



Национальный исследовательский
Томский политехнический университет

Теория резания и режущий инструмент

(Резание материалов и режущий инструмент)

в 2-х частях. Ч.1-2

Лектор - Козлов Виктор Николаевич,
доцент отделения машиностроения ИШНПТ

IShNPT 材料科学系副教授

моб. тел. 8-952-809-38-60

Дополнения на китайском – Чжан Цинжун,
cinzhun1@tpu.ru, гр.154A71 cinzhun1@tpu.ru

Лекции – 32 часа, лабораторные работы – 32 часа,
практические занятия – 32 часа, 120 часов сам. работы,
6 кредитов 6学分. Экзамен + ИДЗ.

ИДЗ– 10-12 стр. пояснительной записки и чертежи
фасонного резца и протяжки 切刀和拉刀图纸 (формат A2 – A3).

Литература

• Основная литература:

1. Кожевников Д.В., Кирсанов С.В. Резание материалов. –М.: Машиностроение, 2012. –304 с..
2. Кожевников Д.В., Гречишников В.А., Кирсанов С.В., Григорьев С.Н., Схиртладзе А.Г. Режущий инструмент: учебник для вузов / Под общ. ред. С.В. Кирсанова. М.: Машиностроение, 2014, 520 с.
3. Справочник конструктора-инструментальщика. / под ред. В.А. Гречишникова, С.В. Кирсанова. М.: Машиностроение, 2006, 542 с.
4. Проектирование режущих инструментов. Методические указания и задания к курсовой работе для студентов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения» ИДО / сост. С.В. Кирсанов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.– 77 с.222

Дополнительная литература:

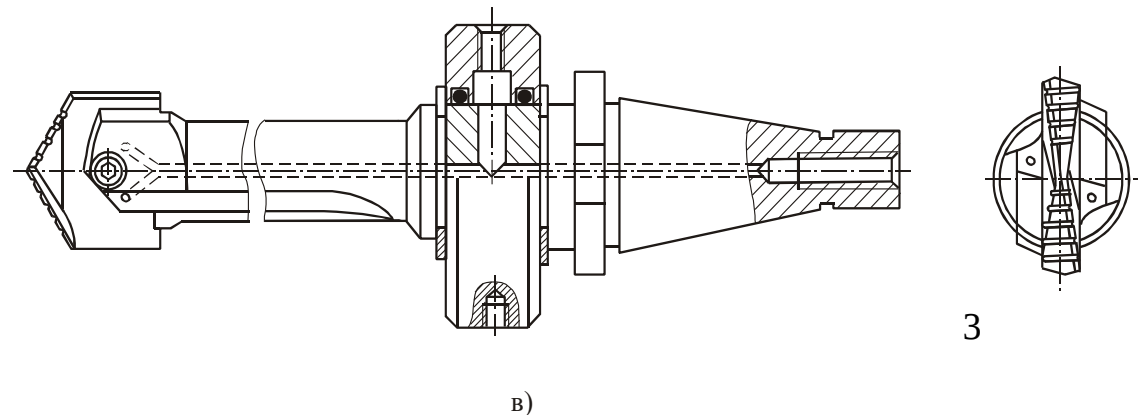
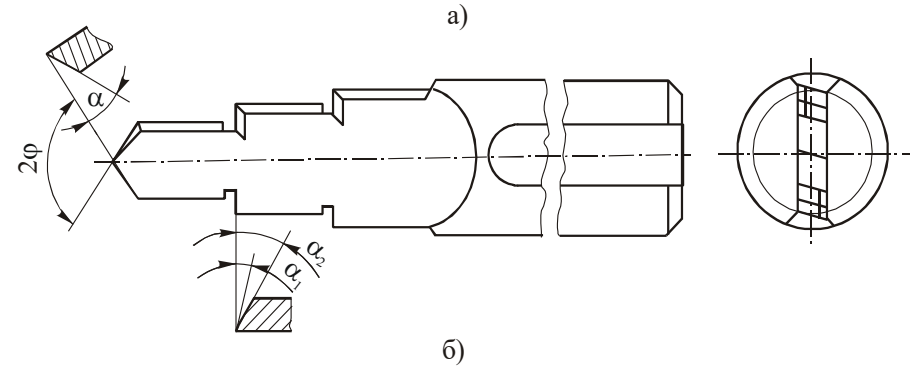
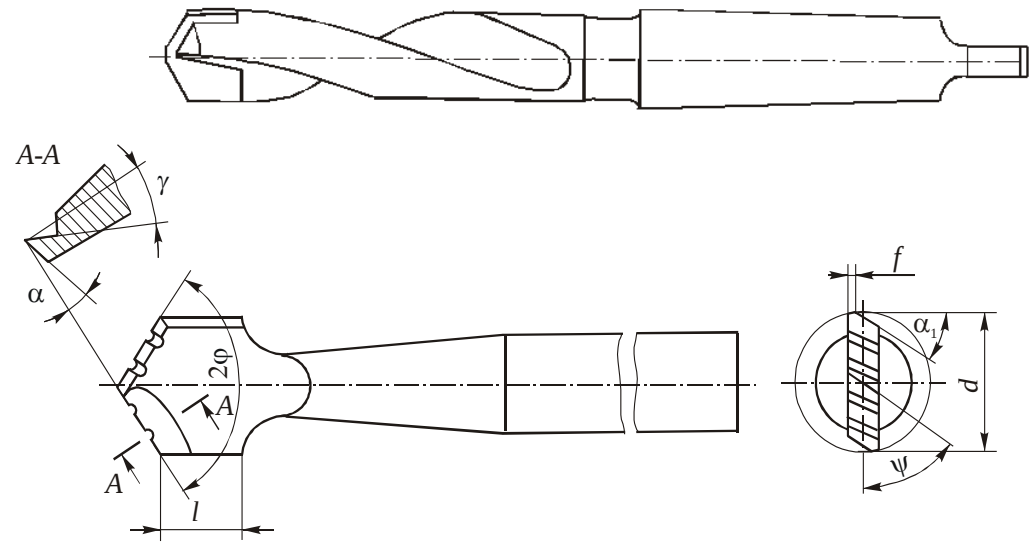
5. Арляпов А.Ю., Галин Н.Е., Ким А.Б., Сбоев В.Н. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Резание материалов и режущий инструмент»– Томск, 2012, - 35 с.
6. Кирсанов С.В. Методические указания по выполнению **лабораторных работ** по дисциплине «Резание материалов и режущий инструмент»– Томск, 2012, - 35 с.
7. Кирсанов С.В. Методические указания по выполнению **практических** занятий по дисциплине «Резание материалов и режущий инструмент»– Томск, 2012, - 35 с.
8. Козлов В.Н. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Резание материалов и режущий инструмент»– Томск, 2012, - 35 с.
9. Kirsanov S.V. Material cutting and cutting tools: study aid / S.V. Kirsanov; Tomsk Polytechnic University. – Tomsk: TPU Publishing House, 2012, 196 p.

Мерные режущие инструменты. Свёрла

Мерные режущие инструменты – это инструменты, при применении которых диаметр отверстия равен диаметру инструмента (свёрла, зенкеры, развёртки и т.п.). 量具的切削工具是指使用中的孔径等于工具直径的工具（钻头，沉头孔，铰刀等）。

Свёрла – это осевые режущие инструменты, предназначенные для **образования отверстий в сплошном материале**, а также для обработки (**рассверливания**) отверстий, предварительно изготовленных ковкой, штамповкой, литьем или сверлением. 钻头是轴向切削工具，设计用于在固体材料上打孔，并用于加工（定孔）先前通过锻造，冲压，铸造或钻孔制成的孔。 Они широко применяются в машиностроении, занимая по этому признаку второе место после резцов. 它们被广泛用于机械工程中，在此基础上仅次于刀具。 Кинематика процесса сверления состоит из двух движений: главного – вращательного вокруг оси инструмента (заготовки) и поступательного – движения подачи вдоль той же оси. 钻孔过程的运动学包括两个运动：主要的运动-绕刀具（工件）轴线旋转，而平移运动-沿同一轴线运动。 По

конструктивному исполнению сверла отличаются большим разнообразием, которое можно свести к следующим основным типам: 通过设计，演习非常多样化，可以简化为以下几种主要类型： 1) **перовые** (лопаточные); 羽毛（肩甲骨）； 2) **спиральные** (с винтовыми канавками); 螺旋形（带有螺旋形凹槽）； 3) **специальные** (для сверления глубоких отверстий, кольцевые, комбинированные и др.). 特殊（用于钻深孔，环形，组合式等）。



Мерные режущие инструменты. Свёрла (продолжение)

В качестве материала рабочей части в основном используются быстрорежущие стали и прежде всего сталь марки **P6M5**. 作为工作部件的材料, 主要使用高速钢, 首先是P6M5钢。В последние годы в больших объемах выпускаются различные конструкции сверл, оснащенных **твердыми сплавами**. 近年来, 大量生产了具有碳化物的钻头的各种设计。Достоинствами перовых сверл являются **простота конструкции**, а также возможность изготовления их **любого диаметра и длины даже в условиях ремонтных мастерских**. 羽毛钻的优点是设计简单, 甚至可以在维修车间制造任何直径和长度的羽毛钻。

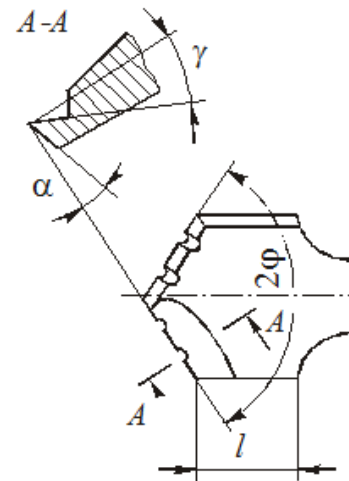
Недостатки перовых сверл: 1) **затрудненные условия отвода стружки**; 2) **склонность к вибрациям** из-за малой жесткости режущей части; 3) **небольшой запас на переточку**; 4) **низкую производительность** процесса сверления **из-за малых значений подачи** и в связи с необходимостью **периодического вывода сверла** из отверстия для освобождения от стружки. 羽毛钻的缺点: 1) **去除切屑的困难条件**; 2) **由于切削零件的刚性低而易于振动**; 3) **用于再研磨的少量库存**; 4) **由于进给速度低以及需要定期从孔中取出钻头以使其脱离切屑, 因此钻孔过程的生产率较低**。

Часто применяется для сверления неглубоких **ступенчатых отверстий** на **станках-автоматах**, что позволяет сократить число операций и, следовательно, инструментов. 它通常用于在自动机器上钻浅台阶孔, 从而减少了操作次数, 从而减少了工具数量。Сборное перовое сверло с **режущей сменной пластиной** может закрепляться в стержне любой длины. 带有可转位切削刀片的可装配式尖头钻可以固定在任何长度的轴上。

Для улучшения отвода стружки предусматривается ее деление по ширине с помощью **стружкодробящих канавок на задних поверхностях**. Через патрон и отверстие в стержне можно подавать под давлением СОЖ, которая одновременно с отводом тепла из зоны резания вымывает стружку из отверстия. 为了改善切屑的去除, 通过使用后表面上的断屑槽进行宽度划分。通过卡盘和杆上的孔, 可以在压力下供应冷却液, 冷却液在从切削区带走热量的同时, 从孔中冲洗掉切屑。

Набор быстросменных пластин, разных по диаметру, позволяет сократить номенклатуру сверл и расходы на их изготовление. Такие сверла в последние годы стали широко применять **на многооперационных станках с ЧПУ**, главным образом при рассверливании отверстий. 一组直径不同的快速更换刀片, 可减少钻头的范围并降低其生产成本。近年来, 这类钻头已广泛用于多操作CNC机床上, 主要用于扩孔。

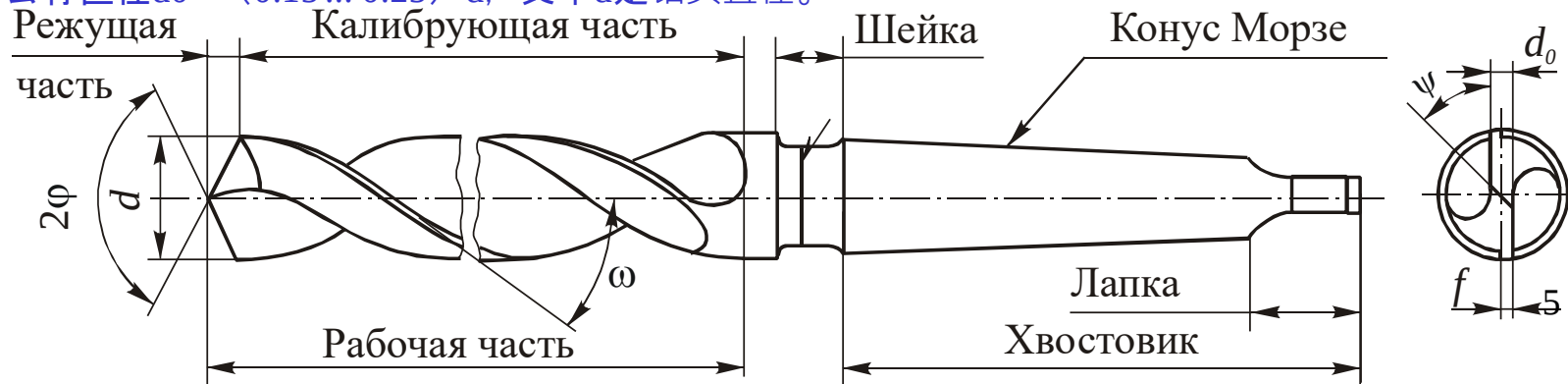
Схемы резания, применяемые **裁切图案**



Свёрла (продолжение)

Спиральные или, правильнее, винтовые, сверла были впервые показаны на Всемирной торговой выставке в 1867 г. американской фирмой Морзе. 1867年, 美国公司莫尔斯 (Morse) 首次在世界贸易博览会上展示了螺旋钻, 或更准确地说, 是螺旋钻。До настоящего времени основные особенности их конструкции сохранились практически неизменными. 到目前为止, 其设计的主要特征几乎保持不变。Спиральные сверла нашли наибольшее применение благодаря следующим достоинствам **麻花钻由于以下优点而被广泛使用**: 1) **хороший отвод стружки** из обрабатываемого отверстия из-за наличия винтовых канавок **由于螺旋槽的存在, 从加工孔中良好地排屑**; 2) **положительные передние углы** на большей длине главных режущих кромок **较长主切削刃上的正前角**; 3) **большой запас на переточку**, которая производится **по задним поверхностям и может выполняться вручную или на специальных заточных станках**, в том числе станках-автоматах **在背面可以进行大面积的重新研磨, 可以手动进行, 也可以在包括自动机在内的特殊磨刀机上进行**; 4) **хорошее направление сверла в отверстии** из-за наличия калибрующих ленточек на наружной поверхности калибрующей части инструмента **由于工具的量具部分的外表面上存在量规条, 使钻头在孔中方向良好**. Производство спиральных сверл осуществляется в **специализированных цехах или заводах** в условиях крупносерийного или массового производства **麻花钻的生产在大规模或大量生产条件下的专门车间或工厂中进行**. Поэтому, несмотря на сложное конструктивное исполнение, **себестоимость этих сверл невелика**. 因此, 尽管设计复杂, 但这些钻头的成本却很低。

На **конической режущей части** с углом 2ϕ при вершине расположены **две главные режущие кромки** – линии пересечения винтовых передних и задних поверхностей. 在顶点处成 2° 角的锥形切削零件上, 有两个主切削刃-螺旋形前后表面的相交线。Форма задних поверхностей определяется методом заточки. 后表面的形状通过锐化方法确定。В результате пересечения двух задних поверхностей образуется **поперечная режущая кромка**, наклоненная к главной режущей кромке под углом ψ . 由于两个侧面的相交, 形成了横向切削刃, 该横向切削刃相对于主切削刃倾斜一个角度 θ 。Эта кромка располагается на сердцевине сверла с **условным диаметром** $d_0 = (0,15 \dots 0,25)d$, где d – диаметр сверла. 该边缘位于钻芯上, **公称直径** $d_0 = (0.15 \dots 0.25) d$, 其中 d 是钻头直径。

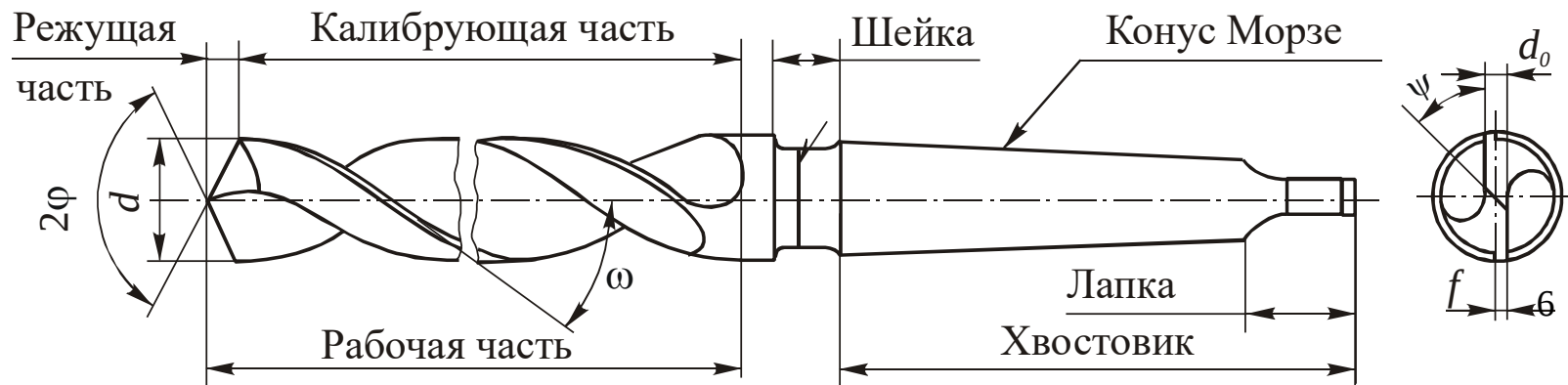


Свёрла (продолжение)

Две вспомогательные режущие кромки лежат на пересечении передних поверхностей и цилиндрических калибрующих ленточек, направляющих сверло в отверстия и образующих калибрующую часть сверла. **两个辅助切削刃位于前刀面和圆柱状校准条的交点上，这些校准条将钻头引导到孔中并形成钻头的校准部分。** Угол наклона вспомогательных кромок к оси сверла ω определяет в основном величину передних углов γ на главных режущих кромках, которые переменны по величине в разных точках этих кромок. **辅助刃相对于钻削轴线 $\square$ 的倾斜角基本上决定了主切削刃上的前角 $\square$ 的值，该角度在大小上在这些刃的不同点处是可变的。** Для снижения трения калибрующих ленточек о стенки отверстия их ширину в зависимости от диаметра сверла принимают равной $f = (0,32 \dots 0,45) \sqrt{d}$, а высоту $\Delta = 0,1 \dots 0,3$ мм. **为了减少校准条对孔壁的摩擦，根据钻头的直径，将其宽度设为 $f = (0.32 \dots 0.45)$ ，高度 $height = 0.1 \dots 0.3$ mm。** Во избежание защемления сверла в отверстии предусматривается уменьшение его диаметра к хвостовику – обратная конусность, равная 0,03...0,12 мм на 100 мм длины рабочей части. **为避免将钻头卡在孔中，计划将钻头的直径减小为-反向锥度，每100毫米工作部件长度等于0.03... 0.12毫米。** У сердцевины сверла с целью повышения его прочности и жесткости предусматривается прямая конусность, т.е. увеличение ее диаметра в направлении к хвостовику, равное 1,4...1,7 мм на 100 мм длины. **为了增加其强度和刚度，钻头的芯被设计成具有直锥度，即锥度。朝向柄的直径增加，每100毫米长度等于1.4... 1.7毫米。** При переточке сверла диаметр отверстия и глубина канавок будут немного уменьшаться. **再磨钻头时，孔直径和凹槽深度会略微减小。**

Режущая и калибрующая части сверла составляют его рабочую часть, по длине которой сверла делятся на короткую, среднюю и длинную серии. **钻头的切削和校准部分组成其工作部分，沿着钻头的长度将钻头分为短系列，中系列和长系列。**

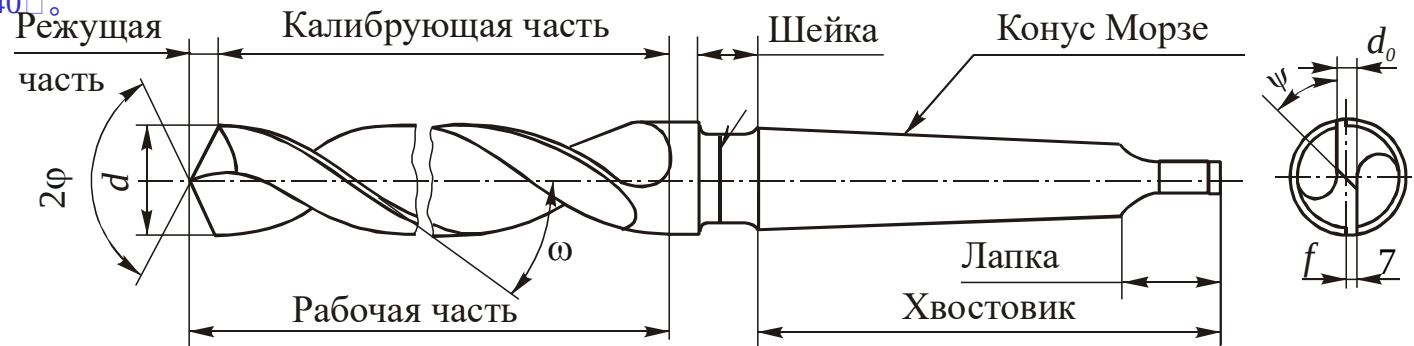
Стандартные спиральные сверла изготавливают диаметром 0,1...80 мм с допусками по $h8 \dots h9$. **标准麻花钻的直径为0.1 ... 80 mm，公差为 $h8 \dots h9$ 。** За рабочей частью сверла следует шейка, которая используется для нанесения маркировки сверла: диаметра, материала режущей части, товарного знака завода-изготовителя. **钻头的工作部分后面有一个颈部，用于标记钻头：直径，切削部分的材料，制造商的商标。**



Свёрла (продолжение)

Хвостовики бывают двух типов: **конические** (типа Морзе) с лапкой на конце для сверл $d = 6 \dots 80$ мм и **цилиндрические** – для сверл $d = 0,1 \dots 20$ мм. **柄有两种类型：圆锥形（莫尔斯型），端部带有底脚，用于 $d = 6 \dots 80$ mm 的钻头；而圆柱形- $d = 0.1 \dots 20$ mm 的钻头。** У сверл $d > 8$ мм хвостовики делают из конструкционной стали 45 или 40Х, свариваемой с рабочей частью. **对于 $d > 8$ mm 的钻头，刀柄由45或40X结构钢焊接到工作部件上制成。** Для увеличения силы трения в месте крепления сверла в патроне и **возможности правки сверл по длине хвостовики термически не обрабатывают.** 为了增加钻头在卡盘中的连接点的摩擦力以及沿着长度方向修整钻头的可能性，**不对柄进行热处理。** Лапки сверл для упрочнения **закачивают**, так как они используются для выбивания сверл из отверстия шпинделя станка или из переходной втулки. 钻脚用于将钻头从机床主轴孔或紧定套中敲出，**因此要进行硬化以使其硬化。** **Угол при вершине** 2ϕ , который играет роль главного угла в плане. Обычно $2\phi = 116 \dots 120^\circ$. **顶角 2ϕ ，在平面图中起主角的作用。通常 $2\phi = 116 \dots 120^\circ$ 。** При этом **главные режущие кромки строго прямолинейны** и совпадают с линейчатой образующей винтовой передней поверхности. **在这种情况下，主切削刃是严格直线形的，并且与螺旋形前表面的直纹母线重合。** При заточке сверл угол заточки ($2\phi_{\text{зат}} \neq 2\phi$) может быть изменен в пределах от 70 до 135° . **磨削钻头时，可以在 70 至 135° 的范围内更改磨削角度 ($2\phi_{\text{зат}} \neq 2\phi$)。** При этом **режущие кромки становятся криволинейными**, меняются соотношение ширины и толщины срезаемой стружки, а также величины передних углов на главных режущих кромках. **在这种情况下，切削刃会变成曲线，切屑的宽度和厚度之比以及主切削刃上前角的值都会改变。** Соответственно меняются степень деформации срезаемого припуска, силы и температура резания и условия отвода стружки. **相应地，切削余量的变形程度，切削力和温度以及去除切屑的条件会发生变化。**

