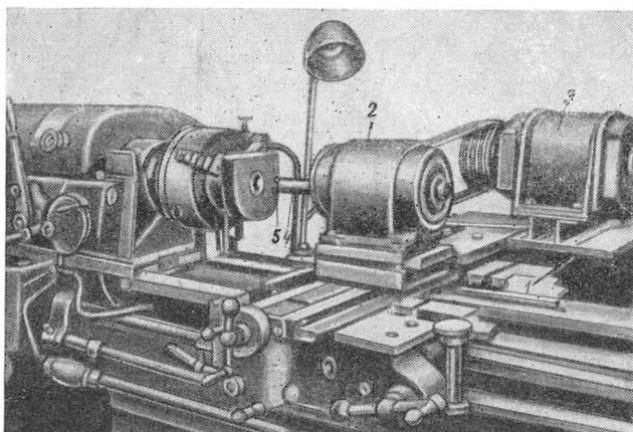


Рис. 191. Приспособление для вихревого нарезания внутренней резьбы.

При конструировании и наладке многолезвовой головки рекомендуется оптимальная величина отношения:

для наружных резьб $\frac{D_0}{d_0}$ не менее 1,4—1,6;

для внутренних резьб $\frac{D_0}{d_0} = 0,5 \div 0,75,$

где D_0 — диаметр окружности, описываемой вершиной резца;
 d_0 — наружный диаметр резьбы.

Вихревое нарезание внутренней резьбы отличается от наружной тем, что в качестве режущего инструмента применяется четырехзубая фреза, оснащенная пластинками твердого сплава Т15К6.

Применение многолезвийного инструмента (фрез), предложенного новаторами А. П. Матвейчевым, В. А. Разоренковым и В. А. Полехом московского завода «Борец», повысило производительность труда, качество нарезаемой резьбы и стойкость режущего инструмента.

На рис. 191 показано приспособление для вихревого нарезания внутренней резьбы. На плите 1, установленной на суппорте токар-

ного станка, смонтирована головка 2 с электродвигателем 3. В отверстие шпинделя головки установлена и закреплена оправка 4, на которой закреплена четырехзубая фасонная фреза 5 с профилем нарезаемой резьбы. Через отверстие шпинделя токарного станка подводится сжатый воздух для удаления стружки, отделяемой режущим инструментом. При наладке приспособления для нарезания внутренней резьбы его головку устанавливают таким образом, чтобы угол ее наклона был бы равен углу подъема нарезаемой резьбы. Глубина врезания фрезы устанавливается по нониусу. Нарезание резьбы производится на полный профиль за один проход режущего инструмента. Скорость резания при встречном вращении детали и фрезы допускается в пределах $v = 250 \div 300$ м/мин. В Приложениях 10 и 11 приводятся рекомендуемые режимы резания при нарезании внутренних и наружных метрических и трапецеидальных резьб. Они выбираются в зависимости от рода обрабатываемого материала и его механических свойств.

О накатывании винтовой резьбы на токарном станке. Процесс накатывания винтовой резьбы сводится к пластической деформации материала, вызванной вдавливанием резьбы накатного инструмента в тело накатываемой заготовки.

Профиль резьбы накатного инструмента, вдавливаясь в тело заготовки, оставляет после себя негативный отпечаток. Точность профиля накатываемой резьбы и слаженная работа накатного инструмента с изделием зависят от точности профиля резьбы накатного инструмента и подобия углов подъема винтовой поверхности резьбы инструмента и изделия. Снижение удельного давления при накатывании резьбы достигается вследствие увеличения диаметра накатного инструмента, соответственно изменяется и угол подъема. При этой прямой зависимости можно получить следующее равенство

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{S}{\pi d_{\text{ср}}} = \frac{S'}{\pi D_{\text{ср}}},$$

где S — шаг накатываемой резьбы;
 S' — шаг резьбы накатного инструмента;
 $d_{\text{ср}}$ и $D_{\text{ср}}$ — средние диаметры резьбы накатываемого изделия и накатного инструмента;
 β — угол подъема.

Для многоходовой резьбы

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{Sn}{\pi d_{\text{ср}}} = \frac{S'n}{\pi D_{\text{ср}}},$$

где n — число ходов многоходовой резьбы накатного инструмента.

Графически зависимость можно изобразить в виде двух подобных треугольников (рис. 192) с основаниями, равными шагу S накатываемой резьбы изделия и ходу резьбы KS накатного инструмента.

Из треугольников ABC и AB_1C_1

$$\frac{AC}{AC_1} = \frac{\pi D_{\text{ср}}}{\pi d_{\text{ср}}} = \frac{D_{\text{ср}}}{d_{\text{ср}}}.$$

Заменяв отрезки AC и AC_1 их истинным значением KS и S , получим выражение этого отношения

$$\frac{AC}{AC_1} = \frac{KS}{S} = \frac{D_{\text{ср}}}{d_{\text{ср}}},$$

или

$$K = \frac{D_{\text{ср}}}{d_{\text{ср}}},$$

где K — целое число кратности отношения средних диаметров резьбы накатного инструмента и изделия.

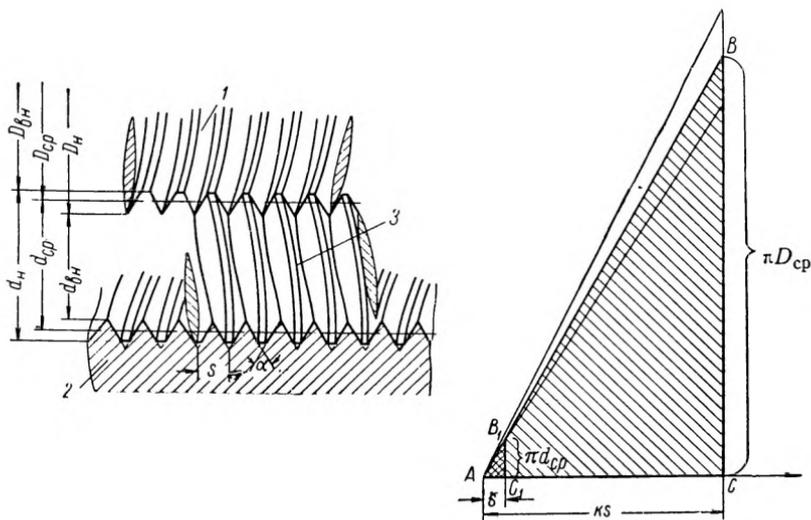


Рис. 192. Изменение угла подъема резьбы в зависимости от числа заходов.

Диаметры накатных роликов 1 и полуколец 2 выбирают соответственно номинальным диаметрам накатываемой резьбы 3. По данным завода КИНАП, для метрической резьбы численные значения основных параметров накатного инструмента приведены в табл. 33.

Допуск на шаг резьбы $\delta S = \pm 0,01$ мм.

В предложенной новатором производства К. Л. Базилевичем конструкции¹ использован принцип накатывания резьбы враща-

¹ Описание и схематическое изображение приспособления заимствованы из статьи К. Л. Базилевича, помещенной в листке новатора ЛДНТП № 37 за 1955 г.

Накатной ролик				Полукольцо			
Резьба, мм	D наружный расчетный	$D_{ср}$ -0,05 -0,1	Число заходов n	Резьба, мм	D наружный расчетный	$D_{ср}$ +0,05 +0,1	Число заходов n
M2	55,872	55,68	32	M2	59,44	59,16	34
M2,6	55,724	55,392	24	M2,6	60,340	60,008	26
M3	59,225	55,850	22	M3	64,575	64,200	24
M4	57,256	56,736	16	M4	64,348	63,828	18
M5	54,350	53,760	12	M5	63,310	62,720	14

ющимся роликом и неподвижным полукольцом (рис. 193). На плите 1 в стойке 2 смонтирован валик 3, на шейку, оснащенную шпонкой

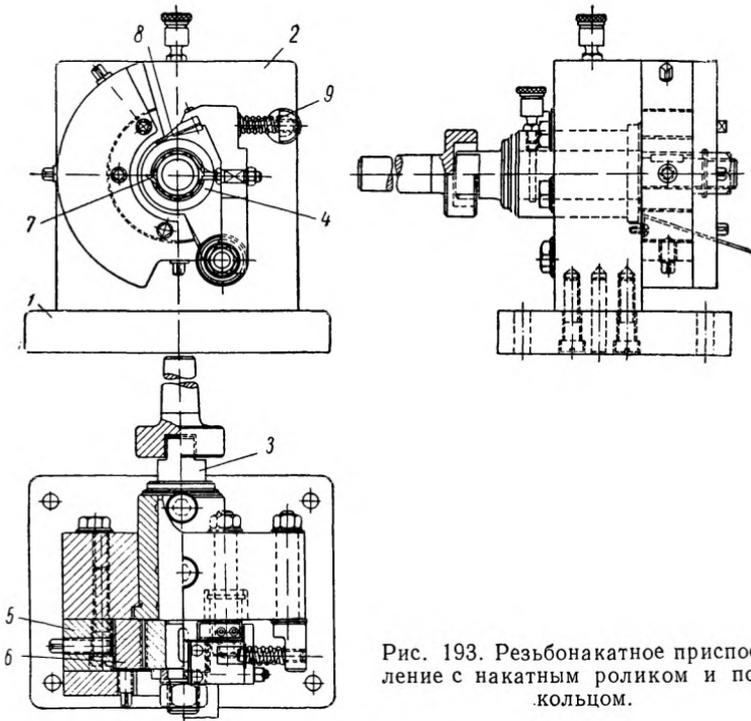


Рис. 193. Резьбонакатное приспособление с накатным роликом и полукольцом.

насаживают накатной ролик 4. К стойке 2 привинчивают обойму 5 для крепления резьбонакатного полукольца 6. Кулачок 7, сидящий с накатным роликом на одной оси, управляется толкателем 8. При повороте ролика палец рычага соскакивает со скоса кулачка, в результате действия пружины 9 толкатель посылает заготовку

в зазор между роликом и полукольцом. Для регулирования момента подачи кулачок по мере надобности поворачивается относительно ролика с двумя диаметрально расположенными скосами, благодаря которым за полный оборот накатного ролика может быть произведено две подачи. Точность профиля накатываемой резьбы зависит от своевременной подачи заготовки. Она закладывается вручную между толкателем и краем резьбонакатного полукольца.

Резьба по d_{cp} накатного ролика и полукольца имеет примерно тот же угол подъема, что и d_{cp} накатываемой резьбы. Подобное равенство достигается вследствие многоходовой резьбы накатного инструмента. Зазор между средним диаметром ролика и полукольца устанавливают равным среднему диаметру накатываемой резьбы изделия. Наличие скосов на краях полукольца обеспечивает захват заготовки вращающимся накатным роликом и прокатывание ее дохода с приспособления.

Смазочно-охлаждающие жидкости, применяемые при нарезании резьбы. Снижение теплоты резания, вызванной трением соприкасающихся поверхностей обрабатываемого материала и инструмента, достигается подводом смазочно-охлаждающей жидкости в район резания. Эта жидкость из-за различия входящих в ее состав химических реагентов подбирается в зависимости от рода и механических свойств обрабатываемого материала. При нарезании резьбы находят широкое применение смазочно-охлаждающие жидкости, приведенные в табл. 34.

Таблица 34

Обрабатываемый материал	Смазочно-охлаждающая жидкость
Стальное литье	Эмульсия, сурепное масло
Машиноподелочная и инструментальная стали	» » » компаундированное масло, сульфазрезол
Легированные стали	Эмульсия, сурепное масло
Чугунное литье	Без охлаждения; сурепное масло, керосин
Бронза }	» » »
Латунь }	» » эмульсия (эмульсол
Алюминий	Аз—6%, вода 94—97%)

При нарезании резьбы в вязких бронзах достаточно хорошие результаты дает смазочно-охлаждающая жидкость, состоящая из скипидара 50%, животного жира 10% и растительного масла 40%.

При нарезании резьбы в инструментальных углеродистых и легированных сталях рекомендуется состав: скипидара 70%, растительного масла 30%.

Контроль цилиндрических и конических резьб. Проверка цилиндрических резьб производится большей частью методом комплексного измерения. Этот метод сводится к изме-

рению приведенного среднего диаметра с учетом компенсаций погрешностей собственно среднего диаметра резьбы, шага и половины угла профиля.

Наиболее распространенными измерительными инструментами для комплексных измерений являются жесткие и регулируемые калибры. Величина допуска на средний диаметр резьбы калибра установлена в зависимости от номинального диаметра резьбы по формуле

$$\delta d_{\text{cp}} = \pm \left(2 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 0,04d_0 \right) \text{ мк.}$$

где d_0 — номинальный диаметр резьбы, мм;

$\frac{\alpha}{2}$ — половина угла профиля.

Для метрической резьбы эта формула примет вид

$$\delta d_{\text{cp}} = \pm (4 + 0,04d_0) \text{ мк.}$$

Допуск на шаг резьбы относится к расстоянию между любыми двумя смежными витками резьбы калибра, измеренному в пределах высоты стандартной гайки ($0,8 h$).

Для калибров 1 и 2-го классов точности, а также для контрольных калибров, допуски могут быть вычислены с некоторой приближенностью по формуле

$$\delta S = \pm \left(3,5 + \frac{0,375}{\cos \frac{\alpha}{2}} + 0,05H \right) \text{ мк.}$$

где H — измеряемая длина резьбы.

Для метрической резьбы эта формула примет вид

$$\delta S = \pm (4 + 0,05H) \text{ мк.}$$

Для рабочих калибров 3-го класса точности приближенно пользуются формулой

$$\delta S' = \pm (4 + 0,1H) \text{ мк.}$$

Допуск на половину угла профиля, независимо от назначения калибра, может быть вычислен по формуле

$$\delta \alpha = \pm \left(6 + \frac{6}{L} \right) \text{ мин.},$$

где L — сторона профиля при полной высоте профиля t_2 .

Для метрической резьбы эта формула примет вид

$$\delta x = \pm \left(6 + \frac{8}{S} \right) \text{ мин. ,}$$

где S — шаг резьбы калибра.

Измерение среднего диаметра резьбы детали методом трех проволочек является наиболее точным и доступным в условиях производственного цеха.

При известном шаге проверяемой резьбы наивыгоднейший диаметр проволочки будет

$$d = \frac{S}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} .$$

Проволочка при этом диаметре коснется средних точек сторон профиля резьбы.

В табл. 35 приведены стандартные диаметры проволочек по ГОСТ 2475—44.

Таблица 35

Метрическая резьба		Дюймовая резьба		Трапециевидная резьба		Упорная резьба	
Шаг, мм	Диаметр проволочек, мм	Число ниток на 1"	Диаметр проволочек, мм	Шаг, мм	Диаметр проволочек, мм	Шаг, мм	Диаметр проволочек, мм
0,2	0,118	24	0,572	2	1,047	2	1,157
0,25	0,142	20	0,724	3	1,553	3	1,732
0,3	0,170	18	0,796	4	2,071	4	2,217
0,35	0,201	16	0,866	5	2,595	5	2,886
0,4	0,232	14	1,008	6	3,106	6	3,310
0,45	0,260	12	1,157	8	4,141	8	4,400
0,5	0,291	11	1,302	10	5,176	10	5,493
0,6	0,343	10	1,441	12	6,212	12	6,585
0,7	0,402	9	1,591	16	8,282	16	8,767
0,75	0,433	8	1,732	20	10,353	20	10,950
0,8	0,461	7	2,020	24	12,423		
1,0	0,572	6	2,311	32	16,565		
1,25	0,724	5	2,886	40	20,706		
1,5	0,866	4,5	3,177				
1,75	1,008	4	3,580				
2,0	1,157	3,5	4,091				
2,5	1,441	3,25	4,400				
3,0	1,732	3,0	4,773				
3,5	2,020						
4,0	2,311						
4,5	2,595						
5,0	2,886						
5,5	3,177						
6,0	3,468						

Зная шаг проверяемой резьбы S , половину угла профиля $\frac{\alpha}{2}$ и диаметр проволочек d , укладывают проволочки во впадины резьбы,

как показано на рис. 194, и, пользуясь любым контактным измерителем с плоским измерительным наконечником, определяют величину M (M — величина раствора микрометра или другого контактного измерителя).