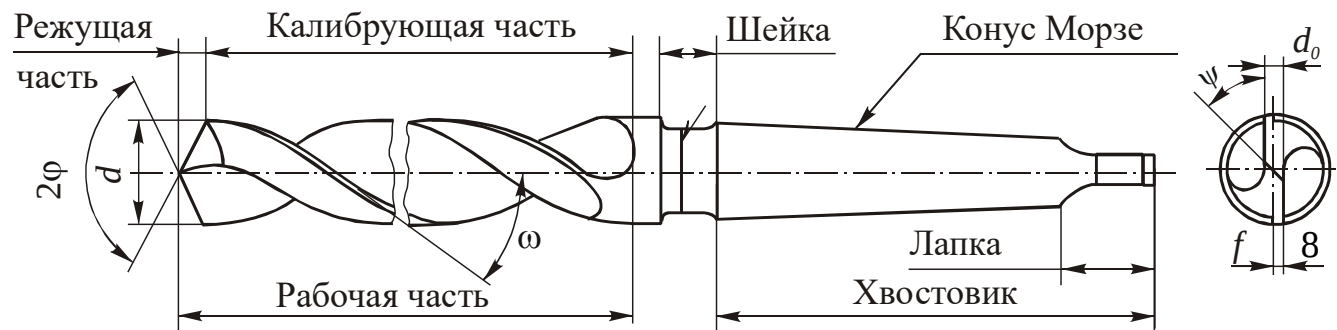
На основании производственного опыта оптимальное значение угла 2ϕ рекомендуется брать в зависимости от обрабатываемого материала, например, при обработке **конструкционных сталей** $2\phi = 116 \dots 120^\circ$, нержавеющей и высокопрочных сталей $2\phi = 125 \dots 150^\circ$, чугуна, бронзы $2\phi = 90 \dots 100^\circ$, чугуна высокой твердости $2\phi = 120 \dots 125^\circ$, цветных металлов (алюминиевые сплавы, латунь, медь) $2\phi = 125 \dots 140^\circ$. **根据生产经验，建议根据要切割的材料选择最佳 2° 角，例如在加工结构钢时 $2\phi = 116 \dots 120^\circ$ ，不锈钢和高强度钢 $2\phi = 125 \dots 150^\circ$ ，铸铁，青铜 $2\phi = 90 \dots 100^\circ$ ，高硬度铸铁 $2\phi = 120 \dots 125^\circ$ ，有色金属（铝合金，黄铜，铜） $2\phi = 125 \dots 140^\circ$ 。**



Свёрла (продолжение)

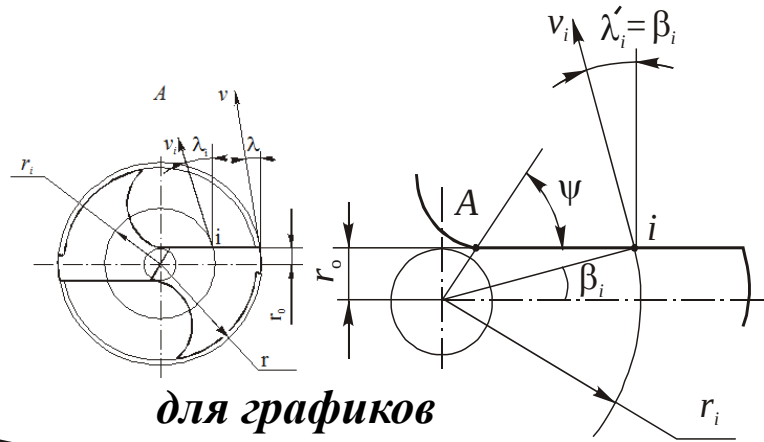
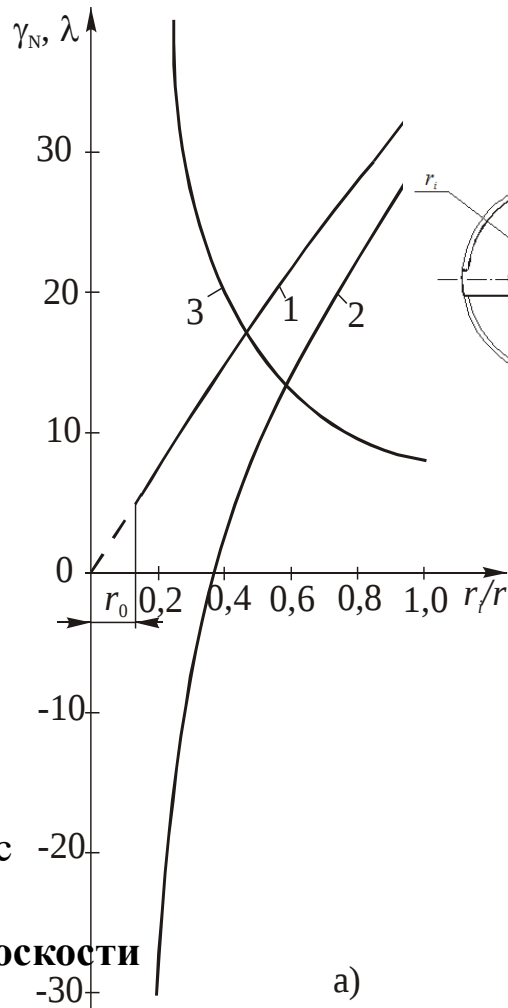
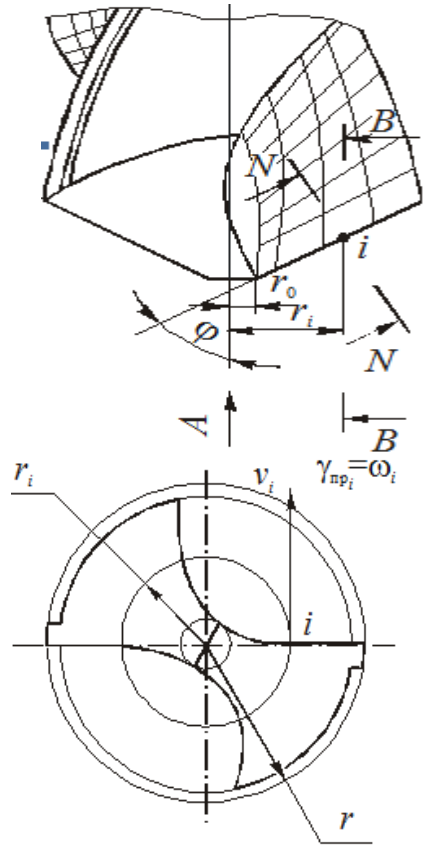
Угол наклона винтовой канавки ω , замеренный на наружном диаметре сверла, является одним из важнейших параметров, определяющих величину передних углов в каждой точке главных режущих кромок. 在钻头的外径上测得的螺旋槽 $\square$ 的倾斜角是最重要的参数之一，它决定了主切削刃各点前角的大小。У стандартных сверл этот угол назначается в зависимости от их диаметра: $\omega = 25...28^\circ$ для $d < 10$ мм и $\omega = 28...32^\circ$ для $d > 10$ мм. 对于标准钻，该角度取决于其直径： $\square = 25 \dots 28 \square$ $d < 10$ 毫米， $d = 10$ 时， $\square = 28 \dots 32 \square$ 。Так как этот угол оказывает также большое влияние на отвод стружки из зоны резания, то **у специальных спиральных сверл его увеличивают до $40...60^\circ$** . 由于该角度对切削区域的切屑清除也有很大的影响，因此对于特殊的麻花钻，它增加到 $40 \dots 60 \square$ 。Однако с увеличением угла ω снижается поперечная жесткость сверл, увеличиваются значения передних углов, особенно на периферийных участках режущих кромок, что может сильно **ослабить прочность** режущего клина и **снизить стойкость** сверл. 然而，随着角度 θ 的增加，钻头的侧向刚度减小，前角增加，尤其是在切削刃的周边区域中，这会大大削弱切削楔的强度并降低钻头的耐用性。В этом случае **выполняют подточку** передней поверхности **с целью уменьшения углов γ** . 在这种情况下，前表面变尖锐以减小角度 θ 。При проектировании новых конструкций сверл для обработки определенных видов материалов по рекомендациям ISO значение ω при обработке сталей следует брать равным $25...35^\circ$, чугунов и других хрупких материалов – $10...15^\circ$, алюминия, меди и других вязких легкообрабатываемых материалов – $35...45^\circ$. 当根据ISO建议设计用于处理某些类型材料的钻头的新设计时，处理钢时的 $\square$ 值应等于 $25 \dots 35 \square$ ，铸铁和其他脆性材料- $10 \dots 15 \square$ ，铝，铜和其他易加工的粘性粘性材料- $35 \dots 45 \square$...

Передний угол γ спиральных сверл имеет переменное значение по длине главных режущих кромок. 麻花钻的前角 $\square$ 沿主切削刃的长度变化。У стандартных сверл с прямолинейными режущими кромками образующая поверхности совпадает с режущей кромкой и составляет угол ϕ с осью сверла. 在具有直切削刃的标准钻头中，表面母线与切削刃重合，并且与钻头轴线成角度 $\square$ 。При ее винтовом движении траектории каждой точки режущей кромки представляют собой винтовые линии с одним и тем же шагом P , который можно измерить на наружном диаметре сверла: 通过其螺旋运动，切削刃的每个点的轨迹都是具有相同螺距 P 的螺旋线，可以在钻头的外径上进行测量：
$$P = \pi d / \operatorname{tg} \omega$$



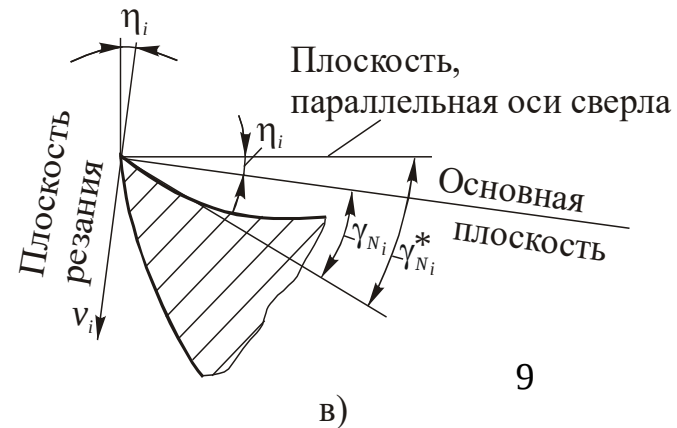
Свёрла (продолжение)

Распределение **передних углов** γ_{Ni} и **угла наклона главной режущей кромки** λ_i по длине главных режущих кромок спирального сверла: **前角** γ_{Ni} и **主切削刃的倾斜角度** λ_i **沿麻花钻主切削刃的长度分布**: **a: 1** – γ_{Ni} у сверл с режущими кромками, расположенными в осевой плоскости, **2** – γ_{Ni} и **3** – λ_i у **стандартных сверл**; **б** – поворот вектора скорости резания v_i в разных точках режущей кромки; **в** – определение фактического значения угла γ_{Ni} с учетом угла поворота η_i координатных плоскостей. **a: 1** – γ_{Ni} у сверл с режущими кромками, расположенными в осевой плоскости; **2** – γ_{Ni} и **3** – λ_i у стандартных сверл; **б** – в точках режущей кромки на векторе скорости резания v_i поворачивается; **в** – с учетом угла поворота η_i координатных плоскостей. **a: 1** – γ_{Ni} у сверл с режущими кромками, расположенными в осевой плоскости; **2** – γ_{Ni} и **3** – λ_i у стандартных сверл; **б** – в точках режущей кромки на векторе скорости резания v_i поворачивается; **в** – с учетом угла поворота η_i координатных плоскостей.



для графиков
2 и 3

б)

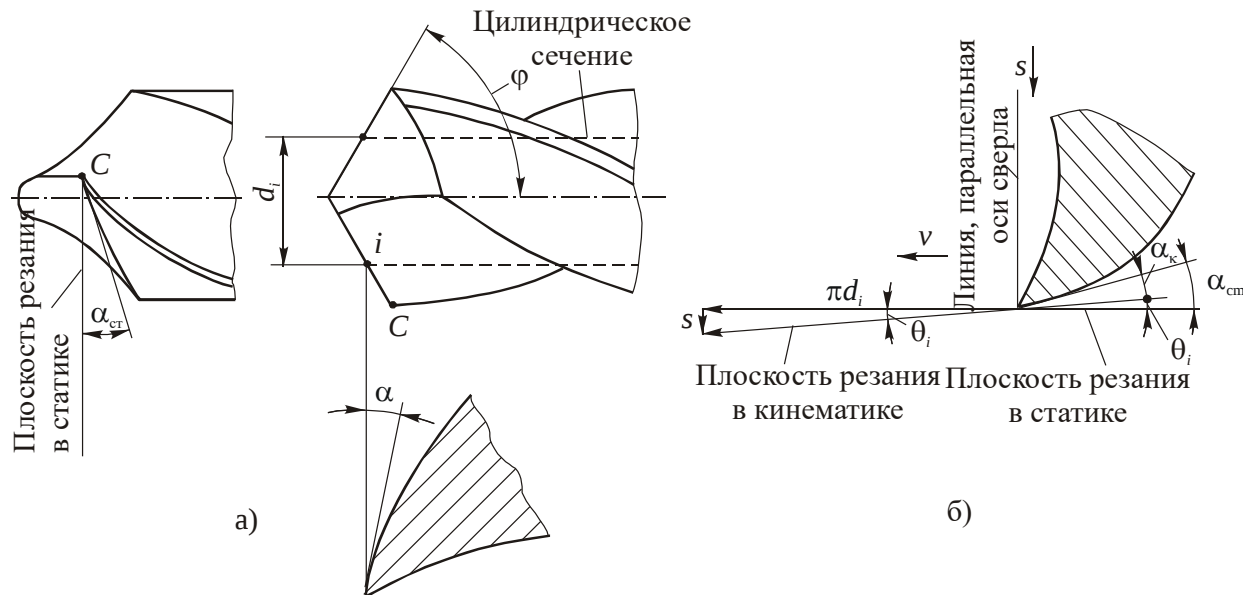


в)

для **графика 1** – для сверла с режущими кромками, расположенными в осевой плоскости

Свёрла (продолжение)

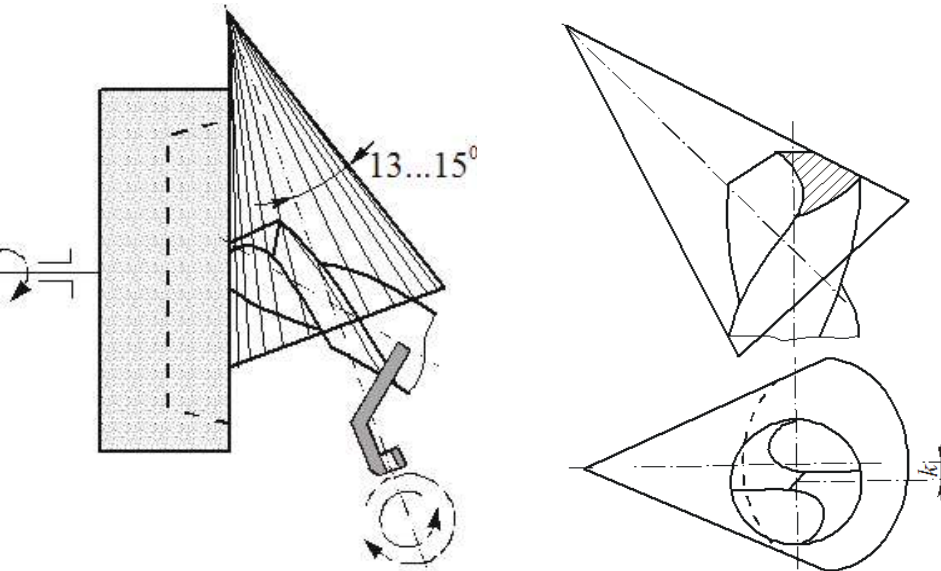
Задний угол α на главных режущих кромках создается путем заточки перьев сверл по задним поверхностям, которые могут быть оформлены как части плоской, конической или винтовой поверхностей. 主切削刃上的间隙角 A 是通过沿侧面削尖钻头的刀片而形成的, 侧面可以成形为平坦, 锥形或螺旋形表面的一部分。 У спиральных сверл принято измерять задний угол в цилиндрическом сечении, соосном со сверлом, как угол зазора между **касательной к задней поверхности** и **поверхностью резания**. 对于麻花钻, 习惯上在与钻头同轴的圆柱形截面中测量间隙角, 即切向侧面和切面之间的间隙角。 За последнюю принимают в **статике** плоскость, проходящую через главную режущую кромку перпендикулярно к осевой плоскости сверла, т.е. без учета угла поворота координатных плоскостей на угол θ_i (η_i). 后者被静电吸收到垂直于钻头轴向平面通过主切削刃的平面。 而不考虑坐标平面旋转角度 θ_i ($\square i$)。 На практике контроль заднего угла α производится с помощью инструментального микроскопа в точке C , лежащей на наружном диаметре, т.е. на ленточке **小条** (рис. *a*). 实际上, 使用仪器显微镜在位于外径上的点 C 处控制间隙角 θ 。 在功能区上 (图 a)。



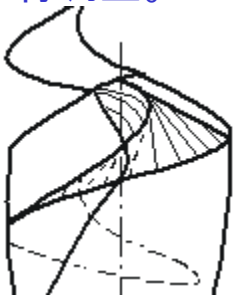
Задние углы в статике $\alpha_{ст}$ и кинематике $\alpha_{к}$ спирального сверла в цилиндрическом сечении

Свёрла (продолжение)

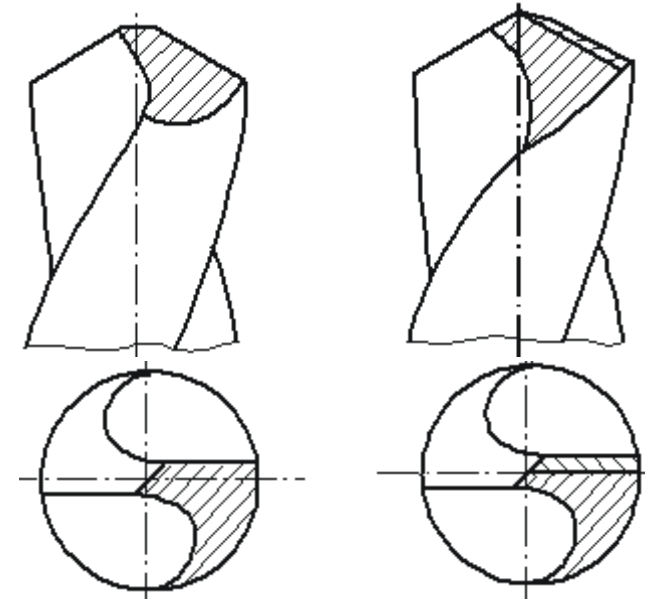
Способ заточки (всегда выполняется по **задней поверхности**) должен обеспечить некоторое **увеличение** α_i с приближением i -й точки **к оси сверла** из-за влияния подачи на величину **кинематического** заднего угла α_k , которое становится более заметным в точках режущих кромок, расположенных **ближе к сердцевине**. 锐化方法（始终在背面执行）应提供一些增加 α_i 与 i 点接近钻头轴，因为进给对运动型后角的大小的影响 α_k ，这变得更加明显，在切削刃位于靠近核心。



Коническая заточка — величина угла α регулируется смещением k оси сверла. 圆锥磨削-角度by通过钻头轴线的偏移量 k 进行调整。



Винтовая заточка - в серийном производстве сверл

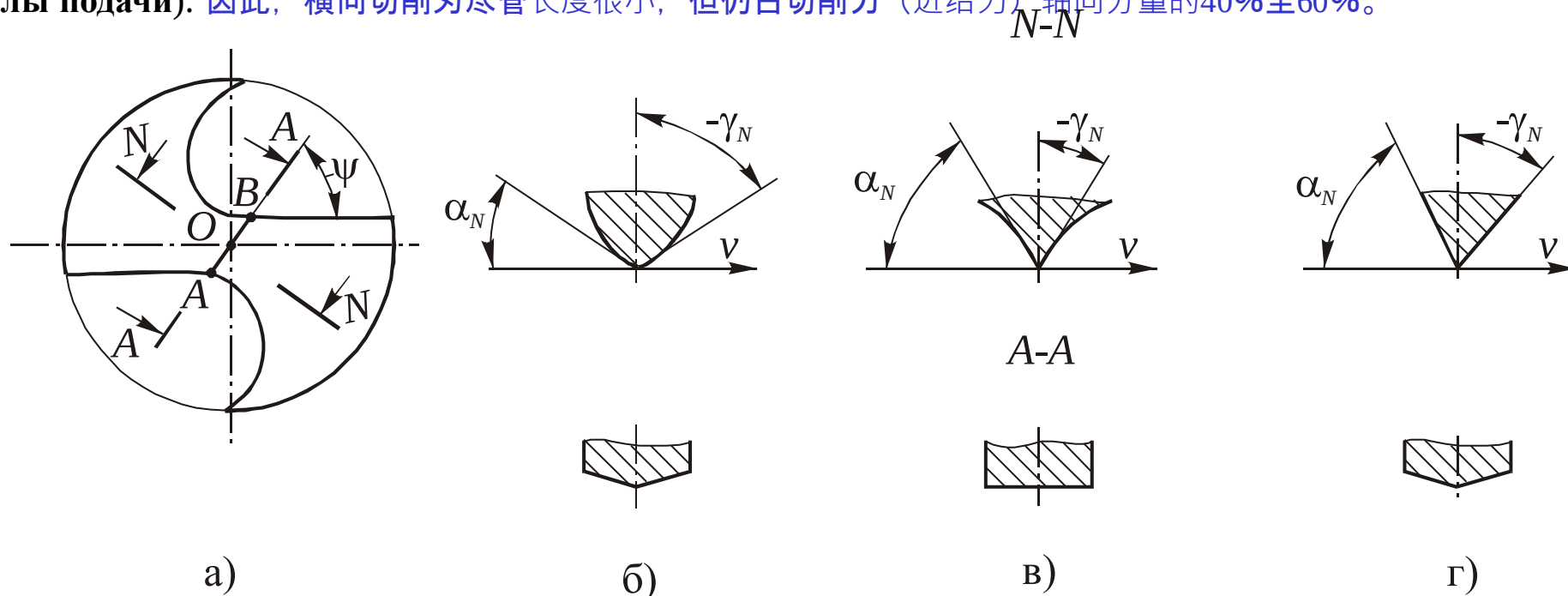


Одноплоскостная и двухплоскостная заточка

При **одноплоскостной** заточке угол α должен быть $20...25^\circ$, что резко ослабляет режущий клин. 对于单平面锐化，角度 α 应为 $20...25^\circ$ ，这会严重削弱切削楔。 Поэтому такой метод нашел применение только при **заточке сверл малых диаметров** ($d < 3$ мм). 因此，该方法仅适用于磨削小直径 ($d < 3$ mm) 的钻头。 Двухплоскостная заточка применяется гораздо чаще, особенно у **твёрдосплавных** свёрл. 双平面锐化的使用频率更高，尤其是在硬质合金钻头上。

Свёрла (продолжение)

Поперечная режущая кромка сверла формируется при заточке как линия пересечения задних поверхностей перьев. 钻头的横向切削刃在磨削期间形成为羽毛的后表面的相交线。 Она состоит из двух полукромки AO и OB (рис. а) являющихся продолжением до оси двух главных режущих кромок. 它由两个半刃 AO 和 OB (图A) 组成, 它们是两个主切削刃轴线的延续。 Передние и задние поверхности этих полукромки являются частью главных задних поверхностей сверла. 这些半边的前后表面是钻头主要后表面的一部分。 При всех методах заточки **передние углы на полукромках имеют отрицательные значения**. 使用所有锐化方法时, 半边上的前角都为负值。 Наибольшее из них будет при конической заточке ($\gamma_N \approx -\varphi$) (рис. б), а наименьшее – при винтовой заточке (рис. в). 其中最大的是锥形磨削 ($\square N \square$) (图B), 最小的是螺纹磨削 (图C)。 По этой причине на поперечную режущую кромку, несмотря на ее небольшую длину, приходится до **40...60% осевой составляющей силы резания (силы подачи)**. 因此, 横向切削刃尽管长度很小, 但仍占切削力 (进给力) 轴向分量的40%至60%。



Геометрические параметры поперечной режущей кромки спирального сверла:

12

a – вид сверла с торца; $б$ – коническая заточка; $в$ – винтовая заточка; $г$ – двухплоскостная заточка 麻花

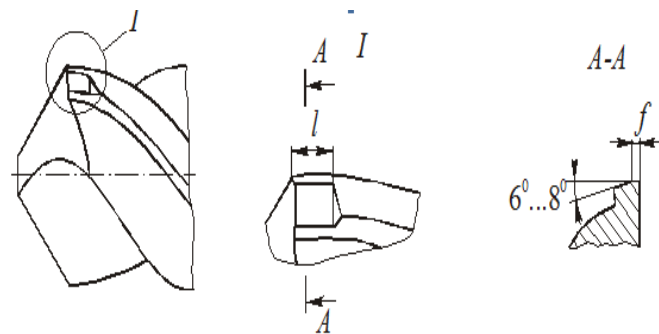
钻横向切削刃的几何参数: a -从端部看钻头; $б$ -锥形磨削; $в$ -螺丝磨锐; $г$ -两平面锐化

Свёрла (продолжение)

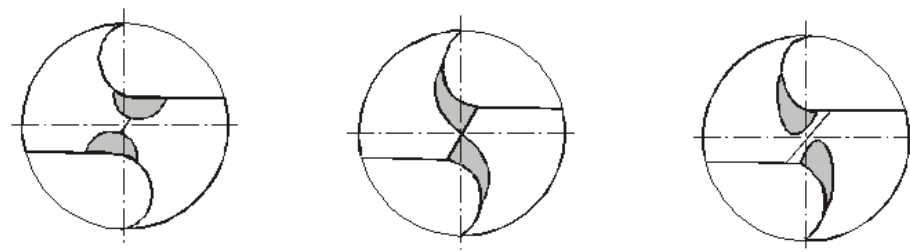
Недостатки геометрии стандартных спиральных сверл: 标准麻花钻的几何形状的缺点: 1) наличие нулевых задних углов на вспомогательных режущих кромках; 辅助切削刃上存在零间隙角; 2) отрицательные передние углы на поперечной режущей кромке; 横向切削刃前角为负; 3) большие передние углы на периферийных участках главных режущих кромок. 主切削刃外围部分的前角大。 Для уменьшения недостатков: 减少缺点:

1) **подточка ленточки** путем создания на вспомогательных кромках задних углов $\alpha_1 = 6 \dots 8^\circ$ с оставлением небольшой фаски шириной $f = 0,3 \dots 0,1$ мм на длине $l = (0,1 \dots 0,2)d$, чтобы не ухудшить направление сверла в отверстии. 通过创建后角的辅助边缘 (1 到 $\square 6 \dots 8 \square$ 放弃一个小脸宽的 $f - 0 \dots 0.1$ 毫米, 长度为 $l_q (0.1 \dots 0.2) d$, 以便不降低钻孔的方向。

Благодаря этому снижается сила трения на ленточках, а при сверлении сталей на них предотвращается налипание мелкой стружки, что приводит к повышению стойкости инструмента. 这减小了条带上的摩擦力, 并且在钻钢时, 防止了小碎屑粘附在条上, 从而延长了工具寿命。

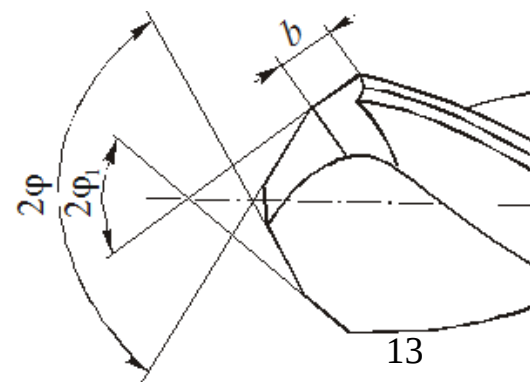


2) **подточка поперечной режущей кромки**, снижающие осевую составляющую силы резания, улучшающие условия засверливания и увеличивающие производительность процесса сверления за счет увеличения подачи. 横向切削刃的锐化, 减少切削力的轴向分量, 改善开始钻削的条件, 并通过增加进给量来提高钻削过程的生产率。



3) **заточка под двойными углами при вершине сверла.**

При этом $2\varphi = 116^\circ$, а $2\varphi_1 = 70 \dots 90^\circ$, с шириной дополнительной заточки по уголкам $b = (0,1 \dots 0,2)d$. Уменьшается износ наиболее уязвимых периферийных участков режущих кромок сверла, где скорость резания наибольшая, а передние углы меньше на $7 \dots 8^\circ$. 在钻头处以双角度锐化. 在这种情况下, $2\varphi = 116^\circ$, $2\varphi_1 = 70 \dots 90^\circ$, 沿着角的额外锐化宽度 $b = (0.1 \dots 0.2) d$. 减少了钻头切削刃最脆弱的外围区域的磨损, 切削速度最高, 前角减小了 $7 \dots 8^\circ$ 。



Свёрла (продолжение)

При заточке свёрл необходимо контролировать: 磨削钻头时, 有必要控制:

1) угол при вершине $2\varphi = 90 - 140^\circ$ в зависимости от твёрдости обрабатываемого материала (для сверления конструкционной стали средней твёрдости $2\varphi \approx 120^\circ$); 顶角 $2\varphi = 90-140^\circ$, 取决于所加工材料的硬度 (用于钻削中硬结构钢 $2\varphi \approx 120^\circ$);

2) уголки сверла должны быть на одном уровне ($\Delta h = 0$ мм); 钻头的角必须处于同一水平高度 ($\Delta h = 0$ мм);

3) отсутствие износа по уголкам или их завал; 拐角处无磨损或堵塞;

4) наличие положительного заднего угла $\alpha > 7^\circ$, соответствующего положительному углу $\alpha' > 5^\circ$; 正后角 $\alpha > 7^\circ$, 对应于正角 $\alpha' > 5^\circ$;

5) отсутствие износа по ленточкам; 色带无磨损;

6) отсутствие завала堆积 режущей кромки рядом с поперечной режущей кромкой или смятие翘曲 поперечной режущей кромки; 在横向切削刃附近没有切削刃的阻塞或横向切削刃的压碎;

7) при диаметре сверла более 8 мм желательна

подточка поперечной режущей кромки;

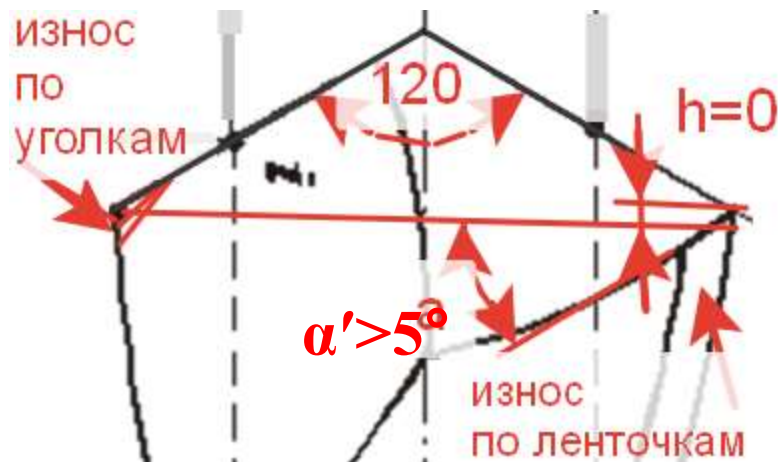
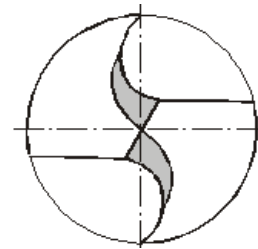
钻头直径大于8毫米时,

横向切削刃锋利;

8) обратная конусность по наружному диаметру

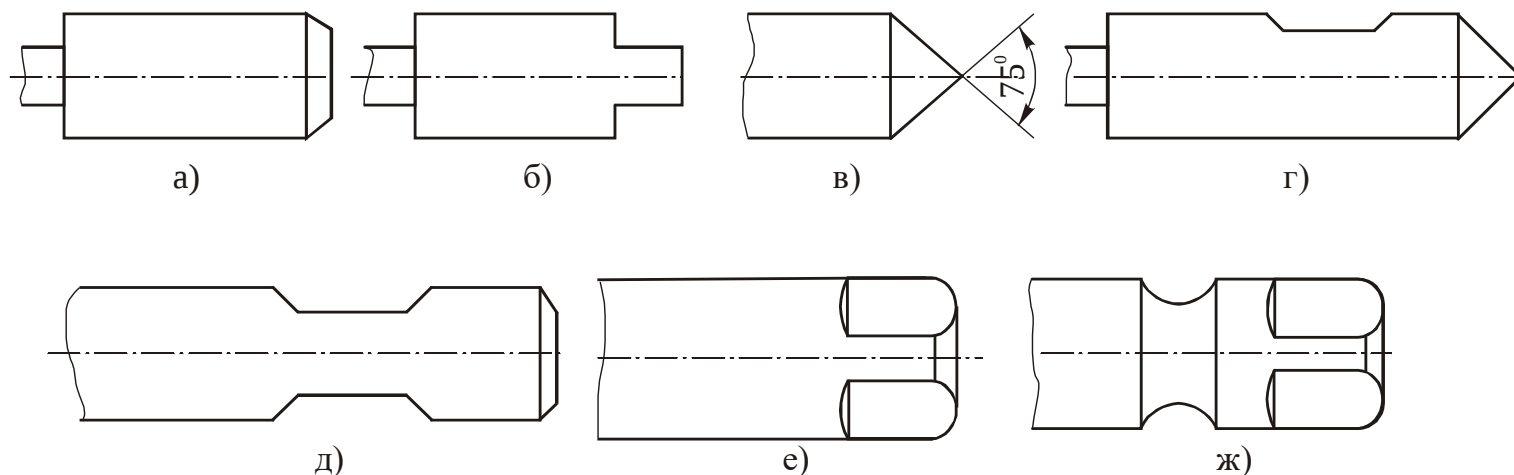
(обеспечивается при изготовлении свёрл). 外径倒锥

(在钻头的制造过程中提供)。



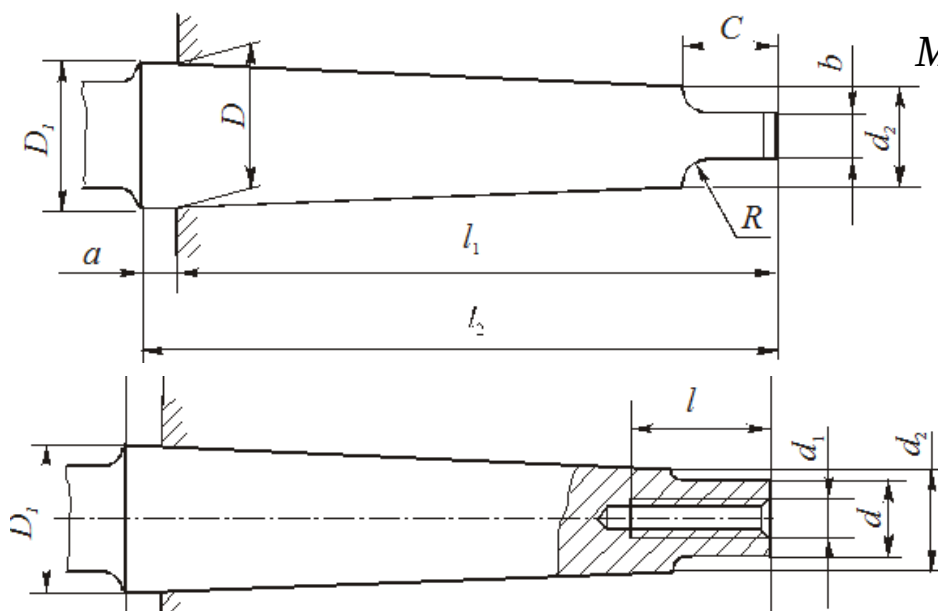
Свёрла (продолжение)

Концевые инструменты изготавливают с цилиндрическими или коническими хвостовиками, которые входят в отверстия шпинделей станков непосредственно или через переходные втулки, оправки и патроны. 末端工具由圆柱形或锥形柄制成，可直接进入机床主轴孔或通过紧定套，心轴和卡盘进入。 Достоинствами цилиндрических хвостовиков являются: **простота** при высокой точности изготовления, **возможность регулирования вылета инструмента в осевом направлении**. 圆柱柄的优点是：简单，制造精度高，能够在轴向方向上调节刀具悬伸。 Недостаток – наличие зазора при подвижной посадке. 缺点是在移动着陆期间存在间隙。 Для передачи крутящего момента некоторые типы хвостовиков **имеют поводки в виде квадратов, лысок или вырезов** для крепления винтами. 为了传递扭矩，某些类型的柄具有带方形，平面或切口形式的皮带，可通过螺钉固定。 Гладкие цилиндрические хвостовики применяют у инструментов **малых диаметров**, закрепляемых в **цанговых или кулачковых патронах**. 光滑的圆柱柄用于小直径的工具，固定在筒夹或凸轮夹头中。 Отверстие цангового патрона должен быть **равен диаметру цилиндрического хвостовика**, хвостовик обработан по 9-7 квалитету. 夹头的孔的直径应等于圆柱柄的直径，柄按9-7级加工。

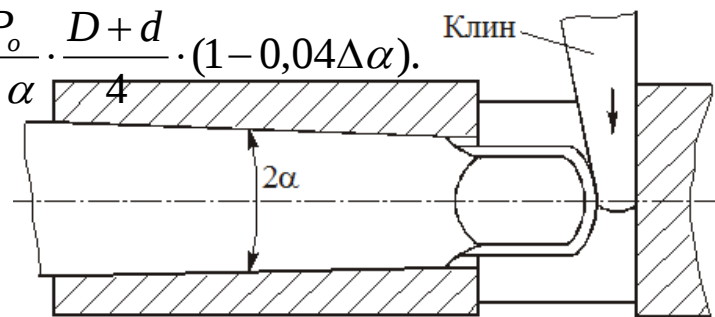


Свёрла (продолжение)

Лучшее центрирование с посадкой без зазора обеспечивает крепление с помощью **конических хвостовиков**. 更好的对中, 无间隙配合, 可提供锥柄紧固。Чаще всего используют самотормозящиеся хвостовики типа Морзе (№ 0...6) **конусностью** от **1:19,002** до **1:20,02**. 最常见的是, 使用锥度为1:19.002到1:20.02的莫尔斯 (Morse) 型 (0至6号) 自制动柄。Конусы Морзе распределены по 8 категориям. За рубежом это MT0, MT1, MT2, MT3, MT4, MT5, MT6, MT7. В Германии такая же нумерация, но буквенное обозначение МК. 莫尔斯电钻分为8类。国外有MT0, MT1, MT2, MT3, MT4, MT5, MT6, MT7. 在德国, 编号相同, 但字母标记为МК. В нашей стране и на постсоветском пространстве KM0, KM1, KM2, KM3, KM4, KM5, KM6 и №80. 在我们国家和后苏联空间KM0, KM1, KM2, KM3, KM4, KM5, KM6和80号。Используются и **метрические конусы** с конусностью **1:20** (угол конуса $2\alpha = 2^\circ 50'$). 也可以使用锥度为1:20的公制锥度 (锥角 $2\alpha=2^\circ 50'$)。Достоинством конусов является возможность передачи крутящих моментов без дополнительных элементов и только за счет **сил трения на поверхностях контакта конуса с гнездом**. 圆锥体的优点是能够传递扭矩而无需额外的元件, 并且仅由于圆锥体与承窝的接触表面上的摩擦力而具有传递扭矩的能力。При этом, например, у сверл момент трения увеличивается при возрастании осевой составляющей силы резания. 在这种情况下, 例如在钻头中, 摩擦力矩随着切削力的轴向分量的增加而增加。В формуле $\alpha = 2^\circ 50'$, $\Delta\alpha = 10^\circ$, $\mu = 0,096$ (сталь по стали)



$$M_{кр} = \frac{\mu P_o}{\sin \alpha} \cdot \frac{D + d}{4} \cdot (1 - 0,04 \Delta \alpha).$$



Хвостовики с лапкой и с затяжкой в гнездо болтом (штревелем). Лапка не должна передавать крутящий момент. Она предназначена только для выбивания инструмента из гнезда с помощью клина 用脚将小腿固定, 并用螺栓 (拉出) 拧紧到插槽中。脚不得传递扭矩。仅用于使用楔子将工具从套筒中敲出。

Для увеличения силы трения хвостовики обычно термически не обрабатывают, за исключением лапки, которую закаливают для предохранения от смятия. Чтобы не повредить клином центровое отверстие, торец лапки обрабатывают по радиусу. 为了增加摩擦力, 通常不对小腿进行热处理, 除了脚以外, 对小腿进行了硬化以防止压伤。为了不用楔子损坏中心孔, 请沿半径加丁脚的末端。

В наши дни конусы Морзе изготавливают в соответствии с международным стандартом ISO и DIN.如今, 莫氏锥度是根据国际ISO和DIN标准制造的。В России система стандартизации объединяет в один класс как **просто конусы Морзе**, так и **метрические и инструментальные** (ГОСТ 25557-82).在俄罗斯, 标准化系统将莫尔斯锥, 公制和工具制统一为一类 (GOST 25557-82)。Ситуация с единым ГОСТом сложилась из-за того, что конусы Морзе со времен СССР пользуются в России большой популярностью, а параллельно с этим появилось много новых.由于苏联时期以来莫尔斯电锥在俄罗斯非常受欢迎, 因此出现了单一GOST的情况, 与此同时, 出现了许多新的电锥。

С развитием машиностроительной отрасли возникла потребность в расширении модельного ряда конусов Морзе.随着机械制造业的发展, 出现了扩大莫氏锥度范围的需求。Для этого был разработан метрический конус, который не имел особых конструктивных отличий от своего предшественника. Его конусность равнялась 1:20, при этом угол $2^{\circ}51'51''$, а уклон $1^{\circ}25'56''$.为此, 开发了公制圆锥体, 它与以前的圆锥体没有任何特殊的结构差异。其锥度为1:20, 角度为 $2^{\circ}51'51''$, 斜率为 $1^{\circ}25'56''$ 。Метрические конусы позволили создать большой выбор инструмента для различных станков и операций. Классифицируются они на две категории: **большие** и **малые**.公制锥度使得有可能为各种机床和操作创建各种各样的工具。它们分为两类: **大和小**。Большие обозначаются, например № 120, 200, и цифры соответствуют наибольшему диаметру метрического конуса.大号表示为例如120、200, 这些数字对应于公制圆锥的最大直径。Особой популярностью, благодаря своему качеству, пользуются инструментальные конусы Морзе компаний HSK, Capto и Kennametal.HSK, Capto和Kennametal Morse锥度工具因其质量而特别受欢迎。Хорошая устойчивость к изменениям температуры и соответствие жестким требованиям в станкостроении позволило конусам Морзе этих брендов стать лидерами рынка.良好的抗温度变化能力以及对机床行业严格要求的遵从性, 使这些品牌摩斯成为了市场领先者。HSK – это полые инструменты с конусностью 1:10. Обозначаются буквой латинского алфавита и **цифрой**, обозначающей **больший диаметр фланца**. Главной особенностью таких изделий является быстрая замена инструмента, что очень важно в станках с ЧПУ.HSK是锥度为1:10的空心工具。它们由拉丁字母和表示法兰直径较大的数字表示。这种产品的主要特点是快速换刀, 这在CNC机床中非常重要。

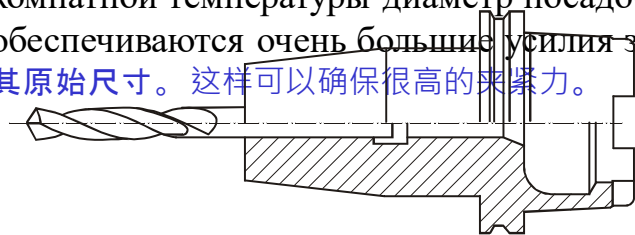


По причине избыточности длины конуса Морзе при некотором его применении, был образован стандарт укороченных конусов.由于莫尔斯锥度在某些应用中的长度过长, 因此形成了缩短锥度的标准。В обозначении конуса находится значение наибольшего диаметра образованного после уменьшения длины при сохранении соотношения.圆锥的名称包含减小长度并保持比例后形成的最大直径的值。Таким образом девять типоразмеров укороченных конусов, B7, B10, B12, B16, B18, B22, B24, B32, B45 получили распространение при установке сверлильных патронов и другого инструмента.因此, 在安装钻夹头和其他工具时, 九种标准尺寸的短锥B7, B10, B12, B16, B18, B22, B24, B32, B45变得很普遍。

Для увеличения силы трения **хвостовики** обычно **термически не обрабатывают**, за исключением лапки, которую закаливают для предохранения от смятия. Чтобы не повредить клином центровое отверстие, торец лапки обрабатывают по радиусу.为了增加摩擦力, 通常不对小腿进行热处理, 除了脚以

Широкое применение у быстросменных инструментов нашли также хвостовики с **конусностью 7:24** ($2\alpha = 16^\circ 35'$). 锥度为7:24 ($2\alpha = 16^\circ 35'$) 的刀柄也广泛用于快速更换工具中。Они обеспечивают хорошее центрирование, но **не являются самотормозящими**. 它们提供了良好的居中效果, 但不是自制动的。Поэтому для передачи крутящего момента на **торце хвостовиков** предусмотрены **шпоночные пазы**. 因此, 为了传递扭矩, 在柄的末端提供了键槽。Крепление в шпинделе осуществляется путем затяжки **штрелелем** или **специальным захватом** за цилиндрическую выточку на конце хвостовика. 主轴上的紧固是通过拉杆或柄末端圆柱孔的专用把手拧紧来实现的。Раньше такие конусы применялись на фрезерных станках для крепления фрез в шпинделе непосредственно или через оправку. 以前, 这种锥度用于铣床上, 以将刀具直接或通过心轴安装在主轴上。Сейчас их стали широко применять для крепления режущих и вспомогательных инструментов **на станках с ЧПУ**. 现在, 它们被广泛用于在CNC机床上紧固切削和辅助工具。