Средний диаметр резьбы рассчитывается по формуле

$$d_{\text{cp}} = M - 2AC = M - 2(AD - CD).$$

Из построения следует, что

$$AD = AB + BD = \frac{d}{2} + \frac{d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{d}{2} \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right);$$

$$CD = \frac{r_0}{2} = \frac{S \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{4}.$$

Подставляя значения AD и CD в формулу, получаем

$$d_{\text{cp}} = M - d \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) + \frac{S \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{2}.$$

Уточняя формулу влиянием угла подъема винтовой резьбы, получаем

$$d_{\text{cp}} = M - d \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\beta}{2}} \right) + \frac{S \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{2},$$

где β — проекция угла α на плоскость, параллельную направлению подъема винтовой линии, определяемая по формуле

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cos \psi,$$

где ψ — угол подъема винтовой линии.

Для метрической резьбы формула примет вид

$$d_{\text{cp}} = M - 3d + 0,866S.$$

Для дюймовой и трубной резьбы

$$d_{\text{cp}} = M - 3,166d + 0,961S.$$

Проверка среднего диаметра конической резьбы производится также методом комплексного измерения с учетом базорасстояния.

Наиболее точным и удобным способом измерения является проверка среднего диаметра синусной линейкой, проволочками и микрометром.

На рис. 195 показана схема установки детали 1, расположение проволочек 2, двух блоков плиток 3 и аттестованного валика 4, касающегося плоскости торца с малым диаметром детали 1.

Синусную линейку устанавливают на плиту 5 с таким расчетом, чтобы угол, полученный плоскостью плиты и основной плоскостью синусной линейки был бы равен номинальному углу конуса 2φ проверяемого калибра. Для установки синусной линейки подкладывают блок под один из роликов плиток, рассчитанный по формуле

$$b = L \sin 2\varphi,$$

где b — высота блока плиток;
 L — расстояние между осями роликов синусной линейки;
 2φ — угол конуса.

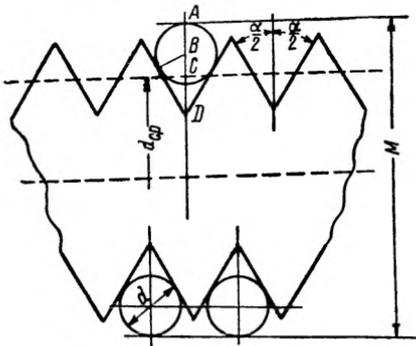


Рис. 194. Положение проволочек при измерении среднего диаметра резьбы.

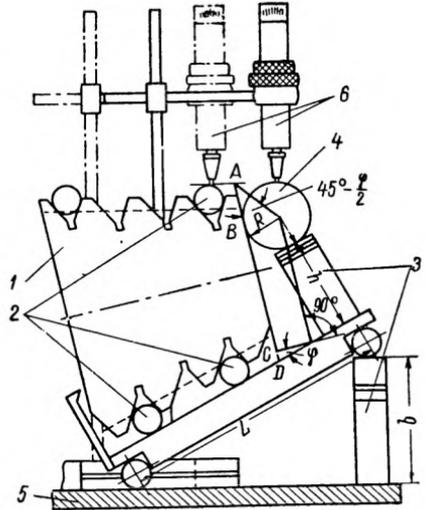


Рис. 195. Схема измерения среднего диаметра резьбы на синусной линейке.

Затем под калибр и на калибр закладывают проволочки наивыгоднейшего диаметра. Измерения производят по схеме, изображенной на рис. 194, с помощью дополнительного блока концевых мер h , аттестованного валика радиуса R и миниметра.

Средний диаметр в плоскости малого торца рассчитывается по формуле

$$D_{\text{ср. м. т}} = AD - T \pm \delta,$$

где δ — разность показаний миниметра b на валике и проволочке 2.

Размер AD подсчитывается по формуле

$$AD = R \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) + \frac{R + h}{\cos \varphi} + R \operatorname{tg} \varphi,$$

размер T — по формуле

$$T = d \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) - \frac{S}{2} \left(\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \operatorname{tg}^2 \varphi \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) + d \left(\frac{1}{\cos \varphi} - 1 \right),$$

где d — диаметр валика;

S — номинальный размер шага резьбы;

α — угол профиля резьбы;

φ — угол наклона конуса.

Некоторые сведения из области доводки поверхностей

Доводка является одной из последних операций технологического процесса и сводится к тонкому резанию металла веществами, значительно превышающими твердость обрабатываемого материала. Доводочным веществом служат порошки тщательно измельченного минерала, способного острием своих кромок резать металл. Отбор доводочных порошков производится осаживанием в водной или воздушной среде кристаллов. В зависимости от времени осаживания определяется величина ссаживаемого кристалла (*мк*). Материалами для притиров в приборостроении служат мягкая сталь, чугун, бронза, красная медь и стекло. Для пслучения притира соответствующего прсфиля его притирают к рабочей поверхности доводочного барабана или плиты. На рабочую поверхность притирочного барабана¹ или плиты наносят тонкий слой доводочного вещества (абразив), после чего накладывают притир. В результате такого притирания кристаллики абразивного вещества, частично измельчаясь, вдавливаются в тело рабочей части притира.

Исследованием доводочного процесса установлено, что эта операция сводится к резанию металла абразивом и работе химических реагентов, снижающих прочность оксидной пленки, покрывающей обрабатываемый металл. Кроме того, установлена зависимость скорости доводки от интенсивности поверхности порохом активных веществ. К ним относятся стеариновая кислота и керосин, которые при включении в состав доводочного вещества (абразива) изменяют толщину оксидной пленки и ее свойства.

Абразивные материалы, применяемые при доводке поверхностей, делятся на твердые и мягкие доводочные материалы. К твердым доводочным материалам относятся: естественный корунд, электрокорунд, карборунд и т. п.; твердость их превышает твердость закаленной стали. К мягким относятся пасты: окись железа, хрома, алюминия, олова, а также трепел, диатомит и органические вещества, твердость которых ниже твердости закаленной стали.

Широко применяются пасты, изготовленные Государственным оптическим институтом (ГОИ). Эти пасты поступают в промышлен-

¹ Притирочный барабан, так же как и плита, придает соответствующий профиль рабочей поверхности притира.

ность трех сортов — грубые, средние и тонкие. Основной составляющей их служит окись хрома, получаемая прокаливанием бихромата калия с серой. Состав пасты ГОИ и размерная характеристика абразивных материалов, используемых при доводке, приведены в Приложении 6.

Абразивная способность паст определяется слоем металла (*мк*), снимаемого на пути 40 м.

Например: грубые пасты обладают абразивной способностью 17—35 *мк*, средние 16—18 *мк* и тонкие 1—7 *мк*.

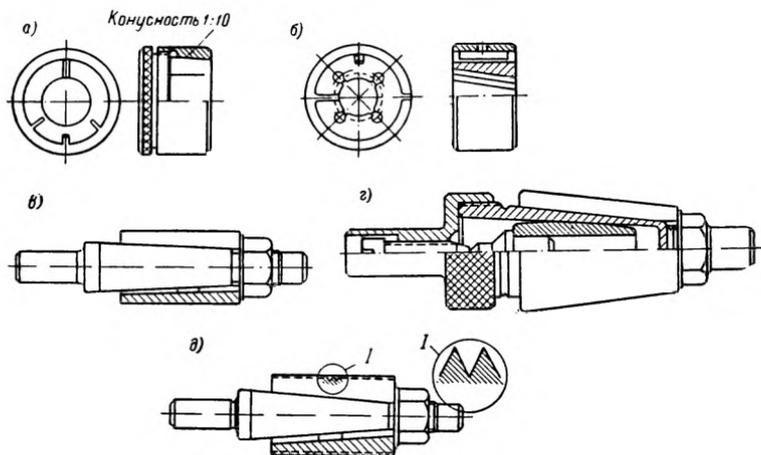


Рис. 196. Притиры для доводки цилиндрических, конических и резьбовых отверстий.

Следует обратить внимание на то, что притиры, изготовленные из мягких материалов, при наличии хорошей шаржируемости абразива изменяют исходные параметры рабочей поверхности, и наоборот — притиры, изготовленные из твердых материалов, при наличии высокой стойкости рабочей поверхности не обеспечивают хорошей шаржируемости абразива и целостности его зерен.

Наибольшее применение для доводки крупных профилей закаленных материалов находят притиры, изготовленные из перлитного чугуна, твердость которых не свыше $H_B = 140 \div 220$. Для доводки мелких профилей используют красную медь или мягкую сталь.

При полировке поверхностей без изменения исходных размеров применяют мягкие притиры, изготовленные из дерева, кожи, сукна, войлока, фетра и т. п. Конструкция и форма притиров определяются поверхностью, подлежащей доводке. Учитывая изнашиваемость притиров в процессе доводочной операции и неизбежность регулирования размеров, рекомендуются конструкции притиров, показан-

ные на рис. 196. При доводке цилиндрических и конических поверхностей шеек цапф и валиков применяются притиры типа колец (рис. 196, а, б), при доводке гладких цилиндрических отверстий — притиры типа валиков (рис. 196, в), конических отверстий (рис. 196, г) и резьбовых отверстий (рис. 196, д).

Для доводки колец и втулок рекомендуется делать притиры в 1,5—2 раза длиннее доводимой поверхности; для коротких валиков и цапф допускается длина притира, равная $\frac{2}{3}$ длины доводимой поверхности и не выше 25—30 мм.

На скорость доводочного процесса и чистоту обработки влияет смазывающая среда. Основной смазывающей средой является керосин, гарное масло, свиное сало и для тонкой доводки — авиационный бензин со стеариновой кислотой.

Применяемая смазка должна:

- 1) не изменять свойств под влиянием температуры нагрева;
- 2) обладать антикоррозийностью;
- 3) обладать смазочно-охлаждающими свойствами;
- 4) предохранять доводимую поверхность от задиров и царапин;
- 5) сохранять свойство равномерного распределения абразивных зерен на рабочей поверхности притира.

На доводку оказывает влияние давление между поверхностями притира и детали. Чрезмерное давление сопровождается дроблением абразивных зерен, а иногда порчей доводимой поверхности. При черновой доводке не рекомендуется превышать давление 1,2—4 кг/см², а на чистовой — не выше $\frac{1}{3}$ принятой при черновой. На чистоту обработки влияет снижение машинного времени вследствие повышенного давления.

Скорость при доводке принимается в зависимости от размера доводимой поверхности, профиля и чистоты обработки. Допустимая скорость резания — не выше 6—30 м/мин. Наименьшие значения принимаются при повышенной точности обработки.

На рис. 197 приводится план доводочной операции одной из деталей, где ясно видно уменьшение искажения профиля внутренней поверхности детали после притирки.

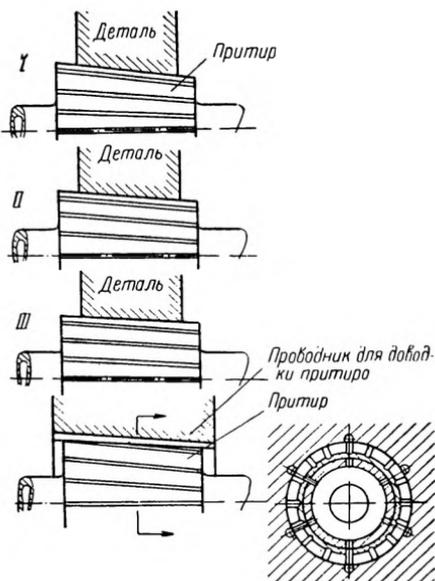


Рис. 197. План доводочной операции конических поверхностей.

Обработка давлением на токарных станках

К факторам, влияющим на эффективность процесса холодной деформации металла, относятся: свойства обрабатываемого материала, стойкость рабочего инструмента, методы и режим обработки и др.

В приборостроении проводятся работы по внедрению метода обработки деталей давлением на металлорежущих станках, как, например, накатывание зубцов мелко модульных цилиндрических зубчатых колес с модулями $m \leq 1$, накатывание резьбы методом редуцирования, чистовая обработка отверстий продавливанием, доводка цапф у трибок твердосплавным кругом и другое. Во всех случаях обработки давлением достигается повышение производительности труда, износоустойчивость трущихся поверхностей и снижение себестоимости.

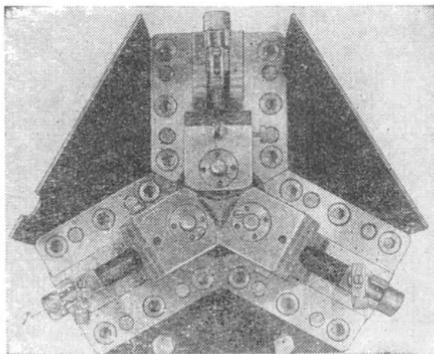


Рис. 198. Приспособление для накатывания профиля цилиндрических зубчатых колес на токарном станке.

Технология холодного накатывания мелко модульных цилиндрических зубчатых колес разработана Научно-исследовательским институтом технологии и организации производства. Процесс накатывания заключается в выдавливании части металла заготовки специальными накатными

роликами, или, как их называют, «накатниками». Поверхностный слой металла заготовки при накатывании претерпевает пластическую деформацию. Подобранный форма профиля зубцов накатника и кинематика относительных движений заготовки и инструмента вызывают пластическое перемещение металла, обеспечивающее образование необходимого профиля зуба накатываемого колеса. Накатники, свободно вращаясь на осях приспособления, установленного на нижней каретке суппорта токарного станка (рис. 198), вступают в контакт с заготовкой одновременно, для чего они настраиваются по делительной шестерне, установленной на оправке совместно с заготовками со стороны захода. Поступательное перемещение накатников в продольном направлении осуществляется включением автоматической подачи.

Режим накатывания выбирается в зависимости от состояния и свойств накатываемого материала:

для цветных сплавов

$$n = 200 \text{ об/мин}; S < 0,5 \text{ мм/об};$$

для черных металлов

$$n \leq 100 \text{ об/мин}; S \leq 0,1 \text{ мм/об}$$

где n — число оборотов заготовки, мин.;

S — подача, мм/об.

Для накатывания мелко модульных цилиндрических зубчатых колес применяется специальное приспособление к станку ДИП-200.

Технологический процесс накатывания зубьев цилиндрических зубчатых колес предусматривает накатывание зубчатых колес плоских в виде дисков, со ступицами и в виде трибок. Зубчатые колеса вида дисков монтируют на оправку, установленную в центре, либо на оправку с конусным хвостовиком, установленную в шпиндель передней бабки. Рабочую часть оправки рекомендуют делать длиной не свыше 8—10 внутренних диаметров заготовки и не превышающей посадки одного колеса, если оно имеет двустороннюю ступицу.

При выборе диаметра заготовки принимается ориентировочно

$$d_{\text{заг}} = d_{\text{ср}},$$

однако, в зависимости от состояния, свойства и структуры накатываемого материала, вводятся соответствующие поправки.

В связи с недостаточной изученностью пластической деформации при накатывании зубчатых колес и ограниченной освещенностью этого вопроса в технической литературе, поправочные коэффициенты принимаются исходя из практических соображений. При накатывании зубчатых колес на приборостроительном заводе был принят поправочный коэффициент для стали, меди и медных сплавов $k = 0,4$ и тогда для расчета заготовки под накатывание может быть предложена формула

$$d_{\text{заг}} = d_{\text{ср}} + (0,4 \div 0,5) m.$$

При настройке станка для накатывания зубчатых колес рекомендуется заготовки насаживать на оправку, причем деталь с накатанным или нарезанным профилем зуба насаживать последней и закреплять гайкой с шайбой. При этом необходимо проверить надежность крепления заготовок и направление вращения шпинделя станка. Когда крепежная резьба оправки правая — направление вращения шпинделя станка должно быть по часовой стрелке, а при левой — наоборот.