Разработан ГОСТ Р 51547–2000 на **полые** **конические хвостовики** типа *HSK* (Hohlschafte Kegel), обеспечивающие надежное базирование и закрепление режущих инструментов при сверхскоростной обработке (с частотами вращения **более 8000 мин⁻¹**). GOST R 51547–2000已开发用于HSK型空心锥形柄 (Hohlschafte Kegel), 可确保在超高速加工 (旋转频率大于8000 min⁻¹) 中可靠地定位和紧固切削刀具。В отличие от хвостовиков 7:24, они имеют значительно **меньшие габариты**, а крепление инструмента в них осуществляется по «горячей» посадке – с натягом (*H7/p6, H7/n6*). 与7:24刀柄相比, 它们的尺寸要小得多, 并且工具采用过盈配合 (*H7/p6, H7/n6*) 进行热装。Действие таких патронов основано на том, что при нагреве в специальных устройствах посадочное отверстие патрона увеличивается в диаметре. 这种药筒的作用是基于这样的事实, 即当在特殊设备中加热时, 药筒孔的直径会增大。Хвостовик закрепляемого инструмента вставляется в это расширенное отверстие. После охлаждения патрона до комнатной температуры диаметр посадочного отверстия возвращается к исходному размеру. При этом обеспечиваются **очень большие усилия зажима**. 将要夹紧的工具的刀柄插入该扩孔中。药筒冷却至室温后, 内孔直径恢复为其原始尺寸。这样可以确保很高的夹紧力。



Крепление по «горячей» посадке сверла в патроне типа *HSK* для сверхскоростной обработки **HSK卡盘的缩孔钻头, 用于超高速加工**

У всех концевых инструментов на торцах предусматривают центровые отверстия, необходимые для их изготовления и переточки. Они, как правило, имеют предохранительные выточки или фаски, так как при повреждении **конической опорной поверхности** центровых отверстий увеличивается биение режущих кромок. У инструментов **малых диаметров** вместо отверстий¹⁸ делают **прямые конусы**. 所有的端部工具的端部都有中心孔, 这对于它们的制造和重新研磨是必需的。通常

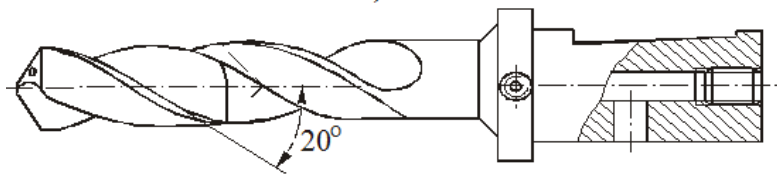
Свёрла (продолжение)

Особенности конструкций твердосплавных сверл. **硬质合金钻头设计的特点。** Удельный вес твердосплавных сверл в общем объеме их применения составляет **не более 10%.** **硬质合金钻头在其应用总量中的比重不超过10%。** Это объясняется неблагоприятными условиями работы твердых сплавов при сверлении: нежестким (**консольным**) креплением сверл; большими осевыми нагрузками; **переменной величиной скорости резания**, уменьшающейся до нуля на поперечной режущей кромке; **большой шириной срезаемой стружки**; опасностью **появления вибраций и пакетирования стружки** в канавках сверла; **малыми числами оборотов** и недостаточными мощностью, жесткостью и точностью сверлильных станков. **这是由于硬质合金在钻孔过程中的不利工作条件造成的：钻头的非刚性（控制台）紧固；轴向载荷大；切削速度的可变值，在横向切削刃处减小到零；切屑的宽度大；钻屑槽中的振动和切屑粘结的风险；低速，动力不足，钻孔机的刚性和精度不足。**

Более широкое распространение твердосплавные сверла получили **при сверлении чугунов, цветных металлов и неметаллических материалов** (мрамор, кирпич, пластмассы и т.п.). **硬质合金钻头在钻铸铁，有色金属和非金属材料（大理石，砖，塑料等）时得到更广泛的应用。** При сверлении сталей часто наблюдается **выкрашивание режущих кромок**, особенно в виде разрушения поперечной режущей кромки **钻钢时通常会观察到切削刃的崩裂，特别是以横向切削刃折断的形式。** **Повышение жесткости сверл** за счет максимально возможного **сокращения длины рабочей части** инструмента, хотя при этом приходится сокращать запас на переточку, использование **внутреннего напорного охлаждения** и другие усовершенствования позволяют получать **хорошие результаты при сверлении труднообрабатываемых** сталей и сплавов, т.е. там, где быстрорежущие сверла имеют очень низкую стойкость. **尽管最大程度地减少了工具工作部件的长度，但增加了钻头的刚性，尽管与此同时有必要减少重新磨削的储备，使用内部压力冷却和其他改进措施可以在钻削难以加工的钢和合金时获得良好的结果，即HSS钻具的刀具寿命很短。** Для оснащения сверл используют **твердые сплавы** марок **ВК8, ВК10М, ВК15М**, обладающие наибольшей прочностью. **对于装备钻头，使用了具有最高强度的VK8, VK10M, VK15M等级的硬质合金** **Увеличивают диаметр сердцевины сверл** до $d_0 = (0,25 \dots 0,35)d$ и выполняют **подточку поперечной режущей кромки**. **钻芯的直径增加到** $d_0 = (0.25 \dots 0.35) d$, **并且横向切削刃变锋利。** Мелкоразмерные сверла ($d=2 \dots 6$ мм) изготавливают **цельными** твердосплавными или составными, когда хвостовик изготавливается из стали, а рабочая часть – из твердого сплава. **当柄由钢制成且工作部件由硬质合金制成时，小型钻头（d = 2 ... 6 mm）由整体硬质合金或复合材料制成。** Сверла $d = 10 \dots 30$ мм оснащают **напайными пластинами или коронками из твердого сплава**. При этом корпус сверла изготавливается из стали 9ХС или Р6М5. **d = 10 ... 30 mm的钻头配有硬质合金制成的铜焊板或王冠。** **在这种情况下，钻体由9XC或R6M5钢制成。** На корпусах таких сверл **направляющие ленточки обычно не делают**, так как при высоких скоростях резания, допускаемых твердым сплавом, они **быстро выходят из строя** и не выполняют роли направляющих сверла. **在这种钻头的主体上，通常不制作导板，因为在硬质合金允许的高切削速度下，导板会迅速失效，并且不会发挥导板的作用。** **Обратная конусность** только на твердосплавной режущей части с созданием вспомогательных углов в плане $\phi_1 = 25 \dots 30'$. **仅在硬质合金切削零件上反向锥度，并在** $\phi_1 = 25 \dots 30'$ **中创建辅助角。** Диаметр корпуса сверла **занижается** на $0,2 \dots 0,3$ мм по сравнению с диаметром конца **与硬质合金零件端部的直径相比，钻体的直径被降低了0.2 ... 0.3 mm。**

Твёрдосплавные сверла (продолжение)

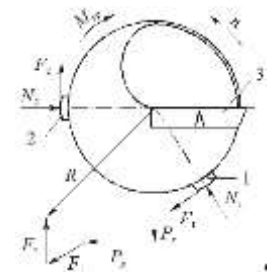
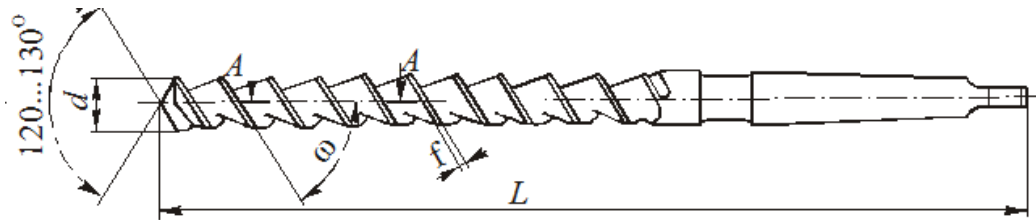
Угол при вершине $2\phi=120\ldots140^\circ$, угол наклона стружечных канавок $\omega=0\ldots20^\circ$, заточка двух- или трехплоскостная с задним углом на главных режущих кромках $\alpha=7\ldots9^\circ$. 顶角 $2\phi=120\ldots140^\circ$, 切屑槽的倾斜角 $\omega=0\ldots20^\circ$, 在主切削刃 $\alpha=7\ldots9^\circ$ 上锐化两平面或三平面, 并带有后角。Передний угол $\gamma=8^\circ$, а на коронках с винтовыми канавками переменный, как у быстрорежущих сверл, зависящий от угла ω . 前角 $\gamma=8^\circ$, 并且在带有螺旋槽的冠上, 其倾斜度是**可变的**, 就像在HSS钻中一样, 取决于角 ω 。Хвостовик конический или чаще всего цилиндрический, как более технологичный. 随着技术的发展, 刀柄逐渐变细, 或更常见的是呈圆柱形。Наибольшую надежность имеют сверла с напайными твердосплавными коронками и каналами для внутреннего подвода СОЖ. 最可靠的是带有硬质合金钻头头和用于内部冷却液供应的通道的钻头。В этом случае длина коронок принимается равной $(1\ldots2)d$, угол при вершине $2\phi=140^\circ$, угол наклона винтовых канавок $\omega=20^\circ$, заточка двух- или трехплоскостная с подточкой поперечной режущей кромки, хвостовик цилиндрический с допуском по $h6$ и лыской для крепления винтом в специальном патроне. 在这种情况下, 冠的长度等于 $(1\ldots2)d$, 顶角 $2\phi=140^\circ$, 螺旋槽的倾斜角 $\omega=20^\circ$, 两面或三面磨削, 并用横向切削刃削尖, 圆柱柄的公差为 $h6$, 平面, 用于用特殊卡盘中的螺钉紧固。Могут применяться сверла, оснащенные неперетачиваемыми пластинами (СМП) с механическим креплением на корпусе. 可以使用配备有防松板 (SMP) 的钻头, 该钻头具有与机体的机械紧固功能。Они используются для сверления отверстий глубиной и диаметром $d=20\ldots60$ мм. В их корпусах выполнены отверстия для подвода СОЖ в зону резания. 它们用于钻削深度和直径 $d=20\ldots60$ mm的孔。在其主体上开有用于向切削区域供应冷却液的孔。Стружечные канавки чаще всего делают прямыми, как более технологичные, для небольших диаметров стружечные канавки могут быть и винтовыми с углом наклона $\omega=20^\circ$. 随着技术的进步, 切屑槽通常是直的, 因为小直径的切屑槽也可以是螺旋形, 倾斜角度为 $\omega=20^\circ$ 。СМП позитивного типа с $\alpha>0$ в форме параллелограмма, ромба, прямоугольника или неправильного треугольника с шестью режущими кромками и центральным отверстием конической формы для крепления винтом. $\gamma>0$ 的正型刀片, 呈平行四边形, 菱形, 矩形或不规则三角形, 带有六个切削刃和一个用于螺钉紧固的中心锥形孔。Пластины располагаются с **обеих сторон** относительно оси сверла таким образом, что делят припуск по ширине с перекрытием в средней части. 这些板相对于钻头轴线位于两侧, 以使宽度余量在中间部分重叠的情况下分开。Одна из пластин обрабатывает центральную часть отверстия, а другая – периферийную. Поперечная режущая кромка у таких сверл отсутствует. 一块板加工孔的中心部分, 另一块板加工周边的部分。这些钻头没有横向切削刃



Сверло с СМП с механическим креплением на корпусе 带SMP的钻头, 机械固定在主体上

Свёрла для глубоких отверстий

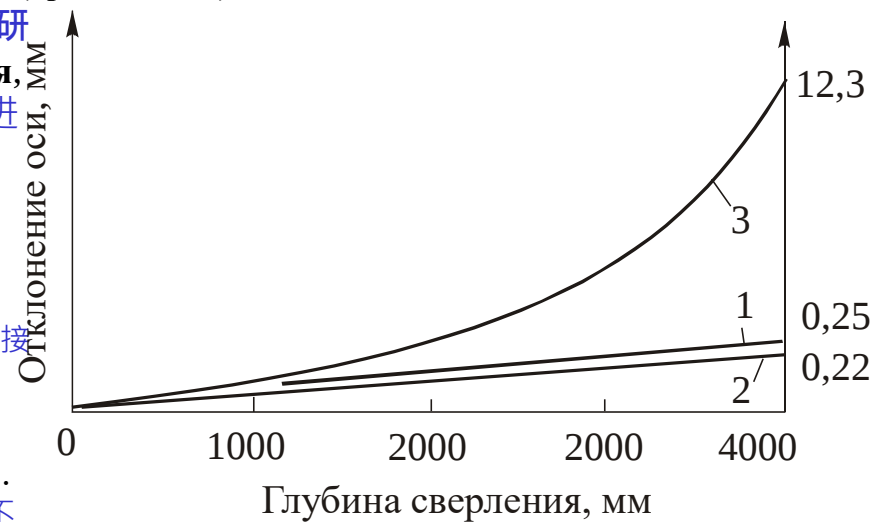
К **глубоким отверстиям** обычно относят отверстия, глубина которых превышает $5d$. **深孔通常包括深于 $5d$ 的孔。** Однако уже при $h > 3d$ в случае сверления отверстий спиральными сверлами наблюдаются трудности с подводом СОЖ в зону резания и удалением стружки из отверстия, что приводит к снижению стойкости инструмента. **然而，即使在使用麻花钻钻孔的情况下，即使在 $h > 3d$ 时，也观察到向切削区域供应冷却液和从孔中去除切屑的困难，这导致了刀具寿命的缩短。** Улучшить условия отвода стружки из отверстий при использовании спиральных сверл можно за счет увеличения угла наклона канавок до $40...60^\circ$ (**шнековые сверла**) и обеспечения **надежного дробления стружки**. **使用麻花钻时，可以通过将凹槽的倾斜角度增加到 $40...60^\circ$ （螺丝钻），并确保可靠地粉碎切屑，从而改善从孔中去除切屑的条件。** В противном случае приходится периодически выводить сверло из отверстия для освобождения инструмента от стружки, что значительно снижает производительность, хотя при этом увод оси отверстия несколько уменьшается. **否则，有必要定期从孔中取出钻头，以使刀具脱离切屑，尽管孔轴的偏移有所减少，但这显著降低了生产率。** Лучшие результаты дает использование внутреннего напорного подвода СОЖ в зону резания, которое обеспечивает **надежный отвод стружки из отверстия и отвод тепла из зоны резания**, благодаря чему повышается стойкость сверл. Причем эффективность СОЖ будет тем выше, чем выше скорость ее протекания через зону резания, которая определяется давлением и количеством (расходом) подаваемой жидкости. **通过向切削区域使用冷却剂的内部压力供应可获得最佳结果，这可确保可靠地从孔中去除切屑并从切削区域中去除热量，从而提高钻头的耐用性。而且，冷却剂的效率越高，其流过切割区域的速率越高，这由所供应的流体的压力和量（流速）决定。**



Чтобы свести до **минимума увод** и повысить точность отверстий используется способ **базирования режущей части инструмента с опорой на обработанную поверхность**. **为了最大程度地减少漂移并提高孔的精度，使用了一种在支撑面上定位带有支撑的工具切削零件的方法。** Расположение режущих кромок создаёт неуравновешенную радиальную составляющую силу резания, **прижимающую опорные направляющие корпуса к поверхности отверстия**, которые обработаны впереди идущими режущими кромками (рисунок справа). **切削刃的位置会产生切削力的不平衡径向分量，从而使主体的支撑导轨压靠孔的表面，该孔由前切削刃加工而成（右图）。** При этом засверливание должно производиться **через кондукторную втулку** или по предварительно подготовленному в заготовке $\varnothing 21$ отверстию глубиной $(0,5...1,0)d$. **在这种情况下，应通过夹具衬套或工件上预先准备的深度为 $(0.5 \dots 1.0) d$ 的孔进行预钻孔。**

Свёрла для глубоких отверстий (продолжение)

Был исследован увод оси сверла для трех схем сверления: **研究了三种钻孔模式的钻头轴漂移**: 1) **заготовка вращается, а сверло совершает движение подачи**; 1) **工件旋转, 钻头进给运动**; 2) **заготовка и сверло вращаются в противоположных направлениях**; 2) **工件和钻头反向旋转**; 3) **заготовка неподвижна, вращается сверло**. 3) **工件静止, 钻头旋转**. **Наилучшим** является **второй вариант**, но к нему близок и первый. **第二个选项是最好的, 但第一个选项也很接近**. Худшие результаты дает третья схема, которая применяется в случаях сверления несимметричных заготовок с большой массой (например, корпусные детали). **通过第三种方案可以获得最差的结果, 该方案用于钻削质量较大的不对称工件 (例如, 身体部位) 的情况**.



Исторически первой и наиболее простой конструкцией сверла глубокого сверления являются **пушечные сверла**, стержень большой длины, равной глубине обрабатываемого отверстия, срезанный в рабочей части примерно до половины диаметра и заточенный с торца с задним углом α . **从历史上看, 深孔钻的第一种也是最简单的设计是枪钻, 其杆长等于所加工孔的深度, 将工件切成约一半的直径, 并从末端以间隙角sharp削尖**. Во избежание заедания сверла в отверстии передняя поверхность расположена выше оси инструмента на величину 0,2...0,5 мм. **为避免钻头卡在孔中, 前表面位于刀具轴线上方0.2到0.5 mm**. Сверло имеет **одну главную режущую кромку**, перпендикулярную к оси. **钻头具有一个垂直于轴线的主切削刃**. С другой стороны от оси сверла по торцу делают срез под углом 10° , отступив от оси на расстояние 0,5 мм. **在钻头轴线的另一侧, 以10°的角度沿端部进行切割, 与轴线的距离为0.5 mm**. Со стороны вспомогательной режущей кромки на наружной поверхности срезают лыску под углом 30° с оставлением цилиндрической ленточки шириной $f = 0,5$ мм. **在辅助切割刃的外表面侧, 以30°的角度切出一个平面, 剩下一个圆柱带, 宽度为f = 0.5 mm**. У пушечного сверла передний угол $\gamma = 0^\circ$, а задний $\alpha = 8...10^\circ$. **枪钻的前角 $\gamma=0^\circ$, 后角 $\alpha=8...10^\circ$** . Для снижения осевой составляющей силы резания передняя поверхность пушечного сверла выполняется по радиусу R с очень небольшим занижением около оси инструмента. **为了减少切削力的轴向分量, 沿着半径R制作了枪钻的前表面, 并且在刀具轴附近进行了很小的低估**. В процессе сверления радиальная односторонне направленная нагрузка воспринимается цилиндрической поверхностью сверла, опирающейся на стенку обработанного отверстия. **在钻孔过程中, 径向单向载荷是由位于加工孔壁上的钻头圆柱表面感知的**. 22

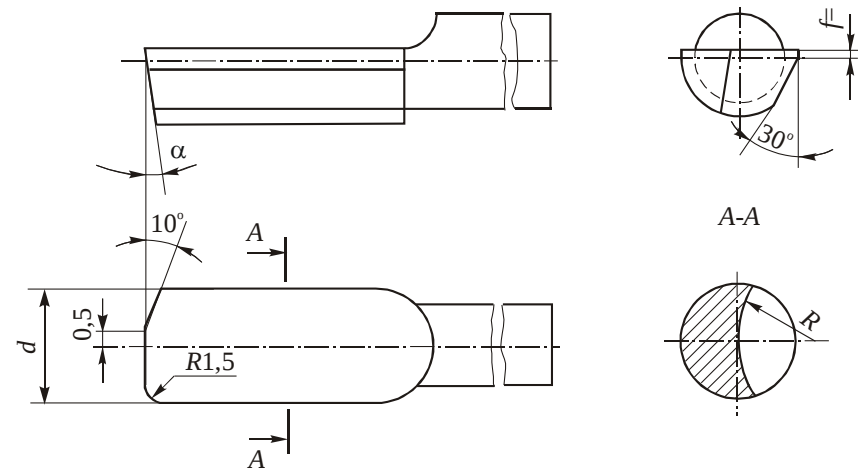
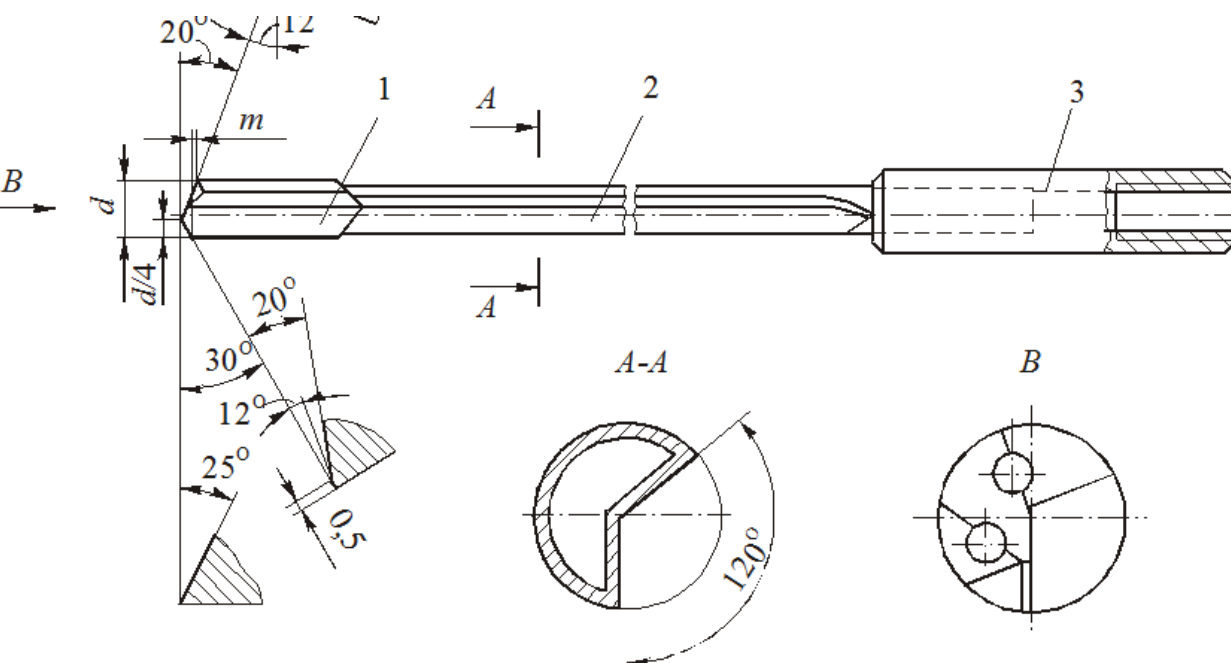
Свёрла для глубоких отверстий (продолжение)

a – пушечное сверло

($d = 3 \dots 36$ мм); не обеспечивается непрерывный отвод стружки, приходится сверло периодически выводить из отверстия. 枪钻 ($d = 3 \dots 36$ 毫米); 无法确保连续去除切屑, 必须定期从孔中取出钻头。 Из-за низкой поперечной жесткости и большой ширины срезаемого слоя оно склонно к вибрациям, работает с малыми подачами, применяется в единичном и мелкосерийном производстве. 由于横向刚度低和切割层的宽度大, 它易于振动, 进给率低, 可用于单批和小批量生产。

б – ружейное сверло ($d = 1 \dots 30$ мм), $m > 2s_0$

с трубчатым стеблем из стали 30ХМА; $d \leq 2$ мм – цельные твердосплавные; 枪钻 ($d = 1 \dots 30$ мм), $m > 2s_0$ 带有由 30ХМА 钢制成的管状杆; $d \leq 2$ мм – 硬质合金;



Ружейные сверла имеют **внутренний канал** для подвода СОЖ и прямую (иногда винтовую) канавку для наружного отвода пульпы (смесь стружки и СОЖ). 枪钻具有用于供应冷却液的内部通道和直的 (有时是螺旋形的) 凹槽, 用于从外部排出浆料 (切屑和冷却液的混合物)。 Они применяются для сверления отверстий глубиной ($5 \dots 100$) d и диаметром $1 \dots 30$ мм, минимальный увод оси при высокой точности ($H8 \dots H9$) и низкой шероховатости ($Ra 0,32 \dots 1,25$ мкм); СОЖ на масляной основе с противозадирными присадками (S, Cl, P) 它们用于钻削深度为 ($5 \dots 100$) d , 直径为 $1 \dots 30$ мм, 最小轴偏差且精度高 ($H8 \dots H9$) 和低粗糙度的孔 ($Ra 0.32 \dots 1.25 \mu m$); 含 EP 添加剂 (S, Cl, P) 的油基冷却剂

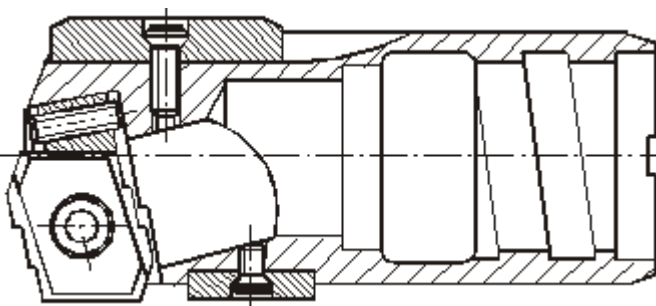
Свёрла для глубоких отверстий (продолжение)

Технические требования к изготовлению ружейных сверл весьма жесткие. **制造枪钻的技术要求非常严格。** Рабочая часть шлифуется с допуском по $h5$ или $h6$, а хвостовик – по $h6$. **工作部件研磨至 $h5$ 或 $h6$ ，而刀柄研磨至 $h6$ 。** Радиальное биение наконечника относительно хвостовика не более $0,01 \dots 0,02$ мм. **尖端相对于柄的径向跳动不超过 $0.01 \dots 0.02$ mm。** При настройке операции необходимо обеспечить соосность шпинделя и сверла в пределах $0,01$ мм, а соосность кондукторной втулки и шпинделя станка – в пределах $0,005$ мм. **设置操作时，必须确保主轴和钻头的对齐在 0.01 mm之内，夹具和机床主轴的对齐在 0.005 mm之内。** Давление и расход **СОЖ на масляной основе** с противозадирными присадками (S, Cl, P) зависят от диаметра сверла. **EP油基冷却剂 (S, Cl, P) 的压力和流速取决于钻头直径。** При малых диаметрах сверл давление СОЖ достигает $9 \dots 10$ МПа. Применение эмульсий на водной основе приводит к **затиранию направляющих** и возникновению **вибраций**. **对于小直径的钻头，冷却液压力达到 $9 \dots 10$ МПа。使用水基乳液会擦伤导板并引起振动。** **Недостаток** ружейных сверл – **малая** поперечная и крутильная **жесткость** из-за ослабленного канавкой стебля, необходимо снижать подачу, а следовательно, и производительность процесса сверления. **枪钻的缺点是由于杆被凹槽削弱而导致横向和扭转刚度低，因此必须减少进给量，从而降低钻孔过程的生产率。**

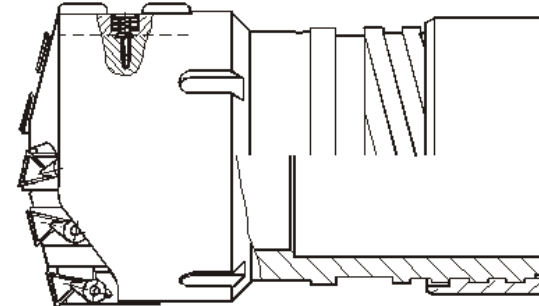
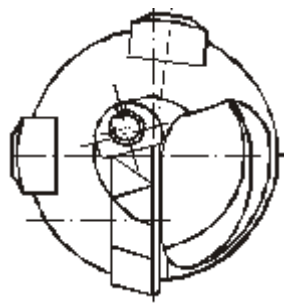
Сверла и сверлильные головки БТА (Bohring and Trepanning Association) при малых диаметрах сверления ($d \leq 18$ мм) **твердосплавные** режущие и направляющие **пластины** напаяются на трубчатый стебель, а при **больших диаметрах** ($d > 18$ мм) – на **головки**, навинчиваемые на стебель. **钻头和钻头БТА（钻孔和开孔协会）用于小直径（ $d \leq 18$ mm），硬质合金切削和导向板焊接到管状杆上，大直径（ $d > 18$ mm）-焊接在拧在杆上的头上。**



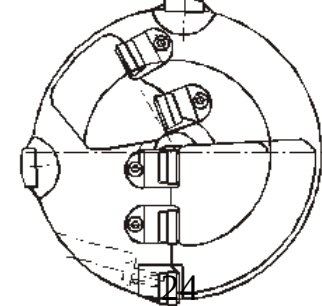
$d = 6 \dots 18$ мм



$d = 18 \dots 65$ мм



$d > 65$ мм



Свёрла для глубоких отверстий (продолжение)

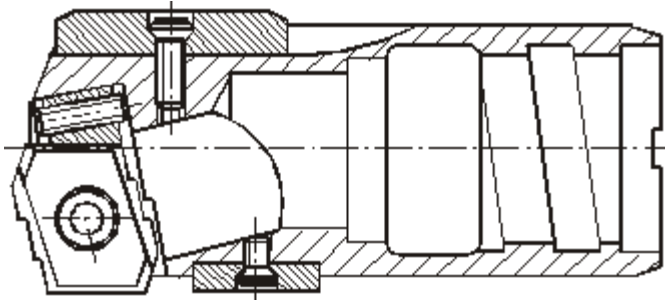
Сверла **БТА** имеют толстостенный стержень кольцевого сечения и работают с наружной подачей СОЖ между стенками стержня и обработанного отверстия и с **внутренним отводом СОЖ и стружки** через отверстия в головке и стержне. **БТА** сверло имеет один с кольцевым поперечным сечением толстостенный стержень, **и на стержне и на обрабатываемом отверстии используется внешнее охлаждение, а также** через стержень и стержень отверстия **используется для отвода СОЖ и стружки**. Подача СОЖ через **специальные масляные приемники**, которые устанавливаются на **специальных станках** для обработки глубоких отверстий, обеспечивающих торцевое уплотнение между заготовкой и кондукторной втулкой. **Охлаждение** через специальные масляные приемники, эти масляные приемники устанавливаются на станках для обработки глубоких отверстий, обеспечивающих торцевое уплотнение между заготовкой и кондукторной втулкой. **Охлаждение** через специальные масляные приемники, эти масляные приемники устанавливаются на станках для обработки глубоких отверстий, обеспечивающих торцевое уплотнение между заготовкой и кондукторной втулкой.

Достоинства сверл БТА состоят в том, что благодаря высокой жесткости трубчатого стебля подача увеличивается в 2...4 раза, а **стружка**, удаляемая из зоны резания по **внутреннему каналу**, не портит обработанную поверхность. ВТА-дрели的优点是，由于管状杆的高刚性，进给量增加了2到4倍，并且通过内部通道从切削区域去除的切屑不会破坏加工表面。

Глубина сверления отверстий сверлами БТА при горизонтальном положении заготовки достигает **100d**, а при вертикальном – 50d. **БТА** **дрilling** 钻头**的** **drilling** 钻孔深度在工件的水平位置达到100d, 在垂直位置达到50d。

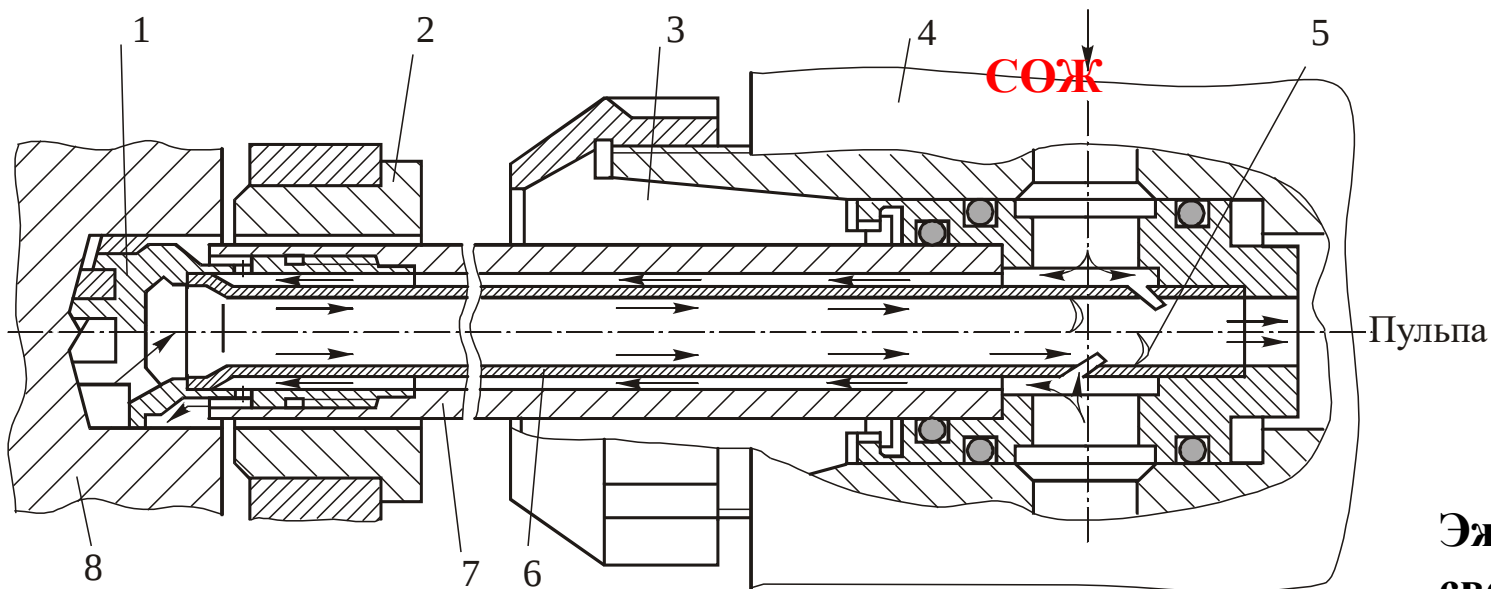
Недостатки сверл БТА: 1) **сложность** и высокая стоимость головки; 2) **трудности** с надежным **удалением стружки** через относительно небольшое по сечению входное отверстие в режущей части, при закупоривании которого процесс сверления становится невозможным. **БТА钻的缺点**：1) 头部的复杂性和高成本；2) 难以通过切削部件中较小的横截面入口可靠地去除切屑，堵塞时将无法进行钻孔过程。

Для дробления стружки на **напайных** твердосплавных пластинах **затачиваются** **стружкодробящие уступы**, а на **СМП** – **сферические мелкие лунки**, получаемые в процессе изготовления пластин.为了压碎切屑，在硬质合金板上磨碎碎屑壁架，并在SMP上磨尖在制造板的过程中获得的球形小孔。



Головка БТА

Эжекторные сверла подобны головкам БТА. Отличия в способах подвода СОЖ и отвода пульпы (смесь стружки и СОЖ), суть которых состоит в том, что подвод осуществляется между стенками стебля **径杆 7** и тонкостенной трубы **6**, вставленной внутри стебля, и далее через отверстия в корпусе головки в зону резания. **弹出钻头类似于BTA头。冷却液的供给和纸浆去除方法（木屑和冷却液的混合物）的不同之处在于，其供给是在阀杆7的壁和插入阀杆内部的薄壁管6之间进行，然后再通过刀头上的孔进入切割区域。** В хвостовой части тонкостенной трубы прорезаны С-образные пазы, исполняющие роль сопла **5** эжектора, отсасывающего пульпу через внутреннюю полость этой трубы. **在薄壁管的尾部切出C形凹槽，用作排出喷嘴5，其通过该管的内腔抽吸纸浆。** СОЖ делится на два потока: рабочий, идущий в зону резания, и **вспомогательный, идущий на слив** и составляющий примерно 1/3 от общего количества СОЖ. **冷却剂分为两股流：工人进入切削区域，而辅助流体进入排水口，约占冷却剂总量的1/3。** Именно этот вспомогательный поток и создает разрежение во внутренней трубе. **正是这种辅助流动在内管中产生了真空。** Под действием атмосферного давления рабочий поток, пройдя через зону резания, вместе со стружкой всасывается в зону пониженного давления и уходит на слив. **在大气压的影响下，已经通过切削区域的工作流与切屑一起被吸入低压区域，并进入排液口。** Поэтому **эжекторные сверла** могут использоваться на универсальных станках, не требуются специальные маслоприемники, а подача и отвод СОЖ осуществляются с помощью специальных патронов **4** на шпинделе сверлильного станка или **задней бабке** токарного станка **因此，可以在通用机器上使用推顶钻，不需要特殊的机油接收器，并且可以使用钻机主轴或车床尾座上的特殊卡盘4进行冷却剂的供应和清除。**



Кольцевые сверла — для обработки сквозных отверстий диаметром свыше 50 мм

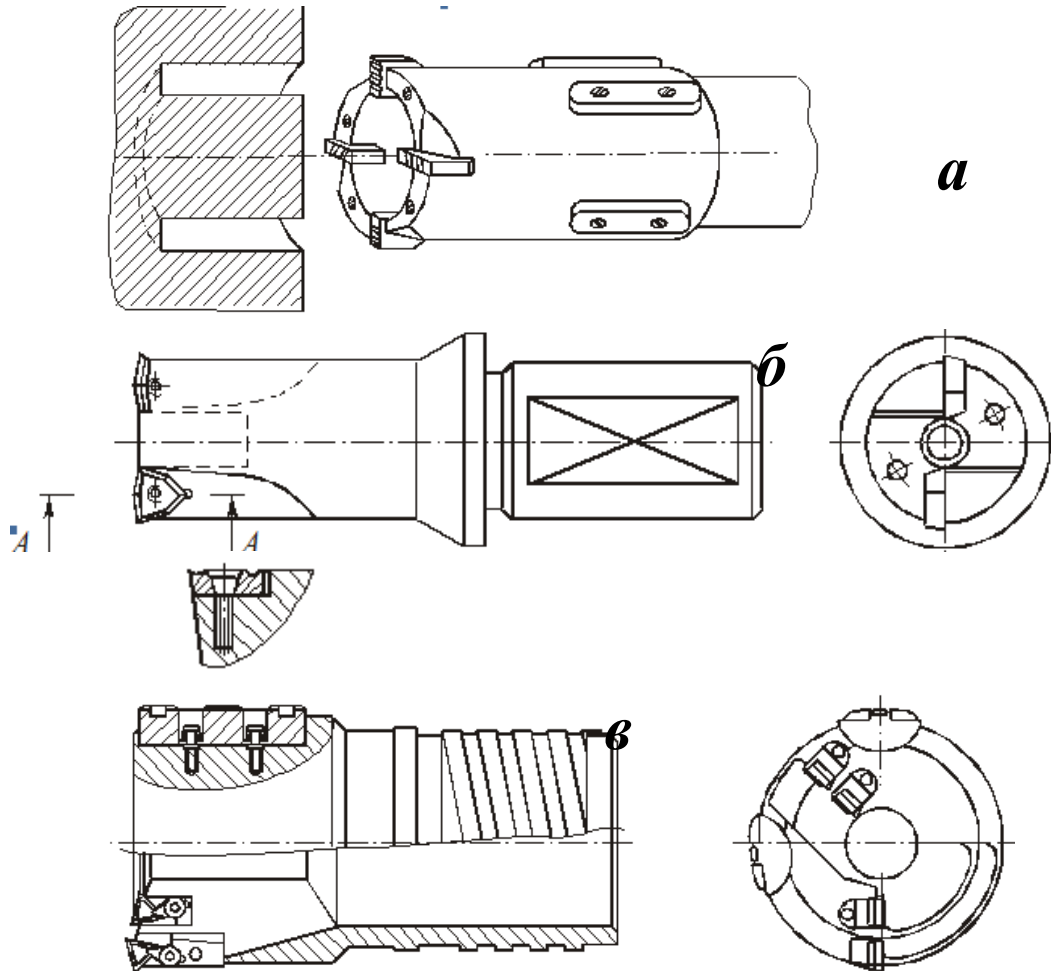
环形钻-用于直径超过50毫米的通孔

Кольцевые сверла:

a — с механическим креплением режущих и направляющих пластин; *a*-通过机械固定切割和导向板

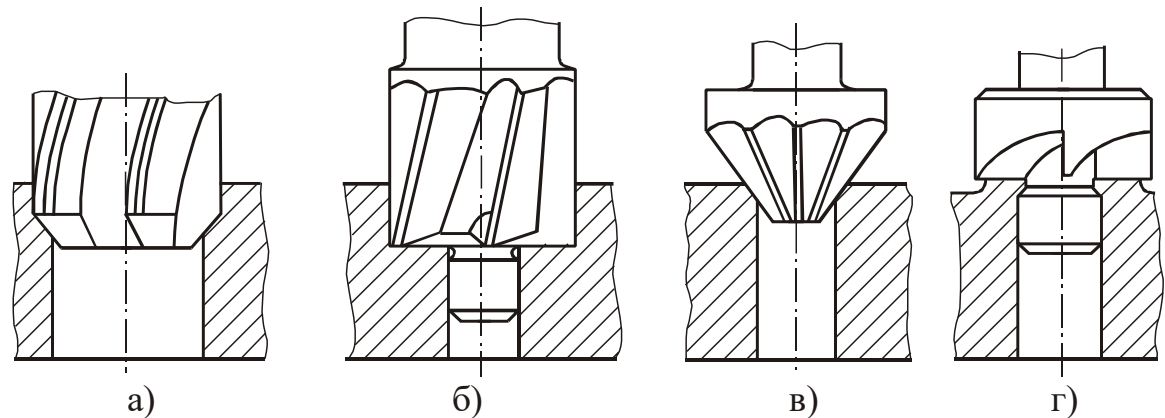
б — для неглубоких отверстий, оснащенные СМП; 浅孔, 配备SMP;

в — оснащенные СМП головки одностороннего резания с внутренним отводом стружки для сверления глубоких отверстий с-配备SMP的单面切削头, 带有内部排屑装置, 用于深孔钻削



При сверлении глубоких отверстий диаметром более 120 мм и глубиной 100d применяют внутренний отвод стружки через отверстия в корпусе головки и стержне кольцевого сверла. Для крепления пластин в сверлах больших диаметров используют промежуточные вставки. Такие сверла, кроме режущих пластин, имеют также опорные твердосплавные направляющие пластины. При сверлении глубоких отверстий диаметром более 120 мм и глубиной 100d применяют внутренний отвод стружки через отверстия в корпусе головки и стержне кольцевого сверла. Для крепления пластин в сверлах больших диаметров используют промежуточные вставки. Такие сверла, кроме режущих пластин, имеют также опорные твердосплавные направляющие пластины.

Зенкеры – это осевые многолезвийные режущие инструменты, которые применяются для промежуточной или окончательной **обработки отверстий**, предварительно полученных сверлением, литьем, ковкой или штамповкой, с **целью повышения их точности** по диаметру до $JT11 \dots JT9$, по форме поверхности (уменьшению отклонения от **круглости и цилиндричности**), расположению поверхности (уменьшению отклонения от **соосности и параллельности**) и уменьшения шероховатости обработанной поверхности до $Ra\ 6,3 \dots 2,5$ мкм. 埋头孔是轴向多刃切削工具，用于对先前通过钻孔，铸造，锻造或冲压获得的孔进行中间或最终加工，以提高其表面形状的直径精度至 $JT11 \dots JT9$ （以减少与圆度和圆柱度的偏差），表面位置（减少对准和平行度的偏差）以及将机加工表面的粗糙度减小到 $Ra\ 6.3 \dots 2.5$ 微米。Зенкеры, являясь **мерными инструментами**, не требуют настройки на размер, что обеспечивает сокращение вспомогательного времени и повышает точность отверстий 作为测量工具的埋头孔不需要调整尺寸，这可以减少辅助时间并提高孔的精度。Для повышения точности они снимают меньшие припуски ($t = 1,5 \dots 4,0$ мм при $d = 18 \dots 80$ мм), имеют большее число режущих кромок ($z = 3 \dots 4$) и направляющих ленточек. 为了提高精度，它们去除了较小的余量（ $d = 18 \dots 80$ mm 时 $t = 1.5 \dots 4.0$ mm），切削刃数量更大（ $z = 3 \dots 4$ ）和导向条。Из-за малой глубины стружечных канавок они имеют большую, чем сверла, жесткость, а отсутствие поперечной кромки позволяет вести обработку с **более высокими подачами (в 2-3 раза)**. 由于切屑槽的深度较小，它们比钻头具有更高的刚度，并且没有横向边缘，因此可以以更高的进给率（2-3倍）进行加工。



Типы зенкеров: *a* – цилиндрический зенкер; *б, в* – зенковки **埋头钻**; *г* – цековки **沉孔**

Зенкеры классифицируются: **埋头孔分类** :

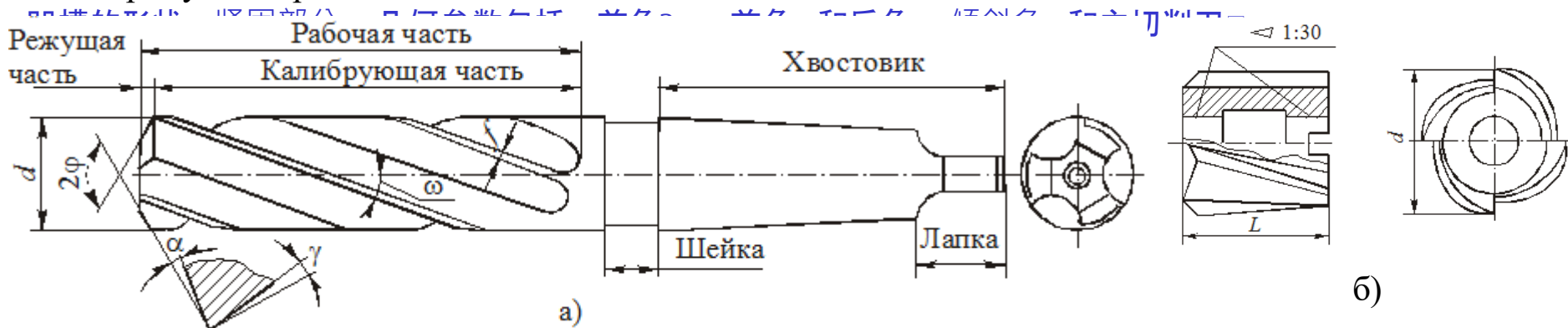
а) по **виду обработки** – цилиндрические **зенкеры** (применяются для увеличения диаметра отверстий), **зенковки** (применяются для обработки цилиндрических или конических углублений под головки болтов, винтов, а также для снятия фасок, цековки – для подрезки торцов бобышек и приливов на корпусных деталях); **按加工类型划分-圆柱埋头孔 (用于增加孔的直径), 埋头孔 (用于加工螺栓, 螺钉头的圆柱或圆锥形凹槽以及倒角, 沉头孔-修整凸台末端和车身零件上的潮汐;**

б) по **способу крепления** зенкера – хвостовые (с цилиндрическим и коническим хвостовиками ($d = 10 \dots 40$ мм, $z = 3$)) и насадные **安装** ($d = 32 \dots 80$ мм, $z = 4$); **通过固定埋头孔的方法-尾部 (带有圆柱形和锥形柄 (d = 10 ... 40 mm, z = 3)) 并安装 (d = 32 ... 80 mm, z = 4) ;**

в) по **конструкции** зенкера – цельные, сборные (со вставными ножами, $d = 40 \dots 120$ мм) и регулируемые по диаметру; **根据埋头孔的设计-坚固, 模块化 (带插入式刀具, d = 40 ... 120 mm), 直径可调节 ;**