Если это условие не выдерживается, то не исключена вероятность проветывания заготовок, а иногда даже поломка зубьев накатного инструмента. Чтобы достигнуть точности зубчатого венца, оправка должна быть шлифована после термической обработки по посадочным параметрам и резьбе, причем биссектриса угла профиля резьбы должна быть перпендикулярна оси вращения. Настройка накатников на размер и одновременность работы производится по делительной шестерне (в дальнейшем делительной шестерней служит последняя шестерня из числа насаженных на оправку). При аккуратном выводе накатников из зацепления эта настройка сохраняется. Практически накатывание зубчатых колес производится за два хода каретки: сперва — в направлении передней бабки,

после чего переключается реверс станка на обратный ход. По достижении исходной точки станок останавливают, накатанные заготовки осматривают, снимают с оправки и промеряют гладким микрометром с проволочками. Когда требуется дополнительная доделка, заготовки (которые при сцеплении металлических частиц прочно удерживаются в общем комплекте), устанавливаются на оправку, вводят в зацепление с зубцами накатников, закрепляют, после чего производится повторное накатывание. При получении завышенных размеров накатники сближаются на половину полученного отклонения от заданного размера, при заниженных размерах отводятся на половину полученного занижения. Перестройка накатников в сторону повышения или снижения размера производится по индикатору, установленному в стойку, закрепленную в отверстии выступающей части каретки.

Чистота обработки поверхностей эвольвентного профиля получается в пределах $\nabla\nabla\nabla 7$ — $\nabla\nabla\nabla 8$.

Причиной поверхностных рисок и царапин является либо острота граничащих кромок профиля зубцов накатников, либо непараллельность их осей и заготовки.

Вмятины, заметные при увеличении, могут быть следствием загрязненности смазочно-охлаждающей жидкости или недостаточной скорости течения ее, в результате чего остаются чешуйки металла во впадинах накатываемого профиля зуба.

В связи с тем что накатанный профиль зуба имеет припуск на диаметр окружности выступов, после удаления которого обеспечивается профиль, соответствующий схеме профилографа, рекомендуется промер диаметра делительной окружности накатанного зубчатого колеса производить по проволочкам, размеры которых приведены в табл. 36.

Таблица 36

Модуль зацепления m , мм	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Размер проволочек d , мм	0,572	0,724	0,724	0,866	1,008	1,302	1,441	1,73

Скорость накатывания на стали 35 рекомендуется не выше $v = 7,5$ — 10 м/мин, подача $S = 0,1$ ÷ $0,15$ мм/об при модуле $m = 0,6$ и числе зубцов накатываемого колеса $z = 50$ ÷ 60 .

Наряду с выяснением причин, порождающих погрешности установленного режима накатывания и выбора диаметра заготовок, необходимо выяснить условия наладки приспособления, обеспечивающие полноценность производимой работы.

При установке приспособления на каретке нижнего суппорта необходимо проверить перпендикулярность плоскостей подвижных кареток приспособления к оси вращения шпинделя, что делается при помощи индикатора, закрепленного в оправке. Положение нуля индикатора достигается регулированием установочных болтов при перемещении нижнего суппорта в поперечном направлении.

Отклонение плоскостей кареток от перпендикуляра к оси вращения шпинделя допускается не свыше $\pm 0,005$ мм на радиусе размером 100 мм. Положение вертикальной оси верхнего накатника в направлении диаметральной плоскости, проходящей через ось контрольного валика, достигается установкой осей нижних накатников 1 и 2 (рис. 199) на нуль деления индикатора, посредством винтов 1 (см. рис. 198) и касанием блока плиток 3 и 4 боковых сторон оправки 5, как показано на рис. 199.

Данные, полученные при накатывании мелко модульных зубчатых колес на приборостроительном заводе судостроительной промышленности, приводятся в следующем виде.

При накатывании цилиндрических зубчатых колес из стали 35 диаметром $D_0 = 37$; $m = 0,6$; $z = 60$, точность размера делительной окружности колебалась в пределах 0,02 мм, радиальный и торцовый бой зубчатого венца по d_t — не свыше 0,02 мм, чистота обработки профиля $\nabla\nabla\nabla 7 - \nabla\nabla\nabla 8$. Отклонения окружного шага и профиля при сличении со схемой профилографа не наблюдалось.

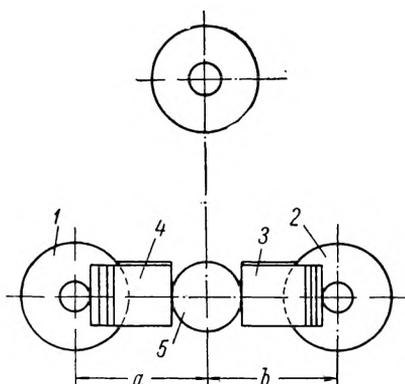


Рис. 199. Правильное положение осей вращения накатных роликов при настройке приспособления.

Технология изготовления витых спиральных и плоских пружин

Пружины, применяемые в приборостроении, делятся по конструктивным признакам на пружины витые спиральные и плоские. Витые спиральные пружины в зависимости от характера прилагаемых сил делятся на пружины, работающие под действием сжимающих сил и растягивающих. Требования, предъявляемые к этим пружинам, сводятся к определению степени деформации под действием сжимающих сил p (рис. 200) либо силы p_1 при растяжении пружины до величины L (рис. 201).

В качестве материала для навивания пружин применяется большей частью холоднотянутая высокоуглеродистая стальная проволо-

лока марок 65, 70 и 75, марганцовистые стали 65 Г, 55 ГС и кремни-
стые 55 С2, 60 С2.

Характеристика пружины меняется в зависимости от состояния
материала, применяемого для навивания, способа навивания,
степени прижима материала, идущего на оправку, и многих других
факторов, влияющих на упругие свойства пружины.

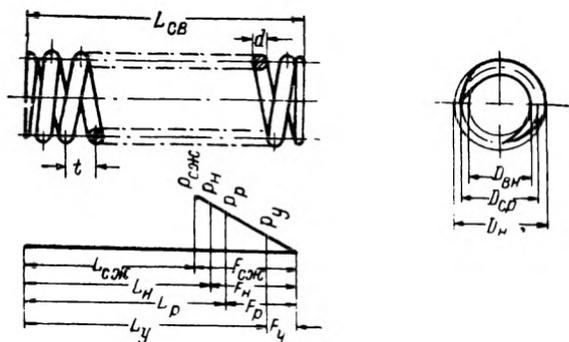


Рис. 200. Пружины, работающие на сжатие.

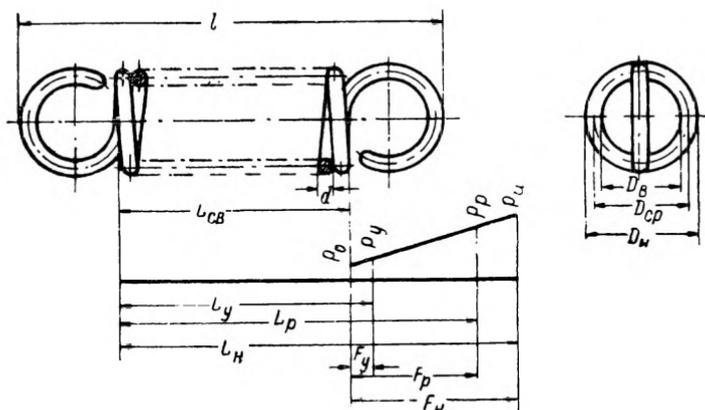


Рис. 201. Пружины, работающие на растяжение.

Чтобы сохранить исходное состояние материала, подлежащего
навиванию, необходимо подобрать такую силу натяжения, при
которой влияние этого натяжения на упругие свойства навиваемого
материала было бы незначительным.

При составлении технологического процесса навивания спираль-
ной пружины необходимо подобрать такой вариант навивания,
при котором полнее сохранились бы исходные данные материала.
При этом надо учитывать влияние прижима и степень натяжения
материала, идущего на оправку

Простейшим приспособлением, применяемым в мелкосерийном производстве, является система переходных роликов с прижимом, сжимающим силой p проволоку, скользящую в отверстии, как показано на рис. 202.

Переходные ролики изготавливаются стальными, бронзовыми, латунными и реже всего алюминиевыми. Приспособление устанавливают с таким расчетом, чтобы сход навиваемого материала был

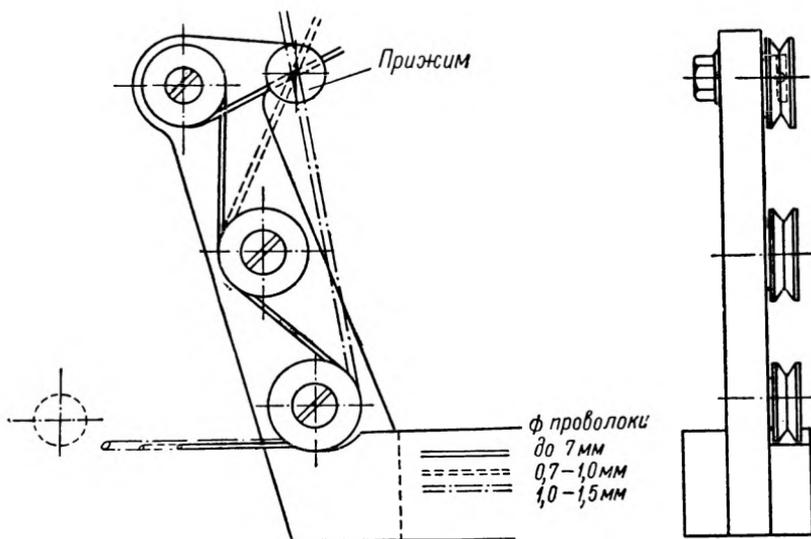


Рис. 202. Роликовое приспособление для навивания спиральных пружин из проволоки различного диаметра.

на линии центров. Пружины, работающие на сжатие, навивают открытой навивкой, обеспечивающей зазор между витками, а работающие на растяжение навивают плотно, без зазора между смежными витками. Чем большая плотность между витками, тем выше упругие свойства навитой пружины. Степень упругости пружины определяется величиной затяжки по шагу т. е. частичного смещения шага каретки станка относительно шага навиваемой пружины.

В качестве оправки для навивания пружины рекомендуется гладко обточенный валик с буртиком или установочным кольцом; диаметр валика подбирается опытным путем.

Для закрепления материала навиваемой пружины в буртике или установочном кольце делается отверстие по ходу спирали. Винт для крепления левого конца пружины располагается в теле буртика или установочного кольца оправки (рис. 203) На этом же рисунке показано направление действующих сил при навивке стальных пружин. При особо точно заданных размерах пружины

оправку изготовляют по профилю навиваемого материала и шагом, ограниченным узким полем допуска. При навивании пружины на токарном станке необходимо предусмотреть опорные витки на граничащих размерах. Для получения опорных витков (при подходе к заданному размеру по длине) производят выключение продольной подачи, после чего включают ее снова, обеспечив припуск на подрезку крайних витков до заданного размера. Когда необходимо понизить диаметр навиваемой пружины, понижают диаметр оправки с учетом величины снижения диаметра и упругих свойств навиваемого материала.

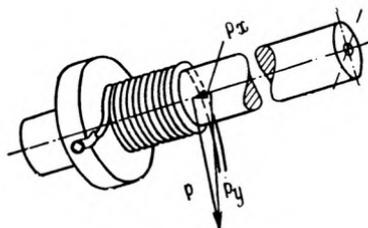


Рис. 203. Оправка для навивания спиральных пружин и направление действующих сил при навивании.

В зависимости от условий работы и изготовления пружины делятся на две группы.

Группа I. Пружины, характеристики которых должны лежать в пределах расчетного допуска. Обычно это нерегулируемые пружины и пружины, требующие тарирования.

Группа II. Пружины, условия работы которых допускают разброс получаемых усилий, а также большинство пружин, подвергающихся регулированию. Рассчитывают эти пружины приближенно или подбирают по соответствующим таблицам.

Проволока, применяемая для навивания пружин, разделяется в зависимости от предела прочности при растяжении на три класса:

- Н — нормальной прочности,
- П — повышенной прочности,
- В — высокой прочности.

Сортамент этой проволоки приводится в табл. 37.

Основным требованием, которое должно быть выполнено при навивании плоских пружин, является точность упругой характеристики. Иначе говоря, должна быть выдержана зависимость между моментом и углом закручивания.

Заготовкой для мелких пружин служит проволока круглого сечения. Для повышения пластических свойств навиваемого материала и устранения остаточных напряжений проволоку, поступающую в работу, предварительно подвергают термической обработке.

Для получения прямоугольного сечения навиваемого материала проволоку протягивают через соответствующие фильеры. При этом подбирают такое сечение проволоки, при котором получилось бы правильное сечение прямоугольника

$$\frac{\pi d^2}{4} = bh, \text{ или } d = \sqrt{1,27bh},$$

где d — диаметр проволоки;

b и h — ширина и толщина протянутого материала.

Диаметр проволоки, мм	Допускаемые отклонения для проволоки			Диаметр проволоки, мм	Допускаемые отклонения для проволоки		
	гр. I класса Н и всех групп класса П	гр. II класса Н	всех групп класса В		гр. I класса Н и всех групп класса П	гр. II класса Н	всех групп класса В
0,2	—	—	—	(1,3)	—	—	—
0,22	—	—	—	1,4	—	—	—
0,25	—	—	—	1,5	+0,01	±0,05	±0,03
0,28	—	—	—		-0,02	—	-0,02
0,3	+0,02	+0,03	+0,02	1,6	—	—	—
0,35	-0,01	-0,02	-0,01	1,8	—	—	—
0,4	—	—	—	2	—	—	—
0,45	—	—	—	2,2	+0,05	—	+0,04
0,5	—	—	—	2,5	-0,02	±0,06	-0,02
0,55	—	—	—	2,8	—	—	—
				3	—	—	—
0,6	+0,03	—	—	3,5	+0,07	—	+0,05
0,7	-0,01	±0,04	±0,02	4	-0,03	±0,08	-0,03
0,8	—	—	—	4,5	—	—	—
0,9	—	—	—				
1	+0,03	+0,05	+0,03	5	+0,08	+0,1	+0,05
1,1	-0,02	—	-0,02	5,5	-0,03	—	-0,03
				7	+0,1	+0,1	—
				8	-0,05	-0,05	—

Для восстановления пластических свойств материала протянутую проволоку снова подвергают термической обработке, которая представляет собой рекристаллизационный отжиг.

Проволоку из бериллиевой бронзы нагревают до $t = 780^\circ \text{C}$ в защитной атмосфере диссоциированного аммиака, после чего охлаждают в воде. В результате закалки проволока приобретает пластичность, необходимую для волочения при следующем переходе.

Рекомендуется применять при протягивании три-пять переходов с обжатием на последнем не свыше 0,02 мм.

Для оловянно-цинковой бронзы и других материалов термическая обработка производится при низких температурах. В результате термической обработки устраняются остаточные напряжения без снижения механических свойств материала пружины.

ГЛАВА V

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К ТОКАРНЫМ СТАНКАМ

Быстросменные и многолезцовые приспособления

Повышение производительности труда за счет снижения вспомогательного времени — весьма актуальная задача.

Иногда величина вспомогательного времени значительно превышает машинное время, затрачиваемое на резание металла. В этом случае снижение вспомогательного времени может быть достигнуто в результате применения быстросменных приспособлений или инструментальных головок, установленных в пиноль задней бабки токарного станка.

При обработке детали в трехкулачковом самоцентрирующем патроне можно рекомендовать быстросменный патрон, показанный на рис. 204. Он состоит из держателя с конусом 1, переходной втулки 2, стопорного кольца 3, муфты 4 и шарика 5. Сменная часть патрона имеет коническое отверстие, в которое могут быть установлены в последующем порядке сверло, цапфенбор, расточный резец, фасочный резец, развертка, метчик и т. п. Снижение вспомогательного времени в этом случае будет достигнуто быстрым креплением инструмента.

При обработке детали в цанговом патроне или специальной оправке рекомендуется применение инструментальной головки, показанной на рис. 205.

Инструментальную головку устанавливают в пиноль задней бабки. Режущий инструмент располагается со стороны передней плоскости вращающегося полушара. Фиксатором служит стержень с конической частью, входящий в соответствующее гнездо основания под действием прижима. Иногда при обработке деталей на токарных станках с рядом соосных элементов и отклонениями размеров в пределах 2-го класса точности применяют многолезцовые головки, установленные на суппорте станка и закрепленные гайкой с выносной ручкой. Недостаточная точность фиксирующего устройства головки, особенно при последующем креплении, вызывает необходимость дополнительной подгонки размеров детали после произведенной проточки.

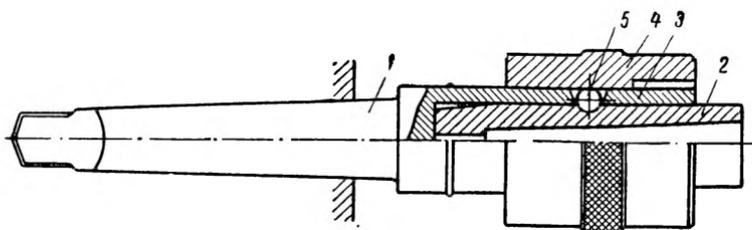


Рис. 204. Быстросменный патрон к задней бабке токарного станка.

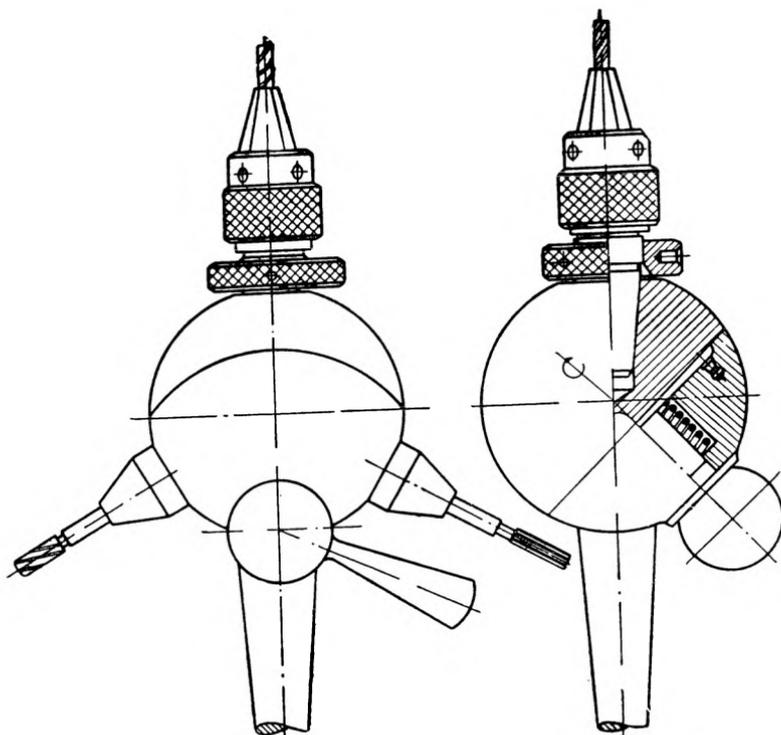


Рис. 205. Инструментальная головка, устанавливаемая в пиноль задней бабки.

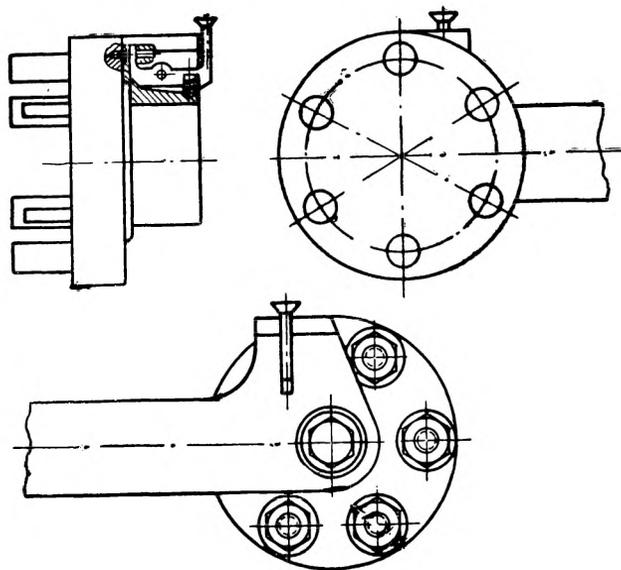


Рис. 206. Многорезцовая головка к суппорту токарного станка.

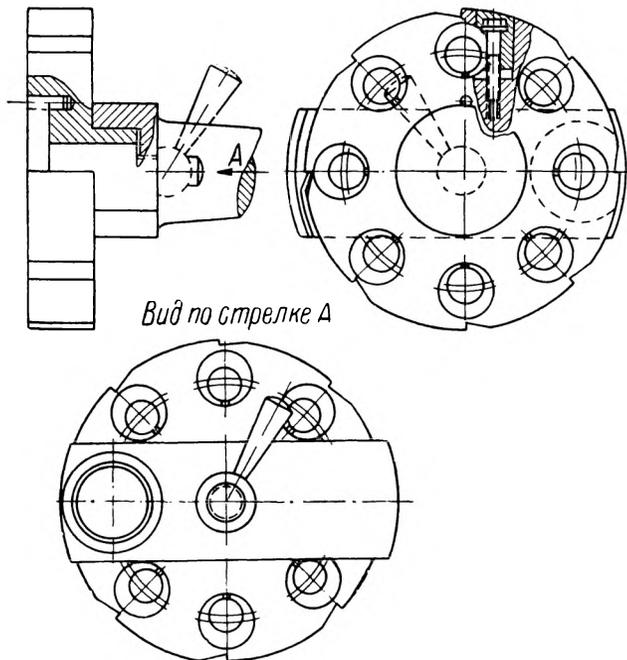


Рис. 207. Многорезцовая головка к пиноли задней бабки токарного станка.

На рис. 206 показана вертикальная многорезцовая головка, применяемая на прецизионных станках, которая исключает недостатки обычных конструкций многорезцовых головок, обеспечивая при этом чистоту обработанной поверхности в пределах $\nabla\nabla\nabla 7$ — $\nabla\nabla\nabla 8$.

При многорезцовой настройке станка можно рекомендовать головку (рис. 207), установленную в пиноль задней бабки, с набором

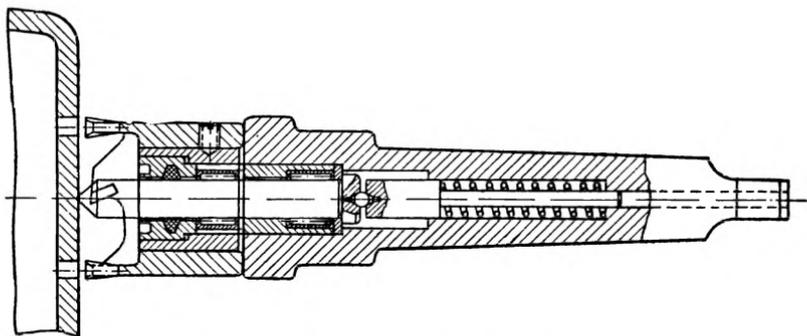


Рис. 208. Торцовый зенкер для вырезки отверстий.

резцов, располагая их соответственно заданным условиям, или торцовый зенкер, закрепленный на оправке, как показано на рис. 208.

Устройства к токарному станку для автоматического получения размеров

Для сокращения вспомогательного времени токарем Г. С. Борткевичем предложена конструкция автоматического устройства для отсчета величины продольной подачи (рис. 209). Устройство состоит из цилиндрического зубчатого зацепления колес 1 и 2. Колесо 2 свободно насажено на втулку 3, привертнутую к фартуку суппорта винтами 4. На выступающую часть колеса 2 неподвижно насажено кольцо 5, на окружности которого нанесено 300 делений для отсчета продольной подачи. Индекс представляет собой риску, нанесенную на планке 6, укрепленной на фартуке суппорта.

Настройка станка производится на первой детали, последующая работа — по замеченным делениям.

Более совершенная конструкция автоматического устройства, предложенная инж. А. И. Болотниковым и П. Д. Петренко, показана на рис. 210. Конструктивной особенностью этого автоматического устройства является дополнительная установка упоров 1, закрепленных на отмеченных делениях лимба винтами 2. В процессе работы упор 1 нажимает на кулачок 3 пружиной 4, включает микропереключатель и через промежуточное реле и соленоид вклю-

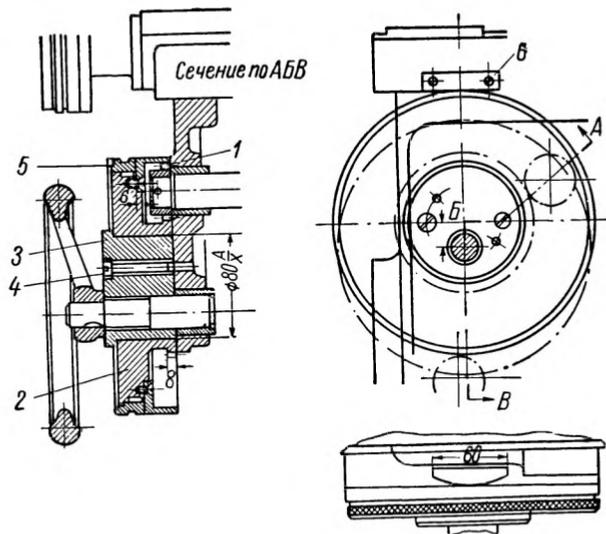


Рис. 209. Указатель продольного хода суппорта.

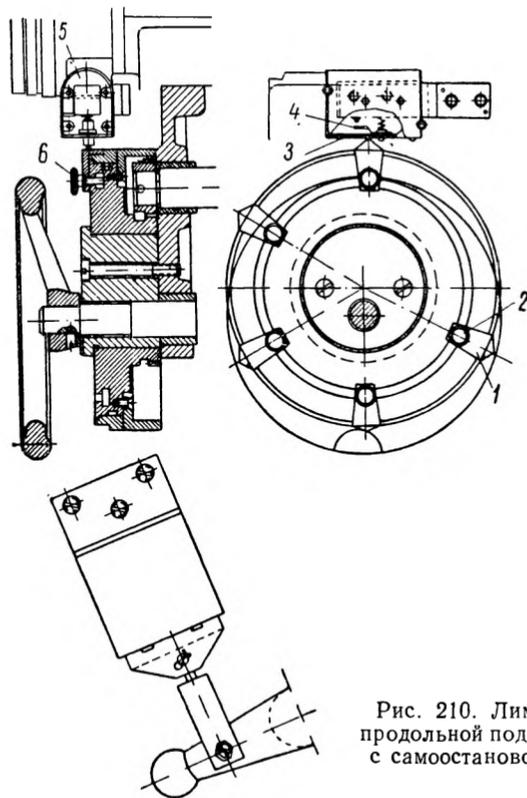


Рис. 210. Лимб продольной подачи с самоостановом.

чает падающий червяк. Для последующей обработки устанавливают суппорт по лимбу поперечной подачи, включают ручку 6, и работа продолжается до следующего выключения падающего червяка системой автоматического устройства.

Стробоскопический измеритель

Обработка деталей на токарных станках сопровождается рядом промеров, особенно при взятии пробных стружек. Затрачиваемое время на промер и взятие пробных стружек снижает производительность станка, причиной чего является недостаточная точность

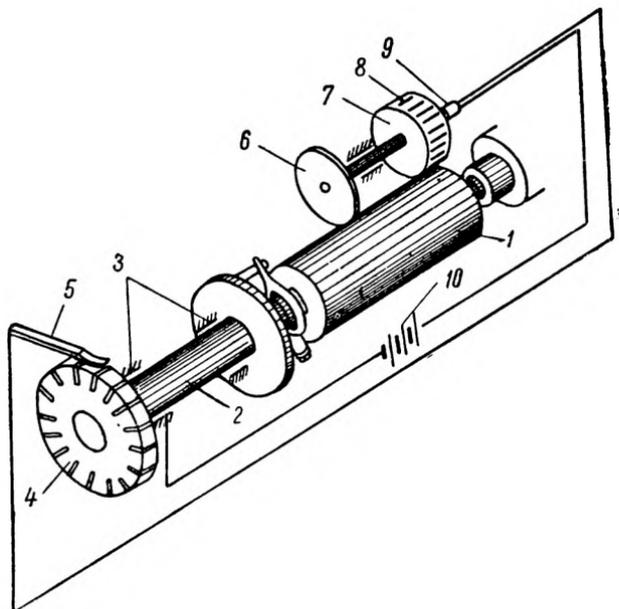


Рис. 211. Схема стробоскопического метода измерения детали при обработке на станке.

отсчета на лимбах поперечной подачи, недостаточная жесткость системы станок — деталь — инструмент и ряд других факторов, связанных с режимом резания.

Решение вопроса производительности труда за счет снижения вспомогательного времени, затрачиваемого на промер, нашло отражение в конструкции измерителя Уральского политехнического института имени С. М. Кирова, обеспечивающего автоматическое получение точного промера на ходу работающего станка. Конструкция этого измерителя, схематически показанного на рис. 211, основана на стробоскопическом методе измерения. Стробоскопический измеритель состоит из обрабатываемой детали 1, установлен-

ной в центрах токарного станка, шпинделя 2, вращающегося в подшипниках 3, текстолитового диска 4, насаженного на конец шпинделя с контактными пластинами, запрессованными в пазы диска, и щетки 5, касающейся контактных пластин. Измерителем служит калибр 6, катящийся по обработанной поверхности заготовки, на валике которого с другой стороны насажен пустотелый алюминиевый барабан 7, оснащенный световыми щелями 8, число которых равно числу контактных пластин диска 4. Внутри алюминиевого барабана помещена неоновая лампочка 9.

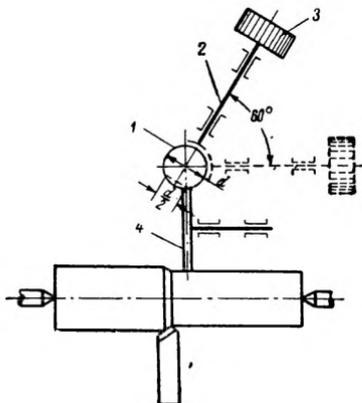


Рис. 212. Схема прибора с шаровым измерителем.

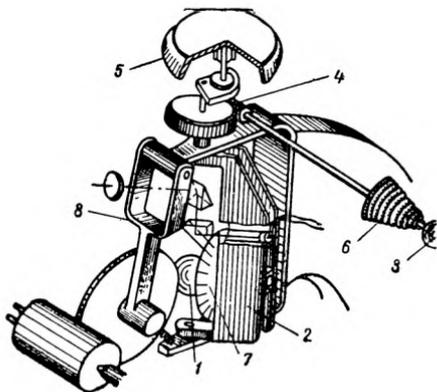


Рис. 213. Схема стробоскопического прибора с шаровым измерителем.

Действие стробоскопического измерителя заключается в следующем. При работе токарного станка система измерительного устройства, кинематически связанная с обрабатываемой заготовкой, находится в движении. Ток от источника 10 периодически замыкается на контактных пластинах прерывателя, заставляя вспыхивать неоновую лампочку 9. Когда диаметр калибра 6 становится равным или кратным диаметру обработанной поверхности, световые щели 8 алюминиевого барабана 7 совмещаются на прямую с моментом замыкания тока на пластинах прерывателя. При наблюдении за световой линией при большом числе замыканий будет казаться, что световой поток ее неподвижен, в то время как вращение осветительной системы осуществляется при определенной угловой скорости. Незначительная разность угловых скоростей калибра и обработанной поверхности, что может быть при наличии разности их диаметров, нарушает неподвижность световой линии. Стробоскопический эффект в этом случае представится в виде движения световой линии. Сторона и скорость движения светящейся линии определится знаком и величиной неравенства сравниваемых диаметров.