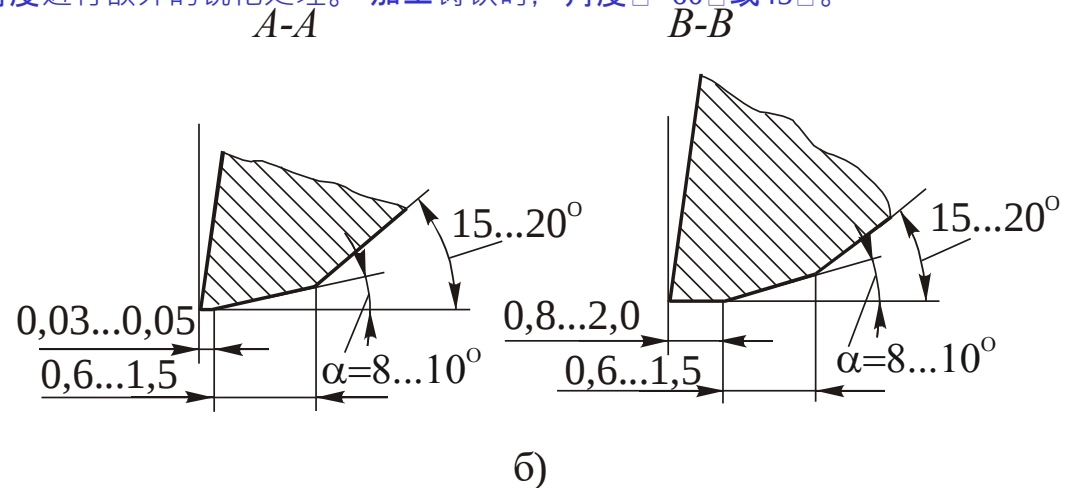
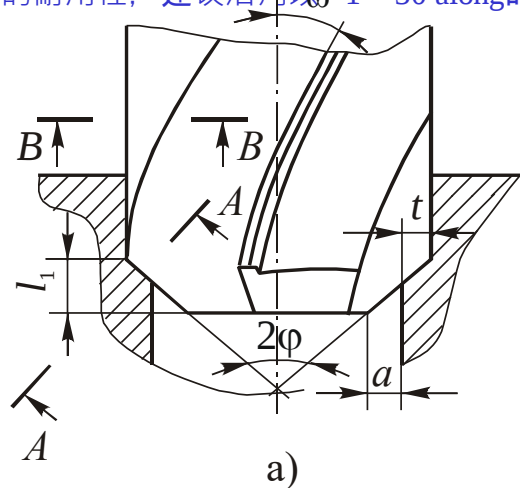
г) по **виду режущего материала** – быстрорежущие и твердосплавные. **通过切削材料的类型-高速和硬质合金。**

К **основным конструктивным элементам зенкеров относятся**: режущая часть (заборный конус), калибрующая часть, число канавок (зубьев), форма канавок, крепежная часть. К **геометрическим параметрам относятся**: угол при вершине 2φ , передние γ и задние α углы, углы наклона канавок ω и главных режущих кромок λ . **埋头孔的主要结构元素包括: 切削部分 (进气锥), 量规部分, 凹槽 (齿) 的数量**



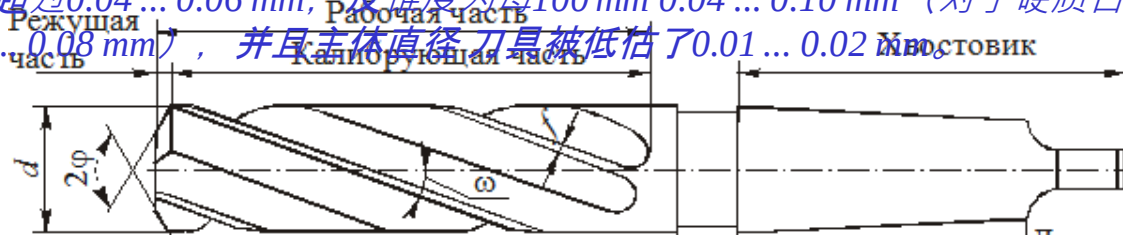
Цилиндрические зенкеры: а – хвостовой; б – насадной

Режущая часть зенкера предназначена для удаления припуска. При обработке сталей угол $\varphi = 60^\circ$. С целью повышения стойкости зенкеров рекомендуется дополнительная заточка по уголкам под углом $\varphi_1 = 30^\circ$. При обработке чугунов угол $\varphi = 60^\circ$ или 45° . 埋头孔的切割部分用于清除坯料。加工钢时，角度 $\varphi=60^\circ$ 。为了增加埋头孔的耐用性，建议沿角 $\varphi_1 = 30^\circ$ 的角度进行额外的锐化处理。加工铸铁时，角度 $\varphi=60^\circ$ 或 45° 。



Режущая часть зенкера: *a* – элементы режущей части; *б* – формы заточки зубьев зенкера

Калибрующая часть зенкера обеспечивает необходимую точность размера отверстия, направляет зенкер в процессе обработки отверстия и служит запасом на его переточку. **埋头孔的校准部分**确保所需的孔尺寸精度，在加工孔的过程中引导埋头孔，并作为其重新研磨的储备。 На ней расположены **цилиндрические ленточки** шириной $f = 0,8 \dots 2,0$ мм для $d = 10 \dots 80$ мм. **在其上有圆柱形带**，宽度为 $f = 0.8 \dots 2.0$ mm, $d = 10 \dots 80$ mm. Радиальное биение ленточек не более $0,04 \dots 0,06$ мм, обратная конусность $0,04 \dots 0,10$ мм на 100 мм (у твердосплавных зенкеров уменьшение диаметра **0,05...0,08 мм на длине режущей пластины**), а диаметр корпуса инструмента занижается на $0,01 \dots 0,02$ мм. **碳带的径向跳动不超过0.04...0.06 mm, 反锥度为每100 mm 0.04...0.10 mm (对于硬质合金沉头, 沿切削刀片的长度减小的直径为0.05...0.08 mm)**, 并且主体直径刀具被低估了 $0.01 \dots 0.02$ mm.



Цилиндрический хвостовой зенкер с коническим хвостовиком

Увеличение ширины ленточек твердосплавных зенкеров нецелесообразно, так как оно сопровождается налипанием на них мелкой стружки и приводит к снижению стойкости инструмента. **硬合金埋头孔带的宽度增加是不切实际的, 因为它伴随着小碎屑粘附到它们上, 并导致工具寿命缩短。** При увеличении обратной конусности наблюдаются вибрации и происходит быстрая потеря размера зенкера при его переточке. **随着反向锥度的增加, 观察到振动, 并且在重新沉孔的过程中 occurs 孔尺寸迅速减小。**

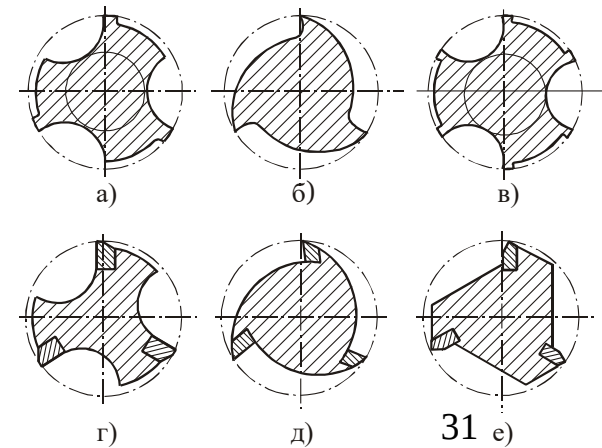
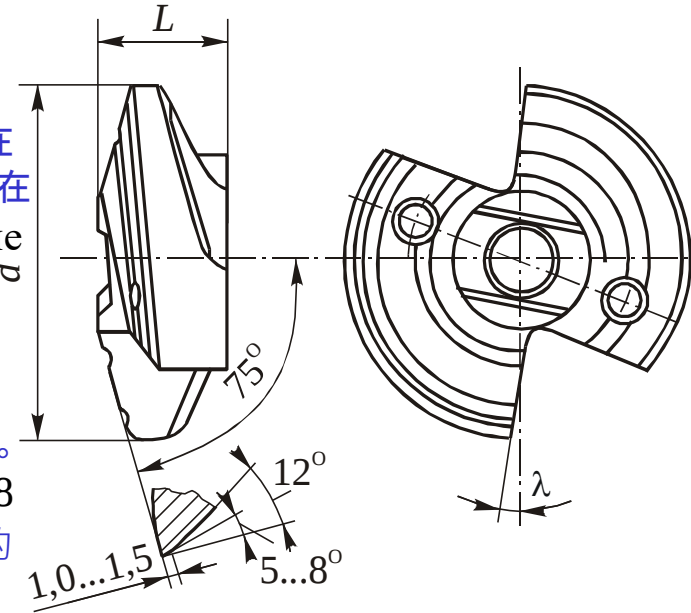
В тяжелом машиностроении для снятия больших припусков и при невысоких требованиях к качеству отверстия применяют **двузубые зенкеры** (зенкеры-улитки), насаживаемые на оправки. **在重型工程中, 为了消除较大的余量并且对孔的质量要求不高, 使用了安装在心轴上的两齿埋头孔 (蜗牛埋头孔)。** Они имеют короткие и большие по объему канавки и служат для обработки отверстий диаметром до 300 мм. **它们具有短而大的凹槽, 适合加工直径最大为300 mm的孔。**

Зенкеры изготавливают с **тремя** (хвостовые) или **четырьмя** (насадные) **канавками**. **孔带有三个 (尾部) 或四个 (已安装) 凹槽。** Применяются также насадные зенкеры **крупных размеров** ($d > 58$ мм) с **шестью** и **более канавками**. **还可以使用带有六个或更多槽纹的大尺寸 shell 孔 ($d > 58$ 毫米)。** Канавки зенкеров **обычно винтовые** ($\omega = 20^\circ$), но могут быть и **прямыми**, например у

твердосплавных зенкеров для обработки сталей и чугунов высокой твердости. **孔槽通常是螺钉 ($\omega = 20^\circ$), 但也可以是直的, 例如, 在加工钢和高硬度铸铁的硬质合金沉槽中。** У сборных зенкеров со

вставными ножами, в том числе с напайными твердосплавными пластинами, **канавки косые**, наклонные к оси. **对于带有镶刀的预制 counter 孔, 包括带有硬质合金板的 those 孔, 其凹槽是倾斜的, 相对于轴线倾斜。** Криволинейная форма канавок (а, в, г) упрощает

изготовление зенкеров и сокращает число операций, но требует специальных фасонных фрез и **уменьшает жёсткость**. **凹槽 (а, с, д) 的曲线形状简化了埋头孔的制造并减少了操作次数, 但需要使用特殊形状的铣刀并降低了刚性。**

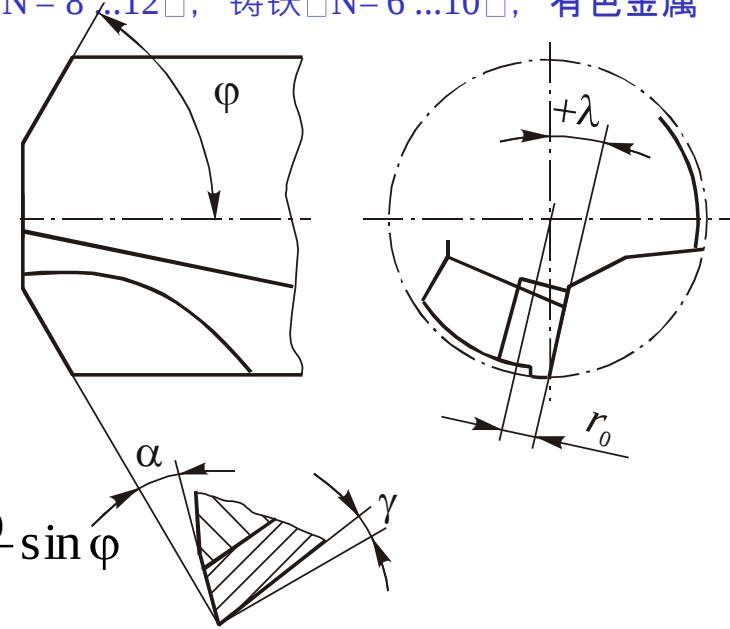


При проектировании новых зенкеров рекомендуются следующие значения **передних** углов: при обработке сталей $\gamma_N = 8 \dots 12^\circ$, чугунов $\gamma_N = 6 \dots 10^\circ$, цветных металлов $\gamma_N = 25 \dots 30^\circ$, твердых сталей и чугунов $\gamma_N = 0 \dots 5^\circ$. 设计新的沉头孔时, 建议使用以下前角: 当加工钢 $N = 8 \dots 12^\circ$, 铸铁 $N = 6 \dots 10^\circ$, 有色金属 $N = 25 \dots 30^\circ$, 硬钢和铸铁 $N = 0 \dots 5^\circ$ 。

Для повышения прочности режущих кромок у зенкеров с напайными твердосплавными пластинами создают **положительный угол наклона главной режущей кромки λ** , предохраняющий от выкрашивания место стыка главных режущих и вспомогательных кромок. 为了增加带有硬质合金刀片的埋头孔的切削刃强度, 主切削刃 λ 会产生一个正倾角, 以保护主切削刃和辅助刃的接合处不致崩裂。

Рекомендуется брать угол $\lambda = +12 \dots +15^\circ$. При этом сход стружки происходит в направлении к хвостовику, а режущая кромка имеет превышение r_0 над осевой плоскостью, отсюда **建议采用角度 $\lambda = +12 \dots +15^\circ$** . 在这种情况下, 切屑沿刀柄方向脱落, 切削刃在轴向平面上具有 r_0 的余量, 因此

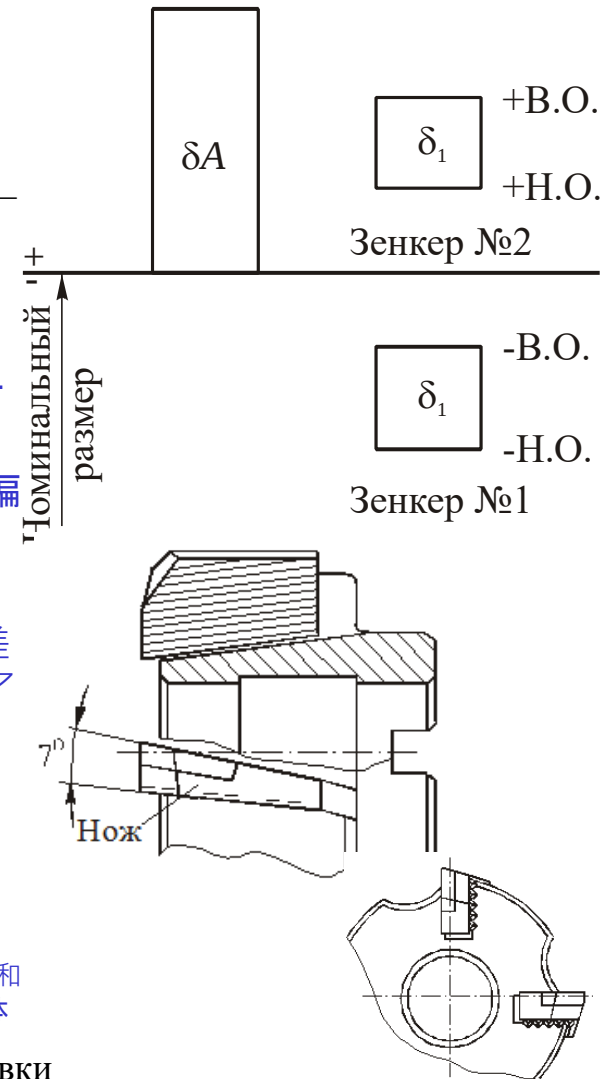
$$\sin \lambda = \frac{r_0}{r} \sin \varphi$$



Задний угол α у зенкеров, как и у спиральных сверл, создается **заточкой по плоскости, по конической или винтовой поверхностям**. 像麻花钻一样, α 孔的间隙角 α 是通过沿平面, 沿锥面或螺旋面锐化而形成的。Для контроля осевого биения режущих кромок на **режущей** части при заточке или доводке на задней поверхности **около режущей кромки необходимо оставлять узкую ленточку** шириной $0,03 \dots 0,05$ мм с нулевым задним углом ($\alpha = 0^\circ$). 为了在切削刃附近的后表面上进行锐化或精加工时, 控制切削刃上切削刃的轴向跳动, 必须留有 $0,03 \dots 0,05$ mm 的窄带, 零间隙角 ($\alpha = 0^\circ$)。При этом величина биения режущей кромки должна быть не более $0,05 \dots 0,06$ мм. 在这种情况下, 切削刃的跳动值应不大于 $0,05 \dots 0,06$ mm。Заточка узкой ленточки крайне необходима, так как биение режущих кромок оказывает большое влияние на нормальную работу зенкеров и особенно зенкеров, оснащенных твердым сплавом. 窄带的锐化是非常必要的, 因为切削刃的跳动对禅宗的正常运行有很大的影响, 尤其是配备固体合金的禅宗。

Допуск на диаметр зенкеров устанавливается в зависимости от назначения зенкера и допуска на обработанное отверстие. **埋头孔的直径公差取决于埋头孔的目的和加工孔的公差。** По назначению, величине и расположению допуска на диаметр отверстия различают: **зенкер № 1** – для обработки отверстий **под развертывание** и **зенкер № 2** – для **окончательной обработки** отверстий. У зенкера **№2** поле допуска на диаметр зенкера перекрывается полем допуска на отверстие (δA), т.е. оба отклонения имеют знаки «+». **根据孔直径公差的目的, 大小和位置, 可以区分它们: 1号埋头孔-用于加工铰孔的孔, 而2号埋头孔-用于精加工孔的孔。对于2号埋头孔, 埋头孔直径的公差范围与孔 (δA) 的公差范围重叠, 即两个偏差都带有“+”号。** При этом поле допуска на изготовление зенкера $\delta_1 \approx 0,25\delta A$, а верхнее отклонение (+B.O.) берется с учетом возможной разбивки отверстия **B.O.** = $+(0,3 \dots 0,4)\delta A$. **在这种情况下, 制造埋头孔的公差范围为 $\delta_1 \approx 0,25$, A, 并且考虑到孔 B.O. = $+(0,3 \dots 0,4) \square A$ 的可能击穿, 考虑了上偏差 (+V.O.)。**

Сборные зенкеры оснащают ножами, закрепляемыми в корпусе из конструкционной стали, который обычно крепится на оправке отверстием с конусностью 1:30 и торцевой шпонкой. Режущие ножи зенкеров изготавливают из быстрорежущей стали P6M5 или с напайными пластинами из твердых сплавов марок VK8, T15K6 и др. Корпус зенкера снабжен **клиновидными пазами** с углом $5 \dots 7^\circ$, в которые устанавливаются ножи с рифлениями на их опорных поверхностях. **组装好的埋头钻配有刀, 这些刀固定在钢结构中, 钢结构通常安装在带有1:30锥孔和端键的心轴上。ink孔切割刀由R6M5高速钢制成, 或由VK8, T15K6等硬质合金制成的钎焊板制成。The孔刀体上装有楔形凹槽, 倾斜角度为 $5 \dots 7^\circ$, 在凹槽中安装了在其支撑面上带有波纹的刀具。** После износа зенкера **возможно регулирование** его диаметра за счет перестановки пластин по рифлениям **槽纹**. **埋头孔磨损后, 可以通过沿着槽纹重新排列板来调整其直径。** Недостатком такой конструкции является **невозможность регулирования вылета пластин вдоль оси зенкера**. **这种设计的缺点是不可能沿着沉孔的轴线调节板的悬伸。** Чтобы исправить этот недостаток, зенкеры с опорной стороны дополнительно снабжают клиньями. При этом ножи и клинья вставляются в плоские пазы, благодаря чему оказывается возможным двойное регулирование: по диаметру и вдоль оси. **为了纠正此缺陷, 在支撑侧的埋头孔中还额外装有楔子。在这种情况下, 将刀和楔子插入平坦的凹槽中, 因此可以进行双重调整: 直径和沿轴向。** Однако конструкция такого зенкера несколько усложняется. **但是, 这种埋头孔的设计有些复杂。**



Развертки – это осевые многолезвийные режущие инструменты, применяемые для чистовой обработки отверстий. **铰刀是用于修整孔的轴向多刃切削刀具。** **Точность отверстий** после развертывания составляет **IT8...IT6**, а шероховатость поверхности – **Ra1,25...0,32 мкм**. **扩孔后的孔精度为IT8...IT6, 表面粗糙度为Ra1.25...0.32 μm。** При этом наилучшие результаты достигаются в случае **двухкратного** развертывания, когда первая развертка снимает 2/3 припуска, а вторая – оставшуюся 1/3. **在这种情况下, 在两次扫频的情况下, 当第一次扫频消除了余量的2/3, 而第二次扫频余下的1/3时, 则可获得最佳结果。** Такие же показатели можно получить и при шлифовании, однако после развертывания качество обработанной поверхности выше, так как на шлифованной поверхности остаются частицы абразива, которые приводят к ускоренному износу сопрягаемых деталей. **在磨削过程中可以获得相同的指标, 但是, 在部署之后, 由于磨料颗粒保留在地面上, 因此加工表面的质量更高, 这会导致配合零件的加速磨损。**

В отличие от зенкеров, развертки имеют **большее число зубьев** ($z = 6...14$) и, как следствие, лучшее направление в отверстиях. **与埋头孔不同, 铰刀的齿数较多 ($z = 6 \dots 14$), 因此孔的方向更好** Они снимают значительно меньший припуск (**$t = 0,15...0,50$ мм**), чем при зенкеровании. **与埋头孔相比, 它们消除了小得多的余量 ($t = 0.15 \dots 0.50$ mm)。** С целью достижения минимальной шероховатости поверхности развертки при обработке сталей работают на низких скоростях резания ($v = 4...12$ м/мин), т.е. **до области появления нароста**. **为了达到最小的表面粗糙度, 加工钢时的铰刀必须以低切削速度 ($v = 4 \dots 12$ m / min) 工作, 即直到增长区域。** Тем не менее благодаря большому числу зубьев производительность при развертывании достаточно высока, так как **машинное время t_m** уменьшается за счет увеличения числа зубьев: **$t_m = L_o / s_z \cdot z \cdot n$, 尽管如此, 由于齿数众多, 因此部署期间的生产率相当高, 因为由于齿数的增加, 机器时间 t_m 减少了 : $t_m = L_o / s_z \cdot z \cdot n$,**

где L_o – длина обрабатываемого отверстия, мм; s_z – подача на зуб, мм; z – число зубьев; n – частота вращения развертки (заготовки), мин⁻¹. **Lo是要加工的孔的长度, mm ; s_z -每齿进给量, mm ; z 是齿数 ; n 是扫掠 (工件) 的旋转频率, 最小值-1。**

Для получения высокой точности отверстий развертки изготавливают с более жесткими допусками, чем зенкеры, а отверстия под развертывание получают сверлением, зенкерованием или растачиванием. **为了获得较高的精度, 铰刀的公差要比沉孔小, 而铰孔则是通过钻孔, 沉孔或镗孔获得的。** **Развертывание непосредственно после сверления** используют только **при обработке отверстий небольших диаметров** (менее 6 мм). **钻孔后立即进行铰孔仅在加工小直径 (小于6 mm) 的孔时使用。**

Малый диаметр отверстия, а значит и малая жёсткость, не позволяют **зенкеру на предыдущей обработке** улучшить расположение оси отверстия после зенкерования. **较小的孔径, 因此较低的刚度, 不允许前处理中的the孔改善improve孔后孔轴的位置。**

Мерные режущие инструменты. Развёртки (продолжение)

Развертки классифицируют по следующим признакам: 扫描根据以下标准进行分类:

а) вид привода – ручные и машинные; б) способ крепления – хвостовые и насадные; 驱动器类型-手动和机器; б) 安装方法-尾部和已安装;