Наиболее совершенной конструкцией стробоскопического измерителя является конструкция измерителя, показанная на рис. 212.

Измерительным калибром служит шаровой измеритель *1*, вращающийся вместе с валиком *2* и алюминиевым барабаном *3*. Стробоскопическое устройство с шаровым измерителем основано на принципе сопоставления измеряемого диаметра с диаметром шарового измерителя. Конструктивно стробоскопическое устройство этого измерителя допускает получение действительного размера измеряемого параметра посредством особого поворотного устройства, при котором контактное сопряжение шарового измерителя с промежуточным диском *4* может быть подобрано таким, чтобы угловые скорости измерителя и обработанной поверхности были равны или кратны по величине. Изменение угловых скоростей шарового измерителя достигается поворотом валика *2* на некоторый угол, при котором изменяется диаметр качения шарового измерителя по поверхности касания промежуточного диска.

На рис. 213 показана смонтированная схема стробоскопического шарового измерителя. Чашечная оправа шарового измерителя *1* смонтирована в скобе *2*, вращающейся на оси, проходящей через центр шарового измерителя.

Изменение угла поворота осуществляется посредством рукоятки *3* через червячную пару *4*. Величина угла поворота оси шарового измерителя *1* прочитывается по лимбу отсчетного механизма. Отсчетный механизм состоит из двух систем—грубого и точного отсчета. При грубом отсчете поворачивают рукоятку *3* и червячную пару *4*. Вращение этой пары передается системе двух цилиндрических зубчатых колес. На оси ведомого колеса этой системы закреплен конический лимб *5* с делениями, цена которых равна $0,1$ мм. Полный поворот рукоятки *3* соответствует углу поворота оси шарового измерителя на 6° . Система точного отсчета смонтирована на рукоятке *3* с делениями, цена которых равна $0,02$ мм. Отсчет производится по указанию прозрачной визирной линейки *6*, расположенной вдоль образующей конуса. Стробоскопическое устройство состоит из диска *7* и оптической системы. Стробоскопический диск *7* закреплен на валике *8* соосно с шаровым измерителем *1*. Осветительное устройство смонтировано в скобе *2*, вращающейся вместе с валиком *8* на оси, проходящей через ось шарового

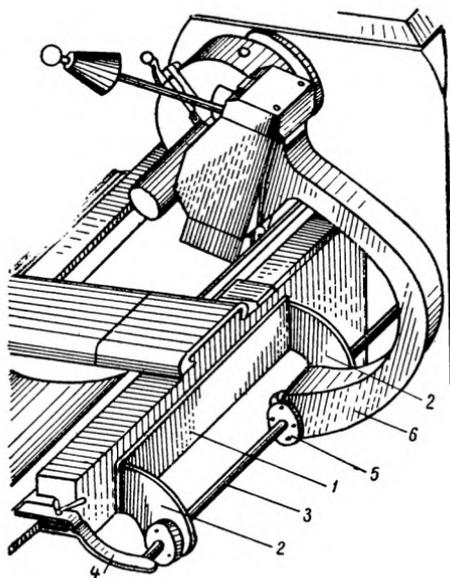


Рис. 214. Стробоскопический прибор на токарном станке.

измерителя 1. Лучи света от неоновой лампочки, проходящие через световые щели диска 7, попадают в оптическую систему, состоящую из двух зеркальных призм. Оптическая система, для удобства пользования, заканчивается линзой, смонтированной на передней панели прибора.

Крепление стробоскопического измерителя к суппорту станка (рис. 214) выполнено следующим образом.

К задней части каретки суппорта крепится основание 1, в выступах которого на некоторой высоте от основной плоскости расположены специальные подшипники 2. Валик 3 скользит в направляющих гнездах подшипников, удерживаемый от продольного перемещения тормозным устройством 4, закрепленным на полочке станины. На валике 3 подвижно посажены втулка 5, оснащенная шариковыми подшипниками, с кронштейном 6, в котором смонтированы измерительное и стробоскопическое устройства. Расстояние между выступами основания 1, значительно превышающее ширину кронштейна 6, допускает свободное перемещение каретки суппорта в продольном направлении, не вызывая при этом перемещения кронштейна 6. Регулировка параллельности оси валика 3 по отношению к оси вращения шпинделя осуществляется посредством эксцентриковых втулок, содержащих подшипники 2. В случае когда надобность в измерительном устройстве отпадает, кронштейн 6 откидывается в противоположную сторону, скользя втулкой 5 относительно валика 3.

Гидрокопировальный суппорт ГС-1

Гидрокопировальный суппорт ГС-1 (рис. 215) является сменным суппортом токарного станка ДИП-200. Будучи установлен на место поворотного суппорта, он расширяет технологические возможности токарного станка. Пользуясь им, представляется возможным автоматизировать обработку сложных профилей, обточку цилиндрических и конических многоступенчатых валиков, а также производить расточку внутренних поверхностей. При наличии дополнительного устройства можно производить торцовое копирование. При обработке детали посредством гидрокопировального суппорта отпадает необходимость в снятии пробных стружек, измерении диаметров и длины каждого элемента в отдельности. Достаточно произвести промер одного из обрабатываемых элементов, чтобы автоматически получить остальные соответственно заданным условиям. Гидрокопировальный суппорт действует по схеме однокоординатного копирования, в зависимости от включения продольной или поперечной подачи. Путь, описываемый резцом, благодаря следящей системе является повторением пути ножа по копиру. Перемещение резца происходит в результате одновременного действия движения подачи и действия гидродинамических сил на подвижную часть гидросуппорта. Его величина и направление определяются касательной

к профилю копира в точке касания заостренной частью ножа гидросуппорта.

Гидравлическая система копировального устройства действует через насос на подвижную часть суппорта. Масло, подаваемое под напором от насоса, поступает в меньшую (штоковую) полость гидроцилиндра. Полости гидроцилиндра сообщаются между собой посредством отверстия в поршне. Подвижной частью механизма

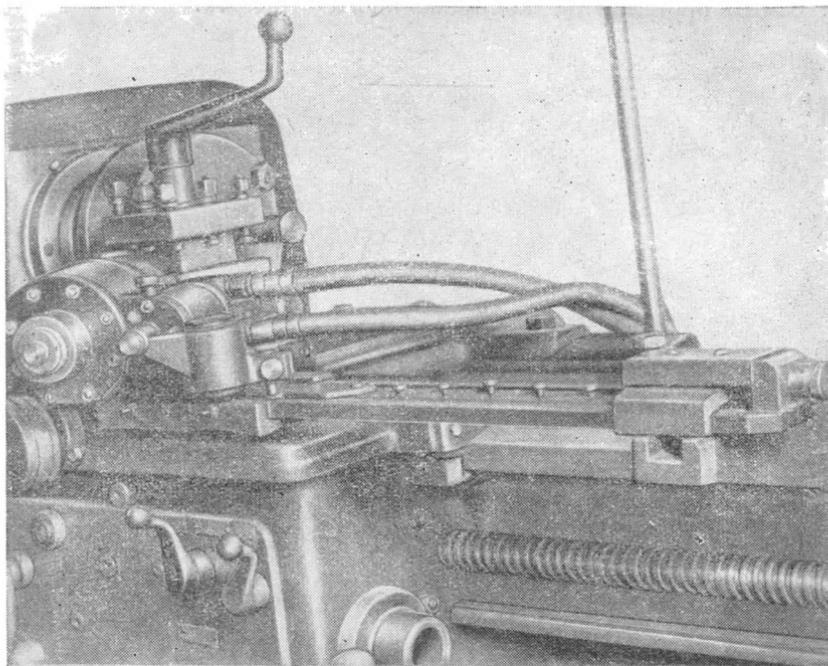


Рис 215 Гидрокопировальный суппорт ГС-1.

гидрокопировального суппорта служит цилиндр, жестко связанный с гидросуппортом при неподвижном состоянии поршня. Следящая система гидрокопировального устройства состоит из ножа, закрепленного на качающемся рычаге, шупа с золотником, прижатым к рычагу пружиной.

Уравновешенное давление в обеих полостях гидроцилиндра устанавливается золотником сообщающих каналов и отверстия в поршне. Давление, действующее на подвижную часть гидросуппорта, обеспечивается повышенным давлением во внештоковой полости гидроцилиндра при перекрытом золотнике. При нажатии шупа на золотник образуется проходное сечение, достаточное для перепуска масла из большей полости гидроцилиндра в гидро-

бак. При этом в силу повышенного давления, образовавшегося во внештоковой полости цилиндра, подвижная часть гидросуппорта отводится в противоположную сторону. При обточке цилиндрической поверхности золотник занимает такое положение, при котором давление в обеих полостях гидроцилиндра уравнивается и подвижная часть гидросуппорта занимает неподвижное положение. При переходе от обточки цилиндрической поверхности к фигурной или под углом следящая система приходит в движение, вызывая тем самым перемещение копировального суппорта.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Методы получения чистоты поверхности и классы точности

Вид обработки	Группы чистоты	▽▽			▽▽▽		▽▽▽▽				Классы чистоты обрабатываемых поверхностей в зависимости от применяемых материалов				Классы точности			
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Неметаллические материалы	Легкие сплавы	Латунь, бронза	Сталь	экономические	достижимые
	$H_{ск}, \text{мк}$		12,5 6,3	6,3 3,2	3,2 1,6	1,6 0,8	0,8 0,4	0,4 0,2	0,2 0,1	0,1 0,05	0,05 0,025	Классы чистоты						
Сверление	До $\varnothing 15$												4—6	4—6	5—6	4—6	4—7	До 3
	Свыше $\varnothing 15$													4—5	4—5	3—4	4—7	
Зенкерование	Чистовое												5—6	5—6	5—6	5—6	3—7	До 2a
Наружное точение	Получистовое												5—6	4—5	4—5	4—5	5—7	
	Чистовое												5—6	5—7	5—7	5—7	2—5	
Растачивание	Тонкое (алмазное)														8	8—9	8—9	2
	Получистовое													4	4	4	5—7	До 1
Подрезание торцов	Чистовое												4—6	5—7	5—7	5—7	2—5	
	Тонкое													7—8	7—9	7—8	2	
Развертывание	Получистовое													4—5	4—5	4—5	4—5	До 1
	Чистовое												4—6	6—7	6—7	6—7	3	
	Тонкое													8	8—9	8—9	2	
														5—6	5—6	5—6	2—2a	
														6—7	6—8	6—7	2	
														8	9—10	8—9		

Вид обработки	Группы чистоты	▽▽			▽▽▽			▽▽▽▽				Классы чистоты обрабатываемых поверхностей в зависимости от применяемых материалов				Классы точности			
	Классы чистоты	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Неметаллические материалы	Легкие сплавы	Латунь, бронза	Сталь	экономические	достижимые	
	$H_{ск}, \text{ мк}$	12,5 6,3	6,3 3,2	3,2 1,6	1,6 0,8	0,8 0,4	0,4 0,2	0,2 0,1	0,1 0,05	0,05 0,025				Классы чистоты					
Протягивание	Чистовое																6—8	2—3	До 1
	Отделочное																9—10	2	
Чистка наждачным полотном	После точения												7	7			—10	2—3	
	наружное													6		6	6—8	2—3	
Нарезание резьбы	Резцом, гребенкой																6—8	1—2	
	Накатывание роликом																8—9	3	
Калибрование шариком	Метчиком													5—6		5—6	5—6	2—3	
	Резцом, гребенкой																6—8	3	
Лапингование	После сверления																7—9		
	После растачивания																7—9		
	После развертывания																7—12		
Лапингование	Среднее																10	2	
	Тонкое																11—13	1	

Режимы резания при чистовом и получистовом точении керамическими резцами ЦМ-332

Обрабатываемый материал	Пределы прочности σ_b кг/мм ²	Скорость резания, м/мин	Глубина резания, мм	Подача S , мм/об							
				0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70
				скорость резания v м/мин							
Конструкционная сталь углеродистая и легированная	70	179 $v_{90} = \frac{179}{S^{0,37} f^{0,19}}$	0,5	415	373	343	320	—	—	—	—
			1,0	364	326	302	281	—	—	—	—
			1,5	338	303	279	256	230	—	—	—
			2,0	320	282	260	242	218	204	—	—
			2,5	306	275	250	233	210	192	183	—
			3,0	296	262	242	225	200	186	177	167
	80	165 $v_{90} = \frac{165}{S^{0,37} f^{0,19}}$	0,5	382	344	316	295	—	—	—	—
			1,0	336	301	278	259	—	—	—	—
			1,5	311	279	257	240	216	—	—	—
			2,0	295	261	248	227	205	188	—	—
			2,5	286	253	230	219	195	178	—	—
			—	—	—	—	—	—	—	—	—
	90	82 $v_{90} = \frac{82}{S^{0,37} f^{0,19}}$	0,5	189	170	157	146	—	—	—	—
			1,0	166	149	138	128	—	—	—	—
			1,5	154	138	127	119	107	—	—	—
2,0			146	131	123	112	103	93	—	—	
2,5			140	125	116	108	97	90	—	—	
—			—	—	—	—	—	—	—	—	

Поправочные коэффициенты на режимы резания при чистовом и получистовом точении керамическими резцами ЦМ-332

Обрабатываемый материал	20	30	45	60	75	90	120	180	240	360
	поправочный коэффициент k_m									
В зависимости от стойкости резца T , мин										
Углеродистая конструкционная сталь	1,48	1,33	1,19	1,12	1,05	1,0	0,93	0,83	0,78	1,71
Легированная конструкционная сталь	1,54	1,38	1,23	1,12	1,05	1,0	0,91	0,81	0,75	0,66
В зависимости от главного угла в плане φ°										
Главный угол в плане φ°	20		30		45		60			
Поправочный коэффициент $k_{\varphi v}$	0,75		1,0		1,0		0,65			

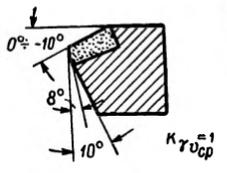
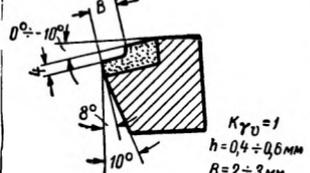
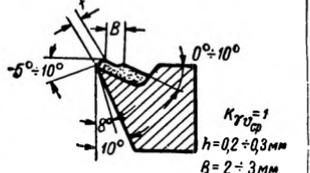
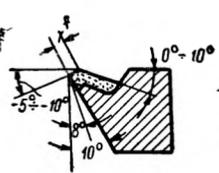
Режимы резания при точении серого чугуна керамическими резцами ЦМ-332

Обрабатываемый материал	Твердость H_B	Скорость резания, м/мин	Глубина резания, мм	Подача S , мм/об							
				0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70
				скорость резания v м/мин							
Чугун серый	140	$v_{90} = \frac{336}{S^{0,2} f^{0,2}}$	0,5	565	532	509	492	—	—	—	—
			1,0	492	465	445	427	—	—	—	—
			1,5	443	418	400	386	364	—	—	—
			2,0	427	389	386	374	352	337	—	—
			2,5	412	386	370	358	338	332	311	—
			3,0	396	374	358	344	325	311	300	290
	180	$v_{90} = \frac{256}{S^{0,2} f^{0,2}}$	0,5	428	401	386	375	—	—	—	—
			1,0	374	353	338	325	—	—	—	—
			1,5	337	318	304	293	276	—	—	—
			2,0	325	295	293	283	267	255	—	—
			2,5	313	293	281	272	256	245	236	—
			3,0	301	284	272	261	247	236	223	221
	220	$v_{90} = \frac{157}{S^{0,2} f^{0,2}}$	0,5	264	278	237	230	—	—	—	—
			1,0	230	217	207	200	—	—	—	—
			1,5	207	195	186	180	169	—	—	—
			2,0	200	182	180	174	164	157	—	—
			2,5	192	180	173	167	158	150	145	—
			3,0	185	174	167	160	156	145	140	136

Поправочные коэффициенты на режимы резания при точении серого чугуна керамическими резцами ЦМ-332

В зависимости от стойкости резца T , мин.										
Стойкость режущих кромок, мин.	20	30	45	60	75	90	120	180	240	360
Поправочный коэффициент $k_{T\tau}$	1,89	1,60	1,34	1,18	1,09	1,0	0,91	0,76	0,66	0,58
В зависимости от главного угла в плане φ^0										
Главный угол в плане φ^0	20	30	45	60						
Поправочный коэффициент $k_{\varphi v}$	0,75	1,0	1,0	0,65						

Выбор главных и вспомогательных углов резания керамических резцов

Обрабатываемый материал	Форма передней грани резца			
	I — плоская отрицательная		II — с отрицательной риской	
	плоская	плоская с порошком	плоская	радиусная
	 <p>$0^{\circ} - 10^{\circ}$ 8° 10° $K_{\gamma_{0cp}} = 1$</p>	 <p>$0^{\circ} - 10^{\circ}$ 8° 10° $K_{\gamma_{0cp}} = 1$ $h = 0,4 \pm 0,6 \text{ мм}$ $B = 2 \pm 3 \text{ мм}$</p>	 <p>$0^{\circ} - 10^{\circ}$ 8° 10° $K_{\gamma_{0cp}} = 1$ $h = 0,2 \pm 0,3 \text{ мм}$ $B = 2 \pm 3 \text{ мм}$ $f = 1,5 \text{ мм}$</p>	 <p>$0^{\circ} - 10^{\circ}$ 8° 10° $K_{\gamma_{0cp}} = 1$ $h = 0,2 \pm 0,3 \text{ мм}$ $B = 2 \pm 3 \text{ мм}$ $f = 1,5 \text{ мм}$</p>
Для обработки стали и чугуна при достаточно жесткой системе станок — деталь — инструмент		Для обработки стали и чугуна при недостаточно жесткой системе станок — деталь — инструмент		
γ	α	γ	α	

Сталь конструкционная углеродистая и легированная	—10	8—10	10	8—10
Чугун серый	—10	—	10	—

В зависимости от условий работы

Условия работы	Наименование угла, град	Численное значение
Равномерный припуск	Угол наклона главной режущей кромки λ	0—5
При переднем главном угле $\gamma = 10^\circ \div 12^\circ$ и главном угле в плане $\varphi = 70^\circ$		10—12
Неравномерный припуск	Главный угол в плане φ	10—18
Маложесткая система и малая глубина резания		20—30
Достаточно жесткая система станок — деталь — инструмент		45
Недостаточно жесткая система станок — деталь — инструмент		60—75

Режимы резания при зенкеровании отверстия
Чугун серый $H_B = 190$
Зенкера из быстрорежущей стали Р9. Без охлаждения

Подача S , мм/об	Диаметр зенкера D , мм																		
	15			18			20			25			30			35			
	Припуск на сторону t , мм																		
	0,5			0,5			0,5			0,75			0,75			0,75			
v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин		
0,4	32,4	690	276	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,6	27,4	581	348	28,5	504	303	28,4	452	272	—	—	—	—	—	—	—	—		
0,7	25,8	547	383	26,8	475	332	26,7	425	298	—	—	—	—	—	—	—	—		
0,8	24,5	520	416	25,0	442	354	25,0	398	319	25,0	318	254	—	—	—	—	—		
1,0	22,4	476	476	23,2	411	411	23,2	370	370	21,5	274	219	—	—	—	—	—		
										22,8	290	290	23,5	250	250	24,0	218	218	
1,2	20,8	442	530	21,6	382	458	21,6	344	413	19,7	251	251	20,0	212	212	20,2	184	184	
										21,2	269	324	21,6	229	275	22,0	200	240	
1,4	—	—	—	20,3	360	505	20,3	324	455	18,4	234	281	18,6	198	236	18,8	170	204	
										20,0	254	356	20,3	215	301	20,7	188	263	
1,6	—	—	—	—	—	—	19,4	309	495	17,3	220	308	17,5	186	261	17,7	161	226	
										18,8	238	380	19,4	206	330	19,6	178	285	
1,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,3	207	332	16,5	175	280	16,8	153	245	
										18,0	229	413	18,4	195	251	18,7	170	306	
2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,5	197	354	15,7	167	301	16,0	145	261	
										17,3	220	440	17,7	188	376	17,9	163	326	
2,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,0	191	382	15,3	163	326	15,3	139	278	
2,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17,3	157	346
																	14,7	133	293
																	16,9	154	370
																	14,2	129	310

Подача S , мл/об	Диаметр зенкера D , мм																	
	40			45			50			60			70			80		
	Припуск на сторону t , мм																	
	1,0			1,0			1,25			1,5			1,75			2,0		
	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин
1,2	17,5	139	167	17,9	127	152	17,4	111	133	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,4	18,6	132	183	17,2	122	171	16,4	104	146	16,6	88	123	—	—	—	—	—	—
1,6	15,7	125	200	16,4	116	186	15,6	99	157	15,7	83	132	15,1	68	103	—	—	—
1,8	15,0	119	214	15,6	110	198	14,8	94	169	14,9	79	142	14,4	65	117	14,7	58	104
2,0	14,3	114	228	14,8	105	210	14,2	91	182	14,4	76,5	153	13,8	63	126	14,0	56	112
2,2	13,8	110	242	14,3	101	222	13,7	87	192	13,8	73	160	13,3	60	132	13,5	53	116
2,4	13,4	107	257	13,9	99	238	13,3	85	204	13,3	70,5	169	12,8	57	137	13,0	52	124
2,6	13,0	104	270	13,5	96	250	12,8	81	210	12,9	68,5	178	12,4	56	145	12,6	50	130
2,8	12,6	100	280	13,0	92	258	12,3	78	218	12,5	66,4	186	12,0	55	154	12,3	49	137
3,0	—	—	—	12,7	90	270	12,1	77	230	12,2	64,7	194	11,7	53	159	11,9	47	141
3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,5	60,8	213	11,10	50	175	11,3	45	157
4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,5	48	192	10,7	43	172

Подача S, мм/об	Диаметр зенкера D, мм																	
	40			45			50			60			70			80		
	Припуск на сторону t, мм																	
	1,0			1,0			1,25			1,5			1,75			2,0		
v м/мин	п об/мин	S мм/мин	v м/мин	п об/мин	S мм/мин	v м/мин	п об/мин	S мм/мин	v м/мин	п об/мин	S мм/мин	v м/мин	п об/мин	S мм/мин	v м/мин	п об/мин	S мм/мин	
0,7	15,7	125	87	15,8	111	78	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,8	14,7	117	94	14,8	105	84	13,7	87	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0	13,1	104	104	13,2	93	93	12,3	78	78	11,0	58,5	59	10,6	48,2	48	—	—	—
1,2	11,9	95	114	12,0	85	102	11,1	71	85	10,0	53,2	64	9,7	44,0	53	9,8	39,0	46,8
1,4	11,1	88	123	11,2	79	110	10,4	66	93	9,3	49,5	69	9,0	41,0	58	9,1	36,2	51,0
1,6	10,3	82	131	10,3	73	117	9,7	62	99	8,7	46,2	74	8,4	38,2	61	8,5	33,8	54,0
1,8	9,8	78	141	9,8	69	125	9,2	59	106	8,2	43,6	79	7,9	36,0	65	8,0	31,9	51,0
2,0	9,4	75	150	9,4	66	132	8,7	56	112	7,8	41,5	83	7,5	34,0	68	7,6	30,2	60
2,2	8,9	71	156	8,9	63	138	8,9	53	117	7,4	39,4	87	7,2	32,8	72	7,2	28,6	63
2,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,1	37,8	91	6,9	31,4	75	7,0	27,8	67
2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,6	30,0	78	6,8	27,0	70
2,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,5	26,0	73

Режим резания при зенкеровании отверстий
 Бронза Бр. АЖ 9-4, $H_B = 100 \div 140$
 Зенкера из быстрорежущей стали Р9. Без охлаждения

Подача, S мм/об	Диаметр зенкера D , мм																		
	15			18			20			25			30			35			
	Припуск на сторону t , мм																		
	0,5			0,5			0,5			0,75			0,75			0,75			
v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин		
0,4	72	1530	612	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,6	61,0	1295	777	63,6	1125	675	64	1020	612	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,7	57,7	1225	858	59,4	1050	735	59,4	947	663	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,8	54,5	1157	925	54,5	965	771	54,5	870	696	55,7	710	568	—	—	—	—	—	—	
1,0	49,5	1050	1050	51,9	920	920	51,1	815	815	47,9	611	490	—	—	—	—	—	—	
										50,8	648	648	52,5	557	557	53,2	484	484	
1,2	46,2	983	1180	47,8	845	1015	47,8	762	915	43,8	558	558	44,6	475	475	45,0	409	409	
										47,2	602	723	48,0	510	612	48,9	445	535	
1,4	—	—	—	45,3	803	1120	44,6	712	1000	41,2	526	630	41,8	445	535	42,0	382	458	
										44,6	569	795	45,3	482	675	46,2	420	587	
1,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38,5	491	687	40,5	430	602	39,4	358	502	
										42,0	535	855	43,2	460	735	43,7	398	637	
1,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36,3	462	740	36,8	391	625	37,5	341	545	
										40,0	510	918	40,8	433	780	41,9	381	685	
2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34,8	444	800	35,0	372	670	35,5	323	581	
										40,2	513	1026	39,6	420	840	40,2	366	732	
2,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33,4	426	852	33,9	360	720	34,0	309	618	
2,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38,5	350	770
										—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37,5	341	820
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31,6	287	690

Поддача S, мм/об	Диаметр зенкера D, мм																	
	40			45			50			60			70			80		
	Припуск на сторону t, мм																	
	1,0			1,0			1,25			1,5			1,75			2,0		
	v м/мин	п об/мин	S мм/мин	v м/мин	п об/мин	S мм/мин	v м/мин	п об/мин	S мм/мин	v м/мин	п об/мин	S мм/мин	v м/мин	п об/мин	S мм/мин	v м/мин	п об/мин	S мм/мин
1,2	39,0	311	373	39,9	283	340	39,8	253	304	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,4	36,9	284	398	38,2	271	380	36,5	232	325	36,9	196	274	—	—	—	—	—	—
1,6	35,0	279	447	36,6	259	415	34,8	221	354	35,0	186	298	33,6	153	244	—	—	—
1,8	33,3	265	477	34,7	246	443	33,0	210	378	33,3	177	318	32,1	146	262	32,9	131	236
2,0	32,0	255	510	33,0	234	468	31,6	201	402	32,2	171	342	30,6	139	278	31,2	124	248
2,2	30,6	244	537	32,0	227	500	30,4	193	425	30,9	164	361	29,7	135	297	30,0	120	264
2,4	29,9	238	512	31,1	220	528	29,7	189	454	29,7	158	379	28,5	130	312	29,0	116	279
2,6	29,0	231	601	30,0	213	550	28,5	181	471	28,6	152	396	27,8	127	330	28,0	112	292
2,8	28,0	223	625	29,1	206	577	27,3	174	487	28,0	149	417	26,7	122	342	27,1	108	302
3,0	—	—	—	28,3	200	600	26,8	170	510	27,1	144	432	26,1	119	357	26,5	106	318
3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25,5	135	473	24,8	113	396	25,2	101	354
4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23,4	107	428	24,0	96	384

Режимы резания при разворачивании
Чугун серый $H_B = 190$
Развертки из стали Р9. Без охлаждения

Подача S , мм/об	Диаметр развертки D , мм														
	5			10			15			20			25		
	Припуск на диаметр, мм														
	0,1			0,15			0,20			0,25			0,25		
	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин
До 0,5	19,2	1230	615	17,6	560	280	15,2	323	162	15,1	240	120	14,5	184	92
0,6	17,5	1120	670	16,1	512	307	13,9	295	177	13,8	219	131	13,2	168	101
0,7	16,2	1035	725	14,9	474	332	12,9	274	191	12,7	202	141	12,3	157	110
0,8	15,2	970	775	14,0	445	356	12,1	257	206	12,0	190	152	11,5	146	117
1,0	13,6	870	870	12,5	399	399	10,8	229	229	10,7	170	170	10,3	131	131
1,2	12,4	793	952	11,4	362	435	9,9	210	252	9,7	154	185	9,4	120	144
1,4	11,5	735	1030	10,6	337	473	9,2	195	272	9,1	145	203	8,8	112	157
1,6	10,7	685	1095	9,8	310	496	8,5	180	288	8,4	134	214	8,1	103	165
1,8	10,2	651	1170	9,3	295	530	8,1	172	310	8,0	127	229	7,7	98	176
2,0	9,7	620	1240	8,9	282	564	7,7	163	326	7,6	121	242	7,3	93	186
2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,8	108	270	6,5	82,6	206
3,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,2	99	297	6,0	76,3	229

Подача S , мм/об	Диаметр развертки D , мм														
	30			40			50			60			80		
	Припуск на диаметр, мм														
	0,25			0,3			0,3			0,4			0,5		
	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин
0,80	11,4	121	97	9,9	78,5	63	10,4	66,3	53	9,6	510	40,8	9,4	37,5	30
1,0	10,2	108	108	8,8	69,5	69,5	9,3	59,0	59	8,6	45,7	45,7	8,4	33,6	33,6
1,2	9,3	98,5	118	8,0	63,5	76,0	8,5	54,0	65	7,8	41,5	49,7	7,6	31,0	37,2
1,4	8,7	92,4	129	7,5	59,5	83,0	7,9	50,3	70,5	7,3	38,8	53,4	7,1	28,4	33,8
1,6	8,0	85,0	136	6,9	54,6	87,5	7,3	46,5	74,5	6,7	35,6	57,0	6,6	26,4	42,2
1,8	7,6	80,5	145	6,6	52,3	94,1	6,9	44,0	79,3	6,4	34,0	61,3	6,3	25,2	75,5
2,0	7,2	76,5	153	6,2	49,0	98,0	6,6	42,0	84,0	6,1	32,5	65,0	6,0	24,0	48,0
2,2	6,9	73,2	161	5,9	46,7	103	6,3	40,2	88,5	5,8	30,8	67,7	5,70	22,8	50,0
2,5	6,5	69,0	172	5,6	44,3	111	5,9	37,6	94,0	5,4	28,7	72,0	5,3	21,2	53,0
3,0	5,9	62,5	188	5,1	40,5	121	5,4	34,4	103	5,0	26,6	80,0	4,8	19,2	57,6
4,0	—	—	—	4,4	34,8	139	4,6	29,3	117	4,3	22,8	91,3	4,2	16,8	67,2
5,0	—	—	—	3,9	31,0	155	4,2	26,8	134	3,8	20,2	101	3,8	15,2	76

Режимы резания при развертывании
 Сталь углеродистая $\sigma_B = 75 \text{ кг/см}^2$
 Развертки из стали Р9. С охлаждением

Подача S , мм/об	Диаметр развертки D , мм														
	5			10			15			20			25		
	Припуск на диаметр, мм														
	0,1			0,15			0,2			0,25			0,25		
	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин
До 0,5	17,9	1140	569	17,4	553	276	16,6	353	176	15,9	253	126	14,9	190	95
0,6	15,9	1013	606	15,5	494	295	14,6	310	186	14,1	225	133	13,3	169	101
0,7	14,4	913	638	14,0	446	313	13,4	285	200	12,8	203	141	12,0	153	103
0,8	13,1	838	669	12,8	495	325	12,3	260	208	11,8	186	149	11,0	140	113
1,0	—	—	—	11,1	354	354	10,6	225	225	10,1	161	161	9,5	121	126
1,2	—	—	—	9,9	315	378	9,4	199	239	9,0	143	171	8,4	106	129
1,4	—	—	—	—	—	—	8,8	186	261	8,1	129	180	7,6	98	136
1,6	—	—	—	—	—	—	7,8	165	264	7,5	120	193	7,0	89	143
1,8	—	—	—	—	—	—	7,3	154	278	6,9	110	198	6,5	83	149
2,0	—	—	—	—	—	—	6,8	143	285	6,5	104	208	6,0	76	153
2,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,6	71	156
2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,3	68	169