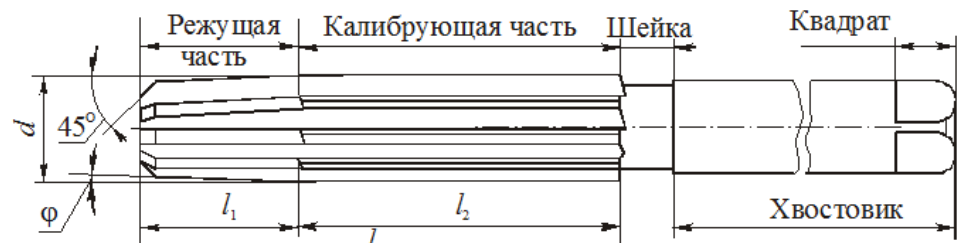
в) вид обрабатываемого отверстия – цилиндрические и конические; 加工孔的类型-圆柱形和圆锥形;

г) вид режущего материала – быстрорежущие, твердосплавные и алмазные; 切削材料类型-高速, 硬质合金和金刚石;

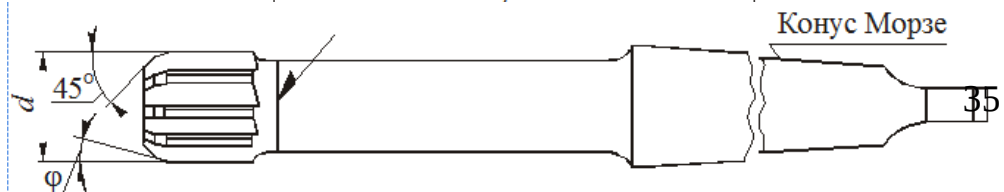
д) конструкция – цельные и сборные (со вставными ножами). 结构-一件式和预制 (带插入式刀具)。

Ручными развертками обрабатывают отверстия путем вращения инструмента вручную воротком, в который вставляется квадрат цилиндрического хвостовика. 用扳手手动旋转工具, 用手动铰刀加工孔, 在其中插入一个方形的圆柱柄。 Эти развертки ($d=3\ldots 40$ мм) изготавливают из инструментальной стали марки 9ХС. 这些铰刀 ($d = 3 \dots 40$ mm) 由9ХС级工具钢制成。 Для лучшего направления развертки в отверстия у нее затачивают большой длины заборный конус и калибрующую часть. 为了使铰刀在孔中更好地定向, 在其中锐化了较大的进气锥和校准部件。 В остальном конструкция ручных разверток не отличается от машинных. 其他, 手动铰刀的设计与机器的没有区别。 Рабочая часть цилиндрических разверток состоит из режущей и калибрующей частей. 圆柱铰刀的工作部分包括切割和量规部分。 На левом торце снимается *фаска* под углом $\varphi = 45^\circ$ для облегчения вхождения инструмента в отверстие и предохраняет *режущие* кромки от повреждения. 在左侧, 以 $\square=45\square$ 的角度去除倒角, 以利于工具进入孔中并保护切削刃免受损坏。 Далее следует *заборный конус* с углом в плане φ с зубьями, которые снимают припуск на обработку. 随后是一个进气锥, 其前导角为 $\square$, 带有齿, 这些齿可消除加工余量。 *Фаска* и *заборный конус* составляют *режущую часть* развертки. 倒角和进气锥形成铰刀的切削部分。

а – ручная развёртка;



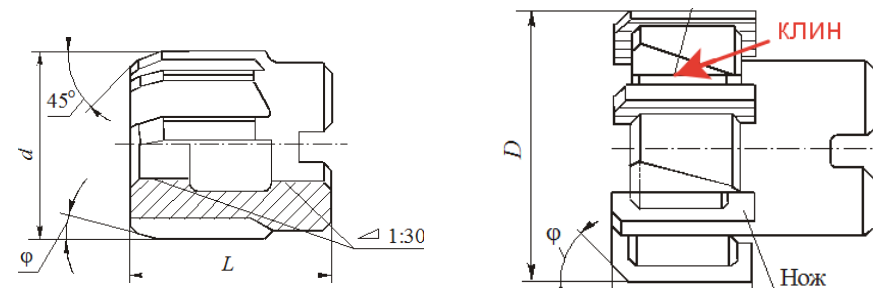
б – машинная развёртка;



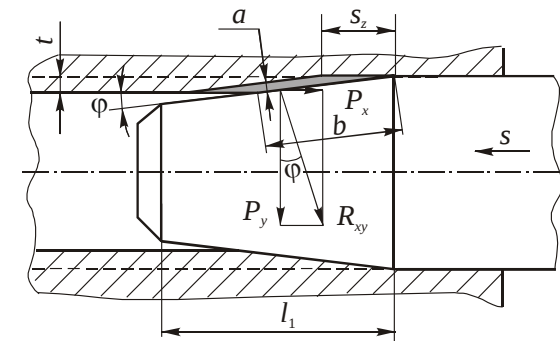
Угол в плане ϕ заборного конуса оказывает большое влияние на условия работы развёртки, так как он определяет соотношение между шириной b и толщиной t слоя, срезаемого каждым зубом: $b = t / \sin \phi$, $a = s_z \cdot \sin \phi$. 进气锥平面中的角度对扫掠的工作条件有很大影响, 因为它决定了宽度 b 与每个齿切割的层的厚度 t 之比: $b = t / \sin \phi$, $a = s_z \cdot \sin \phi$. С **уменьшением** угла ϕ сила подачи P_x **уменьшается** и обеспечиваются плавный вход и выход развёртки из отверстия. 随着角度 θ 减小, 进给力 P_x 减小, 并确保铰刀从孔中顺利进入和退出。 По этим причинам у **ручных** развёрток угол $\phi = 1 \dots 2^\circ$. 由于这些原因, 手动扫掠的角度为 $\phi = 1 \dots 2^\circ$. У **машинных** развёрток при обработке сталей $\phi = 12 \dots 15^\circ$, чугуна $\phi = 3 \dots 5^\circ$, а при обработке **глухих отверстий $\phi = 45^\circ$** . 对于机器铰刀, 当加工钢 $\dots = 12 \dots 15^\circ$ 时, 铸铁 $\phi = 3 \dots 5^\circ$, 以及加工盲孔 $\phi = 45^\circ$ 时。

Длина **заборного конуса** развёртки $l_1 \approx 1,3 \cdot t \cdot \operatorname{ctg} \phi$. 扫掠的进气锥的长度为 $l_1 \approx 1,3 \cdot t \cdot \operatorname{ctg} \phi$

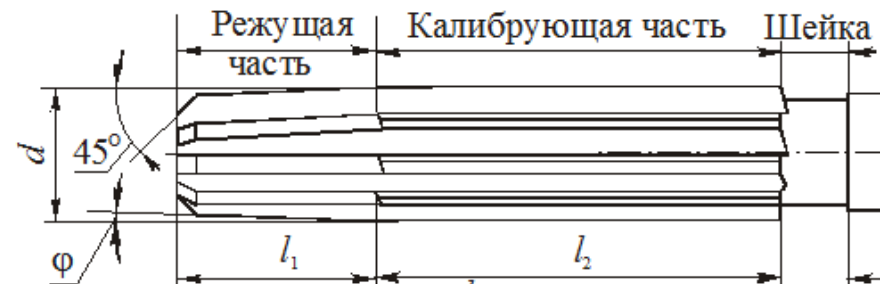
Калибрующая часть до половины её длины l_2 цилиндрическая, а на **остальной части** имеет небольшую **обратную конусность** (0,01-0,06/100 мм) для уменьшения разбивки отверстия при выходе из него развёртки. 校准零件是圆柱形的, 直至其长度 l_2 的一半, 并且在零件的其余部分具有较小的反向锥度 (0.01-0.06 / 100毫米), 以减少铰刀离开时孔的破裂



ϕ – развёртка насадная; ϕ – развёртка сборная



Радикальная P_y и осевая P_x составляющие силы резания и параметры сечения срезаемого слоя 切削力的径向 P_y 和轴向 P_x 分量以及切削层截面的参数

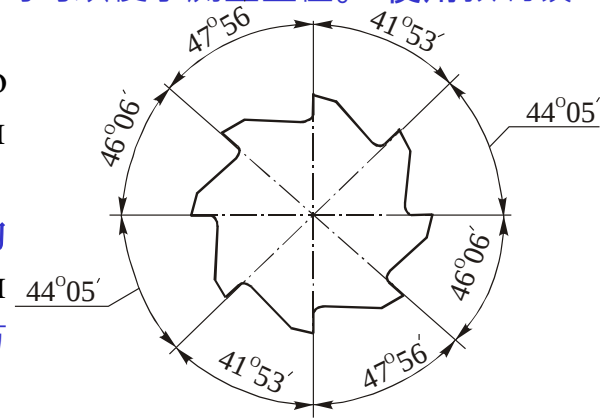


Если длина калибрующей части мала (особенно у машинных развёрток), то **обратную конусность** иногда делают сразу за заборным конусом, не оставляя цилиндрического участка. 如果校准零件的长度很小（特别是对于机器铰刀），则有时会在进气锥后面立即做倒锥，而不会留下圆柱形部分。 Общая длина рабочей части разверток равна: у ручных разверток $l = (4 \dots 10) \cdot d$, у машинных $l = (0,75 \dots 2) \cdot d$. 扫描的工作部分的总长度为：对于手动扫描, $l = (4 \dots 10) \cdot d$, 对于机器扫描, $l = (0.75 \dots 2) \cdot d$.

Радиальное биение зубьев разверток относительно их оси не более **0,01...0,02 мм** и измеряется в начале калибрующей части. 扫齿相对于其轴线的径向跳动不超过 0.01 ... 0.02 mm, 并在测量部分的开始进行测量。

Число зубьев разверток выбирается в зависимости от диаметра d инструмента (обычно 6-10) и должно быть **чётным** для облегчения измерения диаметра. У сборных разверток число зубьев уменьшается. 铰刀的齿数是根据工具的直径 d 选择的（通常为 6-10），并且应均匀以便于测量直径。使用预制铰刀，可以减少齿数。

Для **снижения огранки** и шероховатости поверхности обработанного отверстия **шаг зубьев** по наружной окружности развертки **переменный**. 为了减少加工孔的切割和表面粗糙度，沿打孔机外圆周的齿距是可变的。 Для удобства измерения диаметра **накрест交叉** расположенные углы берут **равными**, чтобы режущие кромки противоположных зубьев лежали в **диаметральной плоскости**. 为了方便测量直径，交叉设置的角度应相等，以使相对齿的切削刃位于直径平面上。



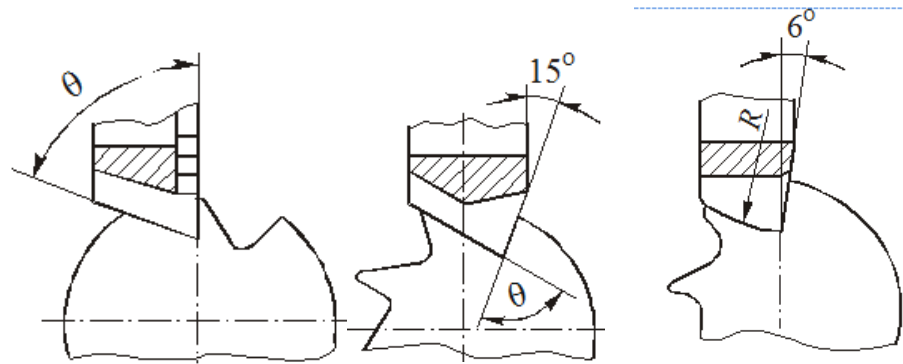
Стружечные канавки у разверток чаще всего **прямые**. 铰刀中的切屑槽通常是直的。 Зубья изготавливают с **передним углом $\gamma = 0^\circ$** . 齿制成前角 $\gamma = 0^\circ$. При обработке **вязких материалов** во избежание налипов стружки и вырывов на обработанной поверхности зубья затачивают с положительными углами $\gamma = 5 \dots 10^\circ$. 在加工粘性材料时，为了避免切屑粘附和加工表面上撕裂，将齿磨成正角 $\gamma = 5 \dots 10^\circ$.

Задний угол, равный $\alpha = 5 \dots 12^\circ$, получают заточкой задних поверхностей развертки по плоскости. Причем, в отличие от других видов инструментов, меньшее значение этого угла рекомендуется брать при чистовой обработке, а большее – при черновой. 间隙角等于 $\alpha = 5 \dots 12^\circ$ by, 是通过沿平面锐化扫掠头的后表面而获得的。此外，与其他类型的工具不同，建议采用较小的角度进行精加工，而采用较大的值进行粗加工。

Зубья на заборном конусе затачивают доостра, а на калибрующей части у них оставляют узкие цилиндрические направляющие ленточки шириной $0,08 \dots 0,40$ мм для $d = 3 \dots 50$ мм. 进气锥上的齿被磨尖到一个点, 并且在校准部件上留有宽度为 $0.08 \dots 0.40$ mm 的窄圆柱导向条, $d = 3 \dots 50$ mm. Их тщательно доводят, благодаря чему обеспечивается **выглаживание** микронеровностей обработанной поверхности и предотвращается налипание мелкой стружки, ухудшающей шероховатость поверхности отверстий и снижающей стойкость разверток. 它们经过仔细地精加工, 从而确保了加工表面的微粗糙度的平滑, 并防止了小碎屑的粘附, 这使孔的表面粗糙度恶化并降低了铰刀的耐用性.

Профиль канавок между зубьями разверток формируется одно- или двухугловыми фрезами с углом $\theta = 65 \dots 110^\circ$. 铰刀齿之间的凹槽轮廓是由一个或两个角角度为 $\theta = 65 \dots 110^\circ$ 的铣刀形成的。Для средних и крупных разверток с целью лучшего размещения стружки в канавках применяется профиль с вогнутой спинкой. 对于中型和大型铰刀, 可使用带有凹入式背面的型材, 以将切屑更好地置于凹槽中。Неравномерность углового шага между зубьями обеспечивается путем **изменения глубины канавок при фрезеровании**, что достигается специальной настройкой станка. 通过在铣削过程中改变凹槽的深度, 可以确保齿间角距的不均匀性, 这是通过对机床进行特殊设置来实现的。У сборных разверток неравномерность углового шага зубьев создается за счет небольшого изменения направления пазов под ножи относительно оси развертки. 对于预制铰刀, 齿的角节距的不均匀是通过相对于铰刀轴线在刀的凹槽方向上的微小变化而产生的。

Для обработки отверстий **с продольными пазами** делаются **винтовые канавки с углом наклона ω** , равным: при обработке сталей $\omega = 12 \dots 20^\circ$, чугунов — $\omega = 7 \dots 8^\circ$, легких сплавов — $\omega = 30 \dots 45^\circ$. 对于带有纵向槽的孔, 螺旋槽的倾斜角为 ω , 等于: 当加工钢 $\omega = 12 \dots 20^\circ$ 时, 铸铁- $\omega = 7 \dots 8^\circ$, 轻合金- $\omega = 30 \dots 45^\circ$ 。



Во избежание самозатягивания и заедания развертки в отверстиях **направление винтовых канавок развёртки должно быть обратным направлению её вращения**. 为避免铰刀自紧和卡在孔中, 铰刀的螺旋槽方向应与其旋转方向相反。При этом шероховатость обработанной поверхности уменьшается, а усилие подачи возрастает. 在这种情况下, 加工表面的粗糙度减小, 并且进给力增大。У **ручных** разверток **допускается** совпадение направления винтовых канавок с направлением вращения, так как они работают с малой подачей. 对于手动铰刀, 螺旋槽的方向应与旋转方向一致, 因为它们的进给量较低。

Из-за малого припуска на обработку отверстия ($2z = 0,3 \dots 0,9$ мм) рабочий **не должен пытаться исправить положение оси предварительно обработанного отверстия** с помощью развёртки, поэтому требование к её положению очень высокое. **由于孔加工的余量很小 ($2z = 0.3 \dots 0.9$ mm), 工人不应尝试使用铰刀校正已加工孔的轴线位置, 因此对孔位置的要求非常高。** Крепление разверток на станке должно обеспечивать **совпадение осей развертки, кондукторной втулки и обрабатываемого отверстия**. 铰刀在机器上的固定必须确保铰刀, 衬套和要加工的孔的轴线重合。При жестком креплении развертки в шпинделе станка все погрешности вращения (биение, разбивка и т.п.) переносятся на деталь. **当铰刀牢固地安装在机床主轴上时, 所有旋转误差 (跳动, 断裂等) 都会传递到零件上。** Лучшие результаты достигаются при креплении разверток в **плавающие патроны**. 将铰刀固定在浮动卡盘上可获得最佳结果。Наибольшую точность обеспечивают патроны, допускающие не только **качание развертки** в двух плоскостях, но и **смещение**, параллельное оси вращения заготовки. **卡盘提供了最大的精度, 卡盘不仅允许铰刀在两个平面内摆动, 而且允许平行于工件旋转轴的位移。** Для получения особо точных размеров и высокой прямолинейности оси отверстий применяют принудительное направление разверток с помощью гладких **цилиндрических направляющих**, устанавливаемых впереди или сзади их рабочей части, и их диаметры должны быть больше диаметров разверток. **为了获得特别精确的尺寸和孔轴线的高直线度, 铰刀的受力方向是通过安装在其工作部件前后的光滑圆柱导轨进行的, 其直径应大于铰刀的直径。**

Допуски на диаметр развертки должны быть очень малыми, примерно в **3 раза меньшими, чем допуски на обрабатываемое отверстие**. 铰刀公差应非常小, 约为孔公差的3倍。

При назначении допусков на диаметр развертки необходимо стремиться к тому, чтобы: 1) обеспечить размер отверстия детали в пределах допуска δ_A ; 2) допуск на изготовление развертки δ_p должен быть **не очень маленьким**, иначе резко возрастает стоимость ее изготовления; 3) для повышения стойкости развертки необходимо предусмотреть **допуск на износ (переточку) $\delta_{и}$ развертки**; 4) учитывать возможность появления **разбивки отверстия**, которая **может быть положительной или отрицательной**. 在为铰刀直径分配公差时, 必须努力做到: 1) 确保零件孔的尺寸在公差A之内。2) 扫管 sweep 的制造公差不能太小, 否则其制造成本急剧增加; 3) 为提高铰刀的耐用性, 必须留出磨损 (再磨) 和 铰刀的余量; 4) 考虑孔布线的可能性, 它可以是正的或负的。

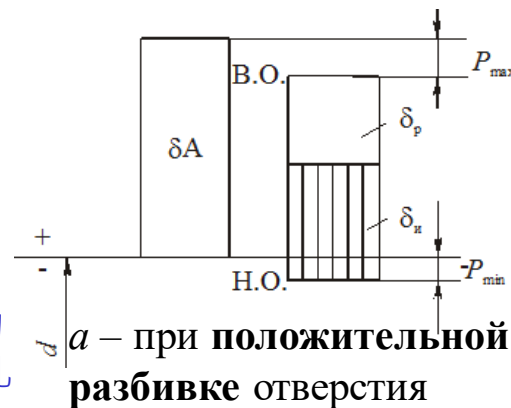
При **положительной разбивке** диаметр отверстия после вывода развертки становится **больше её диаметра**. Основные причины такой разбивки: 1) несовпадение осей вращения развертки и обрабатываемого отверстия; 2) биение режущих кромок; 3) нарост и мелкая стружка на направляющих ленточках и др. **正向劈裂后，铰刀输出后的孔直径变得大于其直径。造成这种故障的主要原因是：**1) 钻头的旋转轴与加工孔之间的不匹配；2) 打磨切削刃；3) 导条上的堆积物和小碎片等。

Отрицательная разбивка проявляется **в уменьшении диаметра** отверстия после вывода развертки. Она встречается реже и имеет место **при обработке тонкостенных заготовок, развертывании отверстий в цветных металлах** вследствие упругих деформаций поверхностей отверстий, а также при работе **твердосплавных разверток по закаленным сталям** из-за высокой температуры резания и **термических деформаций детали**. **负孔会导致扩孔后孔径变小。这种情况不太常见，发生在加工薄壁工件，由于孔表面的弹性变形而在有色金属上扩孔时，以及由于高切削温度和零件的热变形而在淬硬钢上使用硬质合金铰刀时。**

Расположения полей допусков на диаметр развертки и отверстия:

a – при положительной разбивке отверстия; *б* – при отрицательной разбивке отверстия.

P – допуск на разбивку. **扫掠孔和孔直径的公差范围的位置：a-孔正向断裂；b-具有负孔突破。P是放样公差。**

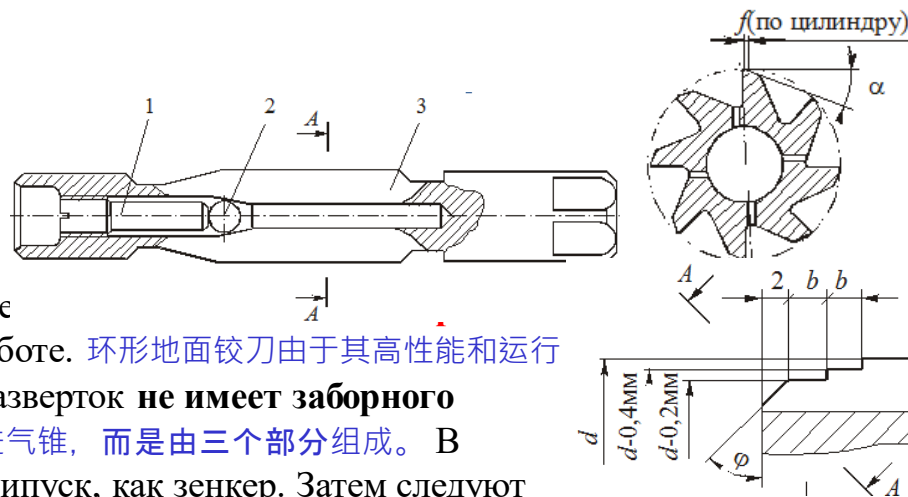


В ремонтном деле применяются цилиндрические **ручные развертки, регулируемые по диаметру за счёт упругой деформации калибрующей части**. **在维修业务中，使用圆柱形手动铰刀，由于校准部件的弹性变形，其直径可调。** **Насадные сборные развёртки** можно регулировать по диаметру за счет перестановки ножей по рифлениям **包装好的预制铰刀的直径可以通过沿波纹方向重新排列刀具来调整。** . Более тонкую регулировку можно осуществить путем перемещения ножей с рифлениями вдоль пазов, наклоненных под углом 5° к оси развертки. **通过将瓦楞刀沿与扫掠轴成 5° 角倾斜的缝隙移动，可以进行更精细的调整。**

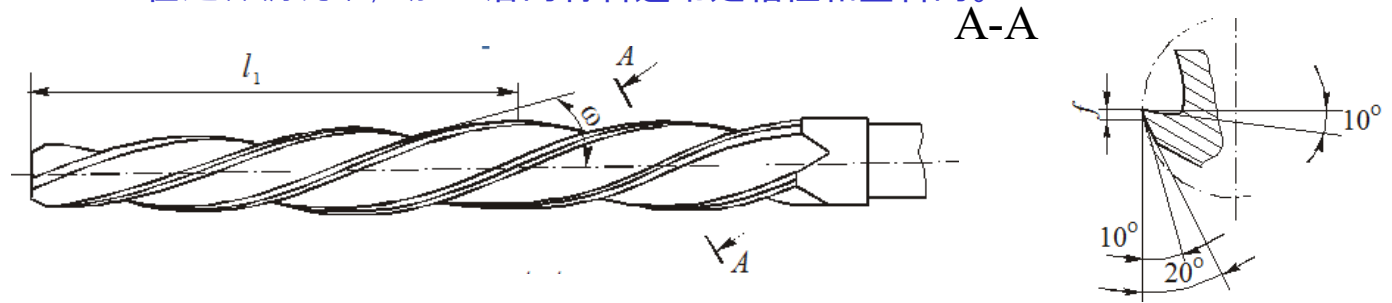
Регулировка цилиндрической ручной развертки по диаметру: в корпусе 3 развертки, изготовленном из стали 9ХС, имеется отверстие, состоящее из конической и цилиндрической частей, в которое помещается шарик 2, передвигаемый регулировочным винтом 1 вдоль оси. 圆柱形手动铰刀直径的调节：在由9ХС钢制成的铰刀外壳3中，有一个由圆锥形部分和圆柱形部分组成的孔，球2放置在该孔中，球2通过调节螺钉1沿轴线移动。 Между зубьями по впадине сделаны продольные прорезы. По мере перемещения шарика винтом за счет упругих деформаций стенок развертки увеличивается диаметр калибрующей части развертки. 沿凹槽在齿之间形成纵向槽。当由于铰刀壁的弹性变形使球通过螺钉移动时，铰刀的校准部分的直径增大。