Подача S , мм/об	Диаметр развертки D , мм														
	30			40			50			60			80		
	Припуск на диаметр, мм														
	0,25			0,3			0,3			0,4			0,5		
	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин
До 0,8	11,0	117	94	9,8	78	62	9,8	63	50	8,5	45,1	36,1	7,5	29,9	23,9
1,0	9,5	101	101	8,4	66	66	8,5	54	54	7,4	39,3	39,3	6,5	25,9	25,9
1,2	8,4	89	107	7,4	59	70	7,5	47,6	57	6,5	34,5	41,4	5,8	23,1	27,7
1,4	7,6	81	113	6,8	54	75	6,8	43,0	60	6,0	31,8	44,5	5,3	21,1	29,5
1,6	7,0	74	118	6,1	48,8	79	6,3	39,9	64	5,4	28,7	45,9	4,8	19,1	30,6
1,8	6,5	69	124	5,8	45,8	83	5,8	36,6	66	5,0	26,5	47,7	4,4	17,5	31,5
2,0	6,0	64	128	5,4	42,8	85	5,4	34,3	69	4,6	24,4	48,8	4,1	16,3	32,6
2,2	5,6	59	130	5,0	39,8	88	5,0	31,8	70	4,4	23,4	51,0	3,9	15,5	34,1
2,5	5,3	56	140	4,6	36,9	93	4,6	29,4	74	4,0	21,2	53,0	3,6	14,3	35,8
3,0	4,6	48,8	146	4,1	32,9	99	4,1	26,3	79	3,6	19,1	57,0	3,1	12,3	36,9
3,5	4,3	45,6	160	3,8	30,0	105	3,8	23,9	84	3,3	17,5	61,0	2,9	11,5	40,3
4,0	3,9	41,4	166	3,4	26,9	108	3,4	21,5	86	3,0	15,9	64,0	2,6	10,4	41,6

Режимы резания при развертывании
Бронза Бр. АЖ9, $H_B = 100 \div 140$
Развертки из стали Р9. Без охлаждения

Подача S , мм/об	Диаметр развертки D , мм														
	5			10			15			20			25		
	Припуск на диаметр, мм														
	0,1			0,15			0,2			0,25			0,25		
v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	
До 0,5	42,7	2720	1360	39,0	1240	620	33,7	717	358	33,8	538	269	32,3	410	205
0,6	39,0	2480	1488	36,0	1145	687	30,7	653	392	30,7	490	294	29,2	372	223
0,7	36,0	2290	1600	33,0	1050	735	28,5	607	425	28,5	455	318	27,0	344	241
0,8	33,9	2160	1725	31,5	1000	800	27,0	573	458	27,0	430	344	25,5	325	260
1,0	30,0	1910	1910	27,7	885	885	24,0	510	510	24,0	382	382	22,5	286	286
1,2	27,6	1760	2110	25,5	815	980	21,7	461	553	21,7	345	415	21,0	267	321
1,4	25,5	1620	2270	23,2	740	1035	20,2	429	602	20,3	323	453	19,5	248	348
1,6	24,0	1530	2450	21,7	692	1110	18,7	397	635	18,7	298	477	18,0	229	367
1,8	22,5	1430	2580	21,0	670	1205	18,0	382	687	18,0	287	517	17,2	219	395
2,0	21,0	1340	2680	19,5	622	1244	17,3	368	736	16,5	263	526	15,7	200	400
2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,0	239	597	14,5	185	463
3,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,8	220	660	13,3	169	507

Подача S , мм/об	Диаметр развертки D , мм														
	30			40			50			60			80		
	Припуск на диаметр, мм														
	0,25			0,3			0,3			0,4			0,5		
v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	v м/мин	n об/мин	S мм/мин	
0,8	25,5	271	217	21,7	173	138	23,2	147	117	21,7	115	92	21,0	84	67
1,0	22,5	239	239	19,5	155	155	21,0	134	134	19,5	103	103	18,7	75	75
1,2	20,3	216	260	18,0	143	172	18,7	119	143	17,2	91	109	16,5	64	77
1,4	19,5	207	291	16,5	131	183	17,2	109	153	16,5	88	123	15,7	62	87
1,6	18,0	191	306	15,4	123	197	16,5	105	168	15,0	80	128	14,7	59	94
1,8	17,2	182	328	14,7	117	211	15,3	97	174	14,2	75	135	14,1	56	101
2,0	15,7	167	334	13,8	110	220	14,7	94	188	13,6	72	144	13,3	53	106
2,2	15,0	159	350	13,2	105	231	14,1	90	198	12,9	68	150	12,7	51	112
2,5	14,4	153	382	12,4	99	247	13,2	84	210	12,0	64	160	11,8	47	117
3,0	13,2	140	420	11,4	91	273	12,0	76	228	11,1	59	177	10,6	42	126
4,0	—	—	—	9,7	77	308	10,2	65	260	9,6	51	204	9,3	37	148
5,0	—	—	—	8,7	69	345	9,2	59	295	8,4	45	225	8,4	33	165

Примечание. При развертывании отверстий с чистой поверхностью $\nabla\nabla\nabla 7$ — $\nabla\nabla\nabla 8$ по ГОСТ 2789—45 скорости резания не должны превышать

Обрабатываемый материал	Классы чистоты	
	$\nabla\nabla\nabla 7$	$\nabla\nabla\nabla 8$
	Скорость резания v , м/мин	
Сталь $\sigma_b < 90$ кг/мм ²	12	6
Сталь $\sigma_b > 90$ кг/мм ²	8	4
Чугун серый $H_B = 190$	15	8
Бронза Бр. АЖ 9-4 $H_B = 100+140$	15	8

Шлифовальные, полировальные и доводочные пасты¹

Название пасты	Компоненты	Вес, %	Применяемость (салка)
Жировая	Петролатум	43,4	Окончательное шлифование
	Солидол	43,0	
	Парафин	13,6	
Мармали- товая	Мармалит	80,8	То же
	Парафин	10,0	
	Сало говяжье или солидол	9,0	
	Церезин	0,2	
Крокусная	Крокус	75,1	Полирование стали после чистовой обработки
	Стеариновая кислота	18,5	
	Олеиновая кислота	1,0	
	Церезин	5,4	
Известковая	Венская известь	71,8	Полирование никеля, латуни, алюминия и других металлов
	Церезин	1,5	
	Стеариновая кислота	23,0	
	Сало говяжье или солидол	1,5	
	Скипидар	2,2	
Хромовая	Окись хрома	73,0	Полирование хрома, нержавеющей стали стальных изделий и т. п.
	Стеариновая кислота	23,0	
	Олеиновая кислота	4,0	

¹ В таблице приводятся пасты Ленинградского карбюраторного завода.

Доводочные пасты

Компоненты	Вес,	Зернистость абразивного вещества (Величина зерна, <i>мк</i>)
Окись алюминия Олеиновая кислота Жир технический Парафин	40 30 20 10	М-7, М-28, М-14 и М-20
Абразивный порошок Олеиновая кислота Парафин	60 30 10	
Окись хрома Олеиновая кислота Жир технический Парафин	40 10 25 25	

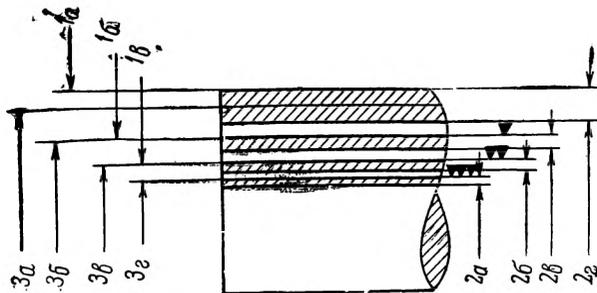
Посадочные пасты (для спаривания)

Компоненты	Вес, %
Окись алюминия	1,5
Жир технический	80,0
Олеиновая кислота	8,5
Парафин	10,0

Пасты ГОИ доводочные

Компоненты	Сорта паст		
	грубая	средняя	тонкая
	содержимое, %		
Окись хрома	81	76	74
Силикагель	2	2	1,8
Стеарин	10	10	10
Расщепленный жир	5	10	10
Двууглекислая сода	—	—	0,2
Олеиновая кислота	—	—	2
Керосин	2	2	2

Припуски и допуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей



1_a — припуск под черновую обточку, 1_b — припуск под чистовую обточку, $1_в$ — припуск под шлифовку; 2_a — допуск на диаметр вала, 2_b — допуск на чистовую обточку, $2_в$ — допуск на черновую обточку, $2_г$ — допуск заготовки; 3_a — номинальный диаметр заготовки, 3_b — номинальный диаметр черновой обточки, $3_в$ — номинальный диаметр чистовой обточки, $3_г$ — номинальный диаметр вала.

Номинальный диаметр вала, мм	Наименование операции	Припуск на диаметр при расчетной длине l , мм										Допускаемые отклонения диаметра вала под операцию	
		до 25	25—63	63—100	100—160	160—250	250—400	400—630	630—1000	1000—1600	1600—2500	Посадка	Величина отклонения ГОСТ 2590—57
До 6	Черновая обточка	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	—	—	—	—	—	—
	Чистовая обточка	1	1	1	1	1,1	1,1	—	—	—	—	B_7	—0,30
	Шлифование $\left\{ \begin{array}{l} а \\ в \end{array} \right.$	0,3 0,3	0,3 0,3	0,3 0,3	0,3 0,3	0,3 0,4	0,4 0,4	— —	— —	— —	— —	C_4	—0,08

6—10	Черновая обточка	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	—	—	—	—	—	—
	Чистовая обточка	1	1	1	1,1	1,1	1,2	—	—	—	—	B ₇	-0,36
	Шлифование { а в	0,3 0,3	0,3 0,3	0,3 0,3	0,3 0,4	0,4 0,4	0,4 0,4	— —	— —	— —	— —	C ₄	-0,10
10—18	Черновая обточка	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	4	—	—	—	—	—
	Чистовая обточка	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	—	—	—	B ₇	-0,43
	Шлифование { а в	0,3 0,3	0,3 0,3	0,3 0,4	0,4 0,4	0,4 0,4	0,4 0,5	0,4 0,5	— —	— —	— —	C ₄	-0,12
18—30	Черновая обточка	3	3	3	3	3,5	3,5	4	5	—	—	—	—
	Чистовая обточка	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	—	—	B ₇	-0,52
	Шлифование { а в	0,3 0,3	0,3 0,4	0,4 0,4	0,4 0,4	0,4 0,4	0,4 0,5	0,5 0,5	0,5 0,6	— —	— —	C ₄	-0,14
30—50	Черновая обточка	3	3	3	3	3,5	3,5	4	5	6	—	—	—
	Чистовая обточка	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1	—	B ₇	-0,62
	Шлифование { а в	0,4 0,4	0,4 0,4	0,4 0,4	0,4 0,4	0,4 0,5	0,5 0,5	0,5 0,6	0,6 0,7 0,9	— —	— —	C ₄	-0,17

Номинальный диаметр вала, мм	Наименование операции	Припуск на диаметр при расчетной длине l , мм										Допускаемые отклонения диаметра вала под операцию	
		до 25	25—63	63—100	100—160	160—250	250—400	400—630	630—1000	1000—1600	1600—2500	посадка	Величина отклонения ГОСТ 2590—57
50—80	Черновая обточка	3,5	3,5	3,5	3,5	4	4	4,5	5,5	6,5	8,5	—	—
	Чистовая обточка	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,2	2,6	B_7	—0,74
	Шлифование $\left\{ \begin{array}{l} а \\ в \end{array} \right.$	0,4 0,4	0,4 0,4	0,4 0,4	0,4 0,5	0,4 0,5	0,5 0,5	0,5 0,6	0,6 0,7	0,7 0,9	0,9 1,2	—	—
80—120	Черновая обточка	4	4	4	4,5	4,5	5	5	6	7	9	—	—
	Чистовая обточка	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,8	2	2,3	2,8	B_7	—0,87
	Шлифование $\left\{ \begin{array}{l} а \\ в \end{array} \right.$	0,4 0,4	0,4 0,5	0,5 0,5	0,5 0,5	0,5 0,6	0,5 0,6	0,6 0,7	0,6 0,9	0,8 1,2	0,9	C_4	—0,23

Примечание. Условные обозначения: а — сырые материалы, в — закаливаемые. Припуски и допуски на обработку конусов принимаются те же, что и на обработку цилиндрических поверхностей.

Точность и чистота поверхности, получаемые
при сверлении отверстий спиральным сверлом

Характеристика обработки	Сверление при диаметре отверстия D , мм					Характеристика обработки	Сверление при диаметре отверстия D , мм				
	3-6	6-10	10-18	18-30	30-50		3-6	6-10	10-18	18-30	30-50
Допуск δ , мк	130	160	200	250	300	Удельное значение увода оси отверстия на 1 мм длины, мк	2,1	1,7	1,3	0,9	0,7
Класс точности	5	5	5	5	5		Начальное смещение оси отверстия C_0 , мк	10	15	20	25
Чистота поверхности H , мк	20	30	40	50	50						
Глубина дефектного слоя T_a , мк	40	50	60	70	70						

Операционные припуски на механическую обработку деталей в судостроении
Обработка внутренних цилиндрических поверхностей

1	2-й класс точности								3-й класс точности					4-й класс точности					
	Сплошной материал				Литье или горячее штампование отверстий				Сплошной материал		Литье или горячее штампование отверстий			Сплошной материал		Литье или горячее штампование отверстий			
	<i>мм</i>																		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Номинальный диаметр отверстия	Сверло	Зенкер лучистой	Развертка черновая	Развертка чистовая	Зенкер черновой	Зенкер получистовой	Развертка черновая	Развертка чистовая	Сверло	Зенкер получистовой	Развертка	Зенкер черновой	Зенкер получистовой	Развертка	Сверло	Зенкер	Зенкер черновой	Зенкер чистовой	
1,5	1,4	—	1,47	1,5	—	—	—	—	1,4	—	1,9	—	—	—	—	—	—	—	
1,8	1,7	—	1,77	1,8	—	—	—	—	1,7	—	1,8	—	—	—	1,5	—	—	—	
2	1,9	—	1,97	2	—	—	—	—	1,9	—	2	—	—	—	1,8	—	—	—	
2,2	2,1	—	2,17	2,2	—	—	—	—	1,9	—	2,2	—	—	—	2	—	—	—	
2,4	2,4	—	2,47	2,5	—	—	—	—	2,4	—	2,4	—	—	—	2,2	—	—	—	
2,5	2,7	—	2,77	2,8	—	—	—	—	2,4	—	2,7	—	—	—	2,5	—	—	—	
2,8	2,7	—	2,77	2,8	—	—	—	—	2,7	—	2,8	—	—	—	2,8	—	—	—	
3	2,9	—	2,96	3	—	—	—	—	2,9	—	3	—	—	—	3	—	—	—	
3,5	3,4	—	3,46	3,5	—	—	—	—	2,4	—	3,5	—	—	—	3,5	—	—	—	
4	3,9	—	3,96	4	—	—	—	—	3,9	—	4	—	—	—	4	—	—	—	
5	4,9	—	4,96	5	—	—	—	—	4,9	—	5	—	—	—	5	—	—	—	
6	5,9	—	5,96	6	—	—	—	—	5,9	—	6	—	—	—	6	—	—	—	
7	6,8	—	6,95	7	—	—	—	—	6,8	—	7	—	—	—	7	—	—	—	
8	7,8	—	7,95	8	—	—	—	—	7,8	—	8	—	—	—	8	—	—	—	
9	8,8	—	8,95	9	—	—	—	—	8,8	—	9	—	—	—	9	—	—	—	
10	9,7	—	9,95	10	—	—	—	—	9,7	—	10	—	—	—	10	—	—	—	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
11	10,7	—	10,94	11	—	—	—	—	10,7	—	11	—	—	—	11	—	—	—
12	10,7	11,85	11,94	12	—	—	—	—	10,7	11,85	12	—	—	—	10,7	12	—	—
13	11,7	12,85	12,94	13	12	12,85	12,94	13	11,7	12,85	13	12	12,85	13	11,7	13	12	13
14	12,7	13,25	13,94	14	13	13,85	13,94	14	12,7	13,85	14	13	13,85	14	12,7	14	13	14
15	13,7	14,85	14,94	15	14	14,85	14,94	15	13,7	14,85	15	14	14,85	15	13,7	15	14	15
16	14,3	15,85	15,94	16	15	15,85	15,94	16	14,3	15,85	16	15	15,85	16	14,3	16	15	16
17	15,3	16,85	16,94	17	16	16,85	16,94	17	15,3	16,85	17	16	16,85	17	15,3	17	16	17
18	16,3	17,85	17,94	18	17	17,85	17,94	18	16,3	17,85	18	17	17,85	18	16,3	18	17	18
19	16,5	18,8	18,93	19	18	18,8	18,93	19	16,5	18,8	19	18	18,8	19	16,5	19	18	19
20	17,6	19,8	19,93	20	19	19,8	19,93	20	17,6	19,8	20	19	19,8	20	17,6	20	19	20
21	18,6	20,8	20,93	21	20	20,8	20,93	21	18,6	20,8	21	20	20,8	21	18,6	21	20	21
22	19,6	21,8	21,93	22	21	21,8	21,93	22	19,6	21,8	22	21	21,8	22	19,6	22	21	22
23	20,6	22,8	22,93	23	22	22,8	22,93	23	20,6	22,8	23	22	22,8	23	20,6	23	22	23
24	21,6	23,8	23,93	24	23	23,8	23,93	24	21,6	23,8	24	23	23,8	24	21,6	24	23	24
25	22,6	24,8	24,93	25	24	24,8	24,93	25	22,6	24,8	25	24	24,8	25	22,6	25	24	25
26	23,6	25,8	25,93	26	25	25,8	25,93	26	23,6	25,8	26	25	25,8	26	23,6	26	25	26
28	25,6	27,8	27,93	28	26	27,8	27,93	28	25,6	27,8	28	26	27,8	28	25,6	28	26	28
30	27,8	29,8	29,93	30	28	29,8	29,93	30	27,6	29,8	30	28	29,8	30	27,6	30	28	30
32	29	31,75	31,92	32	30	31,75	31,92	32	29	31,75	32	30	31,75	32	29	32	30	32
34	31	33,75	33,92	34	32	33,75	33,92	34	31	33,75	34	32	33,75	34	31	34	32	34
35	32	34,75	34,92	35	32	34,75	34,92	35	32	34,75	35	32	34,75	35	32	35	32	35
36	33	35,75	35,92	36	34	35,75	35,92	36	33	35,75	36	34	35,75	36	33	36	34	36
38	35	37,75	37,92	38	36	37,75	37,92	38	35	37,75	38	36	37,75	38	35	38	36	38
40	37	39,75	39,92	40	39	39,75	39,92	40	37	39,75	40	38	39,75	40	37	40	38	40
42	39	41,75	41,92	42	40	41,75	41,92	42	39	41,75	42	40	41,75	42	39	42	40	42

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
44	41,5	43,75	43,92	44	42	43,75	43,92	44	41,5	43,75	44	42	43,75	44	41,5	44	42	44
45	42	44,75	44,92	45	42	44,75	44,92	45	42	44,75	54	42	44,75	45	42	45	42	45
46	42,7	45,75	49,92	46	44	45,75	45,92	46	42,7	45,75	46	44	45,75	46	42,7	46	44	46
48	45	47,75	47,92	48	46	47,75	47,92	48	45	47,75	48	46	47,75	48	45	48	45	48
50	46	49,75	49,92	50	48	49,75	49,92	50	46	49,75	50	48	49,75	50	48	50	48	50
52	48	51,7	51,91	52	50	51,7	51,91	52	48	51,7	52	50	51,7	52	48	52	50	52
55	—	—	—	—	52	54,7	54,91	55	—	—	—	52	54,7	55	—	—	52	55
58	—	—	—	—	55	57,7	57,91	58	—	—	—	55	57,7	58	—	—	55	58
60	—	—	—	—	58	59,7	59,91	60	—	—	—	58	59,7	60	—	—	58	60
62	—	—	—	—	60	61,7	61,91	62	—	—	—	60	61,7	62	—	—	60	62
65	—	—	—	—	62	64,7	64,91	65	—	—	—	62	64,7	65	—	—	62	65
68	—	—	—	—	65	67,7	67,91	68	—	—	—	65	67,7	68	—	—	65	68
70	—	—	—	—	68	69,7	69,91	70	—	—	—	68	69,7	70	—	—	68	70
72	—	—	—	—	70	71,7	71,91	72	—	—	—	70	71,7	72	—	—	70	72
75	—	—	—	—	72	74,7	74,91	76	—	—	—	72	74,7	75	—	—	72	75
78	—	—	—	—	75	77,7	77,91	78	—	—	—	75	77,7	78	—	—	75	78
80	—	—	—	—	78	79,7	79,91	80	—	—	—	78	79,7	80	—	—	78	80
82	—	—	—	—	80	81,65	81,90	82	—	—	—	80	81,65	82	—	—	80	82
85	—	—	—	—	82	85,65	84,90	85	—	—	—	82	84,65	85	—	—	82	85
88	—	—	—	—	85	87,65	87,90	88	—	—	—	85	87,65	88	—	—	85	88
90	—	—	—	—	88	89,65	89,90	90	—	—	—	88	89,65	90	—	—	88	90
92	—	—	—	—	90	91,65	91,90	92	—	—	—	90	91,65	92	—	—	90	92
95	—	—	—	—	92	94,65	94,90	95	—	—	—	92	94,65	95	—	—	92	95
98	—	—	—	—	95	97,65	97,90	98	—	—	—	95	97,65	98	—	—	95	98
100	—	—	—	—	98	99,65	99,90	100	—	—	—	98	99,65	100	—	—	98	100

Режим резания при нарезании метрической и трапецидальной резьбы
методом вихревой нарезки
Работа без охлаждения, стойкость резца 60 мин.

Шаг резьбы S , мм	Окружная подача детали на один оборот резца, мм/об	Обрабатываемый материал				Шаг резьбы S , мм	Окружная подача детали на один оборот резца, мм/об	Обрабатываемый материал			
		Стали с пределом прочности σ_b , кг/мм ²						Стали с пределом прочности σ_b , кг/мм ²			
		55	65	75	85			55	65	75	85
		Скорость резания v , м/мин						Скорость резания v , м/мин			
3	0,4				241	4	0,8	193	168		
	0,6			224	197		1,0	203	173		
	0,8		223	194			1,2	185			
	1,0	234	199				0,4			183	197
	1,2	213					0,6				161
3, 5	0,4					4,5	0,8	182	158		
	0,6			207			1,0	191	163		
	0,8		206	179			1,2	174			
	1,0	216	184				0,4			173	186
	1,2	198					0,6			172	150
4	0,4				209	5	0,8	172	150		
	0,6			194	171		1,0	181	154		
							1,2	165			

Примечание. При нарезании резьбы на деталях из чугуна $H_B = 170 \div 229$ резцами, оснащенными твердым сплавом Т15К6, скорости резания следует применять те же, что и для стали $\sigma_b = 65$ кг/мм².
При снижении стойкости резца до 30 мин. табличные данные умножить на 1,4, а при стойкости до 90 мин. — на 0,8.

Рекомендуемые режимы резания при изготовлении внутренней метрической и трапецидальной резьбы

Механические свойства сталей											
$\sigma_b = 55 \text{ кг/мм}^2$ $H_B = 153 \div 161$			$\sigma_b = 65 \text{ кг/мм}^2$ $H_B = 179 \div 192$			$\sigma_b = 75 \text{ кг/мм}^2$ $H_B = 210 \div 220$			$\sigma_b = 85 \text{ кг/мм}^2$ $H_B = 235 \div 250$		
Подача на один зуб фрезы, мм											
0,30—0,40			0,20—0,30			0,15—0,25			0,10—0,15		
Скорости резания v , м/мин											
Шаг резьбы S , мм	Подача на 1 зуб, мм	Предел прочности σ_b , кг/мм ²				Шаг резьбы S , мм	Подача на 1 зуб, мм	Предел прочности σ_b , кг/мм ²			
		55	65	75	85			55	65	75	85
		Скорость резания, м/мин						Скорость резания, м/мин			
2	0,10	—	—	—	388	6	0,10	—	—	—	224
	0,15	—	—	356	316		0,15	—	—	206	182
	0,20	—	360	312	—		0,20	—	207	180	—
	0,30	346	293	253	—		0,30	200	169	146	—
	0,40	300	—	—	—		0,40	173	—	—	—
3	0,10	—	—	—	317	8	0,10	—	—	—	199
	0,15	—	—	291	258		0,15	—	—	178	158
	0,20	—	294	255	—		0,20	—	180	156	—
	0,30	284	240	207	—		0,30	173	146	127	—
	0,40	244	—	—	—		0,40	150	—	—	—
4	0,10	—	—	—	274	10	0,10	—	—	—	—
	0,15	—	—	252	222		0,15	—	—	160	142
	0,20	—	254	221	—		0,20	—	161	140	—
	0,30	244	206	179	—		0,30	155	131	113	—
	0,40	212	—	—	—		0,40	134	—	—	—

Припуски и допуски на обработку отверстий
Припуски и допуски на протягивание

Номинальный диаметр отверстия, мм		Для отверстий, подготовленных с точностью до 4-го класса		Для отверстий, подготовленных с точностью грубее 4-го класса	
выше		припуск на диаметр	допускаемое отклонение на диаметр под протягивание	припуск на диаметр	допускаемое отклонение на диаметр под протягивание
10	18	0,5	+0,12	0,7	+0,24
10	30	0,6	+0,14	0,8	+0,28
30	50	0,8	+0,17	1,0	+0,34
50	80	1,0	+0,20	1,2	+0,40
80	120	1,2	+0,23	1,5	+0,46
120	150	1,5	+0,26	1,8	+0,58

Примечание. Припуски, приведенные в таблице, даны для отверстий длиной $l=3d$.

При протягивании отверстий

Характеристика метода обработки	Черновое				Чистовое			
	При диаметре отверстия D , мм							
	50-80	80-120	120-180	180-260	50-80	80-120	120-180	180-260
Допуск δ , мк	400	460	530	600	200	230	260	300
Класс точности	5	5	5	5	4	4	4	4
Чистота поверхности H_a , мк	50	50	50	50	20	20	20	20
Класс чистоты	3	3	3	3	5	5	5	5
Глубина дефектного слоя T_a , мк	50	50	50	50	25	25	25	25

Примечание. Тонким протягиванием достигается 2а и 2-й классы точности и 7-8-й классы чистоты поверхности. Притиркой—1-2-й классы точности и 9-12-й классы чистоты поверхности.

При зенкервании отверстий

Характеристика метода обработки	Черновое				Чистовое			
	При диаметре D , мм							
	18-30	30-50	50-80	10-18	18-30	30-50	50-80	
Допуск δ , мк	250	300	350	120	140	170	200	
Класс точности	5	5	5	4	4	4	4	
Чистота поверхности H_a , мк	50	50	50	30	30	30	30	
Класс чистоты	3	3	3	4	4	4	4	
Глубина дефектного слоя T_a , мк	40	50	50	30	40	40	40	

Примечание. Под черновым зенкерванием понимают обработку зенкером по черному литому или прошитому отверстию. Под чистовым—обработку зенкером после сверления или черного зенкерования.

При развертывании отверстий

Характеристика метода обработки	Нормальное					Точное					Тонкое				
	При диаметре отверстия D , мм														
	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80
Допуск δ , мк	58	70	84	100	120	22	27	33	39	46	16	19	23	27	30
Класс точности	3а	3а	3а	3а	3а	2а	2а	2а	2а	2а	2	2	2	2	2
Чистота поверхности H_a , мк	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3
Класс чистоты	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8
Глубина дефектного слоя T_a , мк	15	20	25	25	25	10	10	10	10	10	—	—	—	—	—

Примечание. Виды развертывания определяются допусками на диаметральные размеры разверток.

При протягивании и калибровании отверстий

Характеристика метода обработки	Протягивание				Калибрование шариком или выглаживающей протяжкой				
	При диаметре отверстия D , мм								
	10-18	18-30	30-50	50-80	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80
Допуск δ , мк	27	33	39	46	16	19	23	27	30
Класс точности	2а	2а	2а	2а	2	2	2	2	2
Чистота поверхности H_a , мк	4	4	4	4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Класс чистоты	7	7	7	7	10	10	10	10	10
Глубина дефектного слоя T_a , мк	6	6	6	6	—	—	—	—	—

Припуски и допуски на тонкую расточку

Номинальный диаметр отверстия, мм		Алюминий		Баббит		Бронза и чугун		Сталь		Допускаемое отклонение припуска под операцию	
свыше	до	преварительная	окончательная	преварительная	окончательная	преварительная	окончательная	преварительная	окончательная	преварительную	окончательную
30	30	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	+0,08	+0,04
	50	0,3	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	+0,10	+0,05
50	80	0,4	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	+0,12	+0,06
80	120	0,4	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	+0,14	+0,07
120	180	0,5	0,1	0,6	0,2	0,4	0,1	0,3	0,1	+0,16	+0,08

Припуски и допуски на доводку

Номинальный диаметр отверстия, <i>мм</i>		Припуск на диаметр	Допустимое отклонение припуска
свыше	до		
	50	0,010	+0,005
50	80	0,015	+0,005
80	120	0,020	+0,005



ЛИТЕРАТУРА

1. Абразивные инструменты. Центральное бюро технической информации, Москва, 1950.
 2. Алексеев Г. А., Аршинов В. А., Смольников Е. А., Расчет и конструирование режущего инструмента, Машгиз, 1951.
 3. Ансеров М. А., Герст В. М., Приспособление для металлорежущих станков, Машгиз, 1956.
 4. Апарин Г. А., Городецкий Н. Е., Допуски и технические измерения, Машгиз, 1953.
 5. Горошкин А. К., Приспособления для металлорежущих станков, Машгиз, 1953.
 6. Дьяченко Р. Е., Вайнштейн В. Е., Розенберг В. С., Количественная оценка неровностей обработанных поверхностей, АН СССР, 1952.
 7. Качество обработки поверхностей, Труды технологической конференции, Машгиз, 1954.
 8. Перфильев Г. Л., Серебренников Ю. Б., Автоматизация контроля размеров деталей в процессе обработки, Уральский политехнический институт, Машгиз, Москва, 1951.
 9. Приспособления и автоматизирующие устройства для металлорежущих станков, ч. I, Труды Ленинградской производственно-технической конференции, Машгиз, 1951.
 10. Прогрессивная технология машиностроения, ч. I, Машгиз, 1957.
 11. Рубинов А. Д., Абаджи К. И., Цеховой контрольно-измерительный инструмент, Машгиз, 1957.
 12. Семенченко И. И., Энциклопедический справочник машиностроения, Машгиз, 1948.
 13. Справочник технолога машиностроителя, Машгиз, 1956.
 14. Точность механической обработки и пути ее повышения. Труды технологической конференции, Машгиз, 1954.
 15. Яхин А. Б., Ефимов В. П., Технология приборостроения. Сборник, 1955.
-

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
3	20 св.	Зинкера	Зенкера
22	13 сн.	крайние витки	крайними витками
	9	$f S = \delta S l \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \dots$	$f S = \delta S \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \dots$
42	14 »	имеющим	имеют
109	1 »	шпинделя.	лимба.
119	Табл. 23	гранит	гранат
120	28 сн.	} гранит	гранат
	26 »		
	25 »		
	23 »		
131	7 св.	винту 4.	винту 5.

А. С. Кессельман.