Величина Δ регулирования диаметра небольшая и берется в зависимости от диаметра развертки, например, для $d=10...20$ мм $\Delta=0,25$ мм, для $d=20...30$ мм $\rightarrow \Delta=0,4$ мм, для $d=30...50$ мм $\Delta=0,5$ мм. 直径调整值 Δ 很小，取值取决于扫掠直径，例如， $d=10...20$ мм $\Delta=0.25$ мм，对于 $d=20...30$ мм $\rightarrow \Delta=0.4$ мм，对于 $d=30...50$ мм $\Delta=0.5$ мм。

Развертки с кольцевой заточкой нашли широкое применение благодаря высокой производительности и надежности в работе. 环形地面铰刀由于其高性能和运行可靠性而被广泛用于重型机械制造中。Режущая часть таких разверток не имеет заборного конуса, а состоит из трех участков. 这种铰刀的切割部分没有进气锥，而是由三个部分组成。В начале находится направляющий конус, снимающими припуск, как зенкер. Затем следуют второй и третий участки, выполненные в виде кольцевых поясков шириной $b = 2...4$ мм и диаметром на $0,2...0,4$ мм меньшим, чем диаметр калибрующей части. 刚开始时有一个导向锥，像一个ink子一样，去除了余量。然后跟随第二部分和第三部分，这些部分制成环形带，宽度为 $b = 2...4$ мм，直径小于校准部件的直径 $0.2...0.4$ мм。Главные режущие кромки, снимающие припуск, расположены на торцах уступов под углом $\varphi = 90^\circ$ к оси и имеют нулевой задний угол. 去除了余量的主切削刃位于壁架的端部，与轴的夹角为 $\varphi = 90^\circ$ ，并且间隙角为零。Калибрующая часть – цилиндрическая, шлифуется по направляющим ленточкам шириной f без обратного конуса за одну установку. 校准部件是圆柱形的，它沿着 f 宽度导板研磨，一次安装中没有反向锥度。Число зубьев уменьшено, за счет чего увеличен объем стружечных канавок. Стружечные канавки прямые, но для обработки прерывистых поверхностей применяют винтовые канавки с направлением, обратным вращению развертки. 齿的数量减少了，因此排屑槽的体积增加了。切屑槽是直的，但是对于不连续表面的加工，使用螺旋槽的方向与扫掠的旋转方向相反。

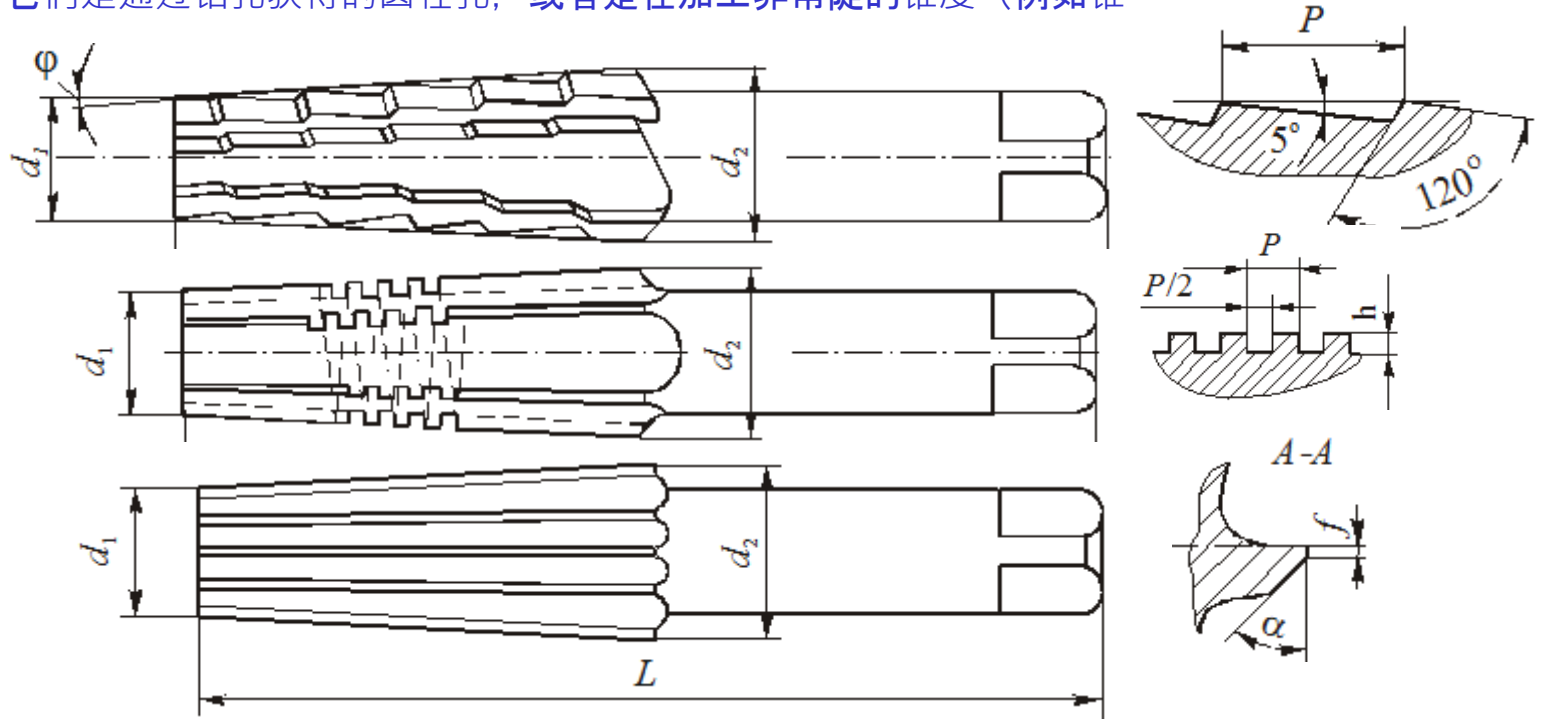


Котельные развёртки применяют при подготовке отверстий под заклепки в двух или более соединяемых листах. 锅炉铰刀用于在两张或更多张要连接的薄板上准备铆钉孔。 Они получили широкое распространение в котло-, корабле- и авиастроении, а также при изготовлении мостовых конструкций. 它们被广泛用于锅炉, 轮船和飞机制造以及桥梁结构的制造中。 Котельные развёртки работают в тяжёлых условиях, так как из-за неизбежных несовпадений осей отверстий в пакетах листов приходится удалять **большой припуск** – до 1...2 мм на сторону, т.е. почти как при **зенкеровании**. 锅炉铰刀在困难的条件下运行, 因为由于片材包装中的孔的轴线不可避免地未对准, 所以有必要去除较大的余量-每侧最多1... 2 mm, 即 几乎像是counter孔。 При этом обрабатываемые материалы, как правило, вязкие и пластичные. 在这种情况下, 加工后的材料通常是粘性和塑料的。



Для лучшего направления разверток в отверстия, снижения осевых усилий и уменьшения шероховатости поверхности используются **винтовые зубья с углом $\omega = 25...30^\circ$** с направлением, обратным вращению инструмента. 为了使孔的扫掠方向更好, 轴向力减小和表面粗糙度减小, 使用与工具旋转方向相反的角度为 $\omega = 25...30^\circ$ 的螺旋齿。 Котельные развёртки имеют **малый угол заборного конуса**, равный $2\phi = 3...5^\circ 30'$ и, соответственно, большую длину режущей части, равную $1/3...1/2$ длины рабочей части инструмента. 锅炉扫掠的进气锥角很小, 等于 $2\phi = 3...5^\circ 30'$, 因此, 切削零件的长度很大, 等于工具工作零件长度的 $1/3...1/2$ 。 Число зубьев $z = 4...6$ при диаметре разверток $d = 6...40$ мм. Передний угол зубьев в сечении, перпендикулярном к винтовым канавкам, $\gamma = 12...15^\circ$, задний угол $\alpha = 10^\circ$. 齿数 $z = 4...6$, 扫掠直径 $d = 6...40$ mm. 垂直于螺旋槽的截面中的齿的前角 $\gamma = 12...15^\circ$, 前角 $\alpha = 10^\circ$ 。 Зубья на калибрующей части имеют узкие направляющие ленточки шириной $f = 0,2...0,3$ мм с обратной конусностью $0,05...0,07$ мм на 100 мм длины. 校准部件上的齿具有狭窄的导条, 导条的宽度为 $f = 0.2...0.3$ mm, 每100 mm长度的反向锥度为 $0.05...0.07$ mm。 Котельные развёртки изготавливают как ручные с цилиндрическим хвостовиком, так и машинные с коническим хвостовиком, устанавливаемые на радиально-сверлильных станках или на пневматических дрелях. 锅炉铰刀既可以用圆柱柄手动加工, 也可以用锥形柄加工, 安装在径向钻孔机或气动钻机上。

Конические развертки применяют для получения точных конических отверстий под штифты (конусность 1:50), конусы Морзе и метрические, посадочные отверстия насадных зенкеров и разверток (конусность 1:30) и др. 锥形铰刀用于获得精确的销钉锥形孔（锥度1:50），莫尔斯锥度和公制锥度，已安装的沉头孔和铰刀的安装孔（锥度1:30）等。Конические отверстия формируют **комплект** **развёрток** либо из цилиндрических, полученных сверлением, либо из конических отверстий, полученных расточкой при обработке очень крутых конусов, например с конусностью 7:24. 锥孔是由一组铰刀形成的，它们是通过钻孔获得的圆柱孔，或者是在加工非常陡的锥度（例如锥度为7:24）时从铰孔的锥孔中形成的。

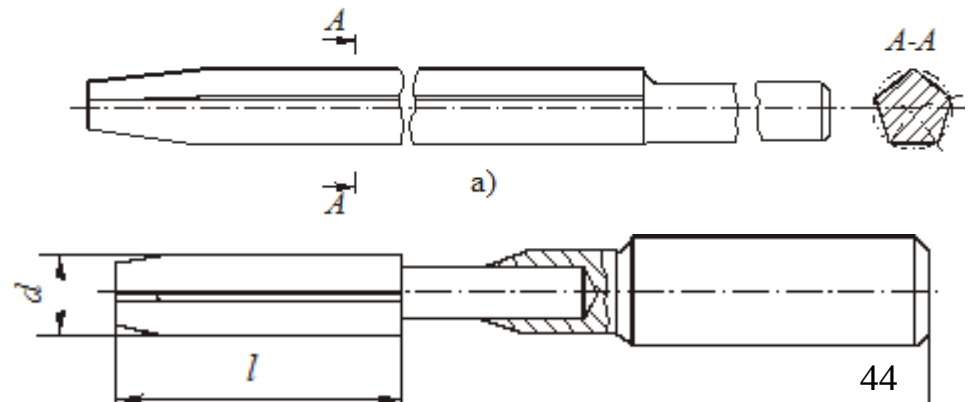


Длина режущих кромок, снимающих припуск, большая и **равна длине образующей конуса**, а толщина срезаемого слоя определяется **перепадом диаметров**, поэтому условия работы **тяжёлые**. 去除余量的切削刃的长度大且等于圆锥形母线的长度，并且切削层的厚度由直径的差异决定，因此工作条件困难。

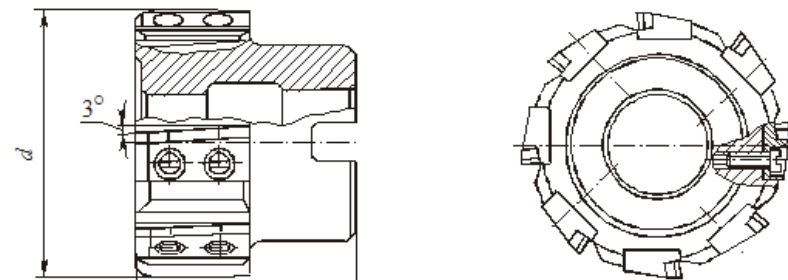
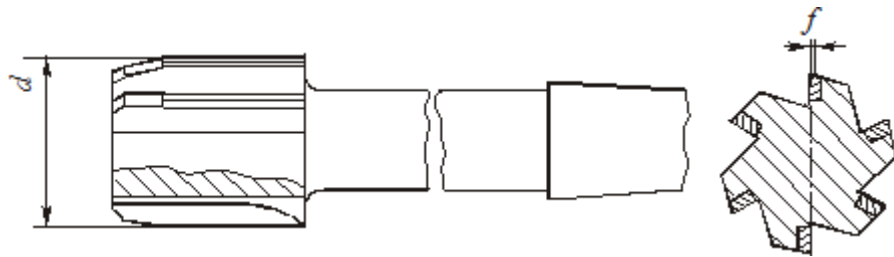
Требования к **точности конических отверстий высоки**, так как от нее часто зависят прочность и герметичность соединяемых деталей, величина **передаваемого крутящего момента** и др. У конических разверток **отсутствует разделение на режущую и калибрующую части**. 锥形孔的精度要求很高，因为要连接的零件的强度和密封性，传递的扭矩的大小等通常取决于锥形孔，而锥孔铰刀则不能分为切削和量具。При обработке отверстий с конусностью **большей 1:20** обрабатываются **только с помощью комплекта разверток**. 当加工锥度大于1:20的孔时，只能用一组铰刀加工。

Развертки твердосплавные. Условия резания при развёртывании благоприятны для применения твердых сплавов, так как для этих инструментов характерны малые нагрузки на режущие зубья, устойчивое положение в отверстии и высокая жесткость. **硬质合金铰刀。** 铰孔时的切削条件有利于使用硬质合金，因为这些工具的特点是切削齿上的负荷低，孔中位置稳定且刚性高。 Применение **твердых сплавов** благодаря их высокой износостойкости **в несколько раз повышает стойкость разверток**, особенно при обработке отверстий в **труднообрабатываемых сталях и высокопрочных чугунах**. **硬质合金**由于具有很高的耐磨性，**因此可以使铰刀的耐用性提高数倍，尤其是在难以加工的钢和球墨铸铁中加工孔时。** Однако реализовать возможность повышения скорости резания в несколько раз при использовании твердосплавных разверток не удастся из-за **возникновения вибраций**, ухудшающих качество обработанной поверхности **但是，在使用硬质合金铰刀的情况下，由于会发生振动而使加工面的品质下降，因此无法实现将切削速度提高数倍的可能性。** Только в конструкциях **разверток одностороннего резания** с использованием **внутреннего напорного охлаждения** и с работой **хвостовика на растяжение** удалось при обработке конструкционных сталей достичь скоростей резания $v = 120$ м/мин. **仅在使用内部压力冷却并在拉紧杆的作用下进行单面切削铰刀的设计中，才可以在结构钢的加工中实现切削速度 $v = 120$ m / min。** Три варианта: 1) изготовление рабочей части **целиком из твердых сплавов**, полученных методом прессования или из пластифицированных заготовок с последующим их спеканием; 2) **пайка стандартных пластин непосредственно на корпус развертки или на ножи в сборных развертках**; 3) **механическое крепление пластин на корпусе развертки**. **三种选择：1) 完全用压制成形的硬质合金或塑化后的工件进行烧结来制造零件。2) 将标准板直接焊接到铰刀的主体或预制铰刀的刀上；3) 将板机械固定到铰刀主体上。**

Диаметром до 3 мм изготавливают **целиком из твердого сплава** в виде трех-, четырех- или пятигранника; диаметрами 3...12 мм с цельной твердосплавной рабочей частью и со **стальным хвостовиком**, соединенным пайкой. **它们的直径最大为3毫米，完全由三面体，四面体或五面体的硬质合金制成。直径3 ... 12 mm，带有整体硬质合金工作部件和钎焊钢柄。**

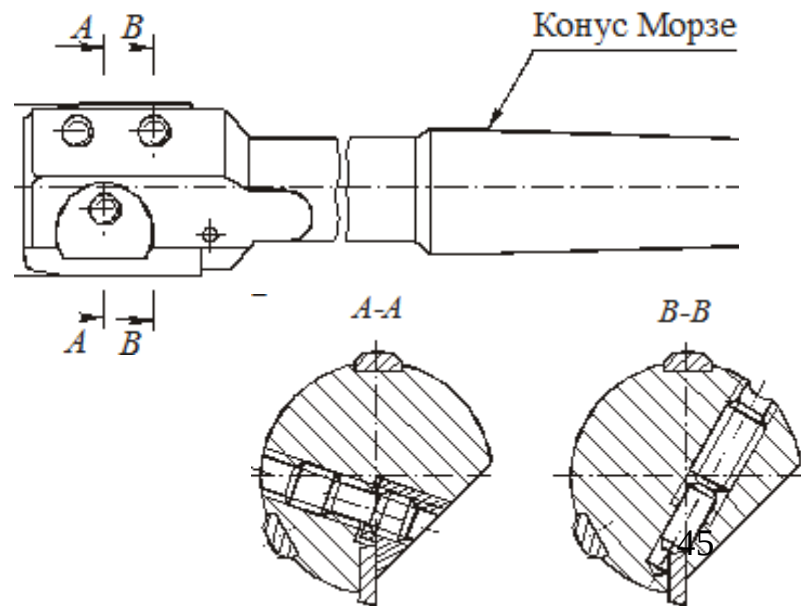


Концевая развертка с твердосплавными пластинками, **напаянными на корпус**, и с пластинами, **напаянными на ножи**, закрепленные винтами на корпусе инструмента. **端铰刀**, 将碳化钨刀片焊接到刀体上, 并将刀片焊接到刀上, 并拧到工具主体上。 Такие развертки диаметрами 150...300 мм можно регулировать по диаметру с помощью подкладок под ножи. **这种直径为150...300 mm的铰刀可以借助刀垫调整直径。** При развертывании температура резания невелика, поэтому вместо пайки стали использовать высокопрочные клеи, что значительно упрощает процесс изготовления разверток и обеспечивает повышение стойкости твердосплавных пластин за счет отсутствия термических напряжений. **在铰孔中, 切削温度较低, 因此, 开始使用高强度胶粘剂代替钎焊, 这大大简化了铰刀的制造过程, 并由于没有热应力而增加了硬质合金刀片的电阻。**



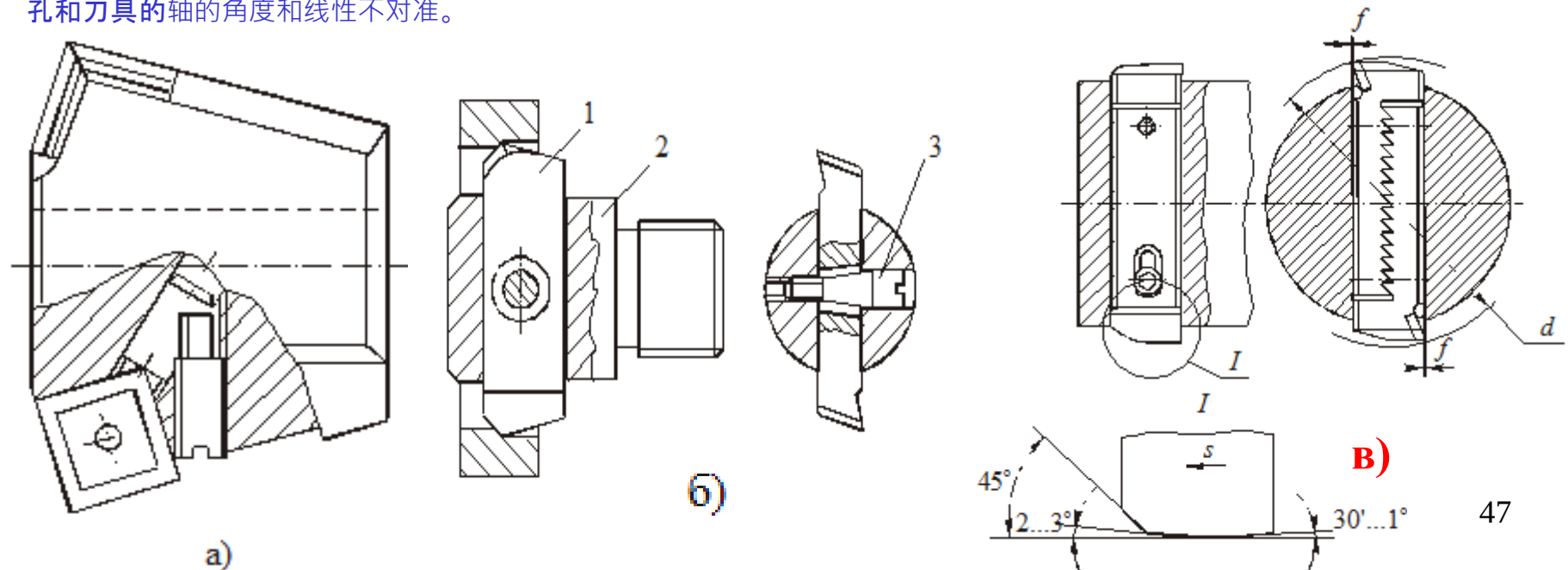
Развертки одностороннего резания

изготавливают с одним или несколькими ножами и опорными пластинами в диапазоне диаметров 8...100 мм, и применяются для развертывания **неглубоких отверстий**. **单面铰刀**由一根或多把刀和底板制成, 直径范围为8 ... 100 mm, 用于铰削浅孔。 Режущие пластины у них могут быть регулируемы по диаметру с использованием разных способов механического крепления. **可以使用不同的机械紧固方法来调节其切削刀片的直径。**



Двухсторонние пластинчатые резцы-блоки применяют для предварительного и окончательного растачивания отверстий диаметром более 25 мм. 双面层状铣刀用于直径大于25毫米的孔的初步和最终钻孔。 По сравнению с однолезвийными инструментами они обладают большей производительностью, обеспечивают большую точность и низкую шероховатость поверхности отверстий. 与单刃工具相比，它们具有更高的生产率，更高的精度和较低的孔表面粗糙度。

Резцы-блоки целиком из быстрорежущей стали, или оснащают пластинами из твердого сплава сборными и регулируемые по диаметру. **切刀块完全由高速钢制成, 或配有预制硬质合金刀片, 并且直径可调节。** Крепление пластинчатых расточных резцов в оправках либо осуществляется **неподвижно** $d = 50 \dots 150$ мм (рис. **а**), либо допускают **«плавание»** по одной оси: **двухлезвийные блоки** (рис. **б, в**). **片状镗刀在心轴上的固定固定为 $d = 50 \dots 150$ mm (图A), 或者它们可以沿一个轴“浮动”: 两刃块 (图B, c)。** Выпадению резца-блока 1 из борштанги 2 препятствует винт 3, входящий с зазором в отверстие, выполненное в корпусе резца-блока. **通过螺钉3防止刀架1从镗杆2上掉落, 该螺钉3以一定的间隙进入刀架主体上的孔中。** Известны конструкции четырех и более лезвийных блоков, «плавающих» с помощью крестовины по двум взаимно перпендикулярным осям 4. **四个或更多刀片组的已知设计, 在两个相互垂直的轴4上带有十字的“浮动”。** «Плавающее» крепление резцов-блоков $d = 25 \dots 600$ мм применяется для компенсации углового и линейного несовпадения осей обрабатываемых отверстий и инструмента. **刀架 $d = 25 \dots 600$ mm的“浮动”紧固用于补偿加工孔和刀具的轴的角度和线性不对准。**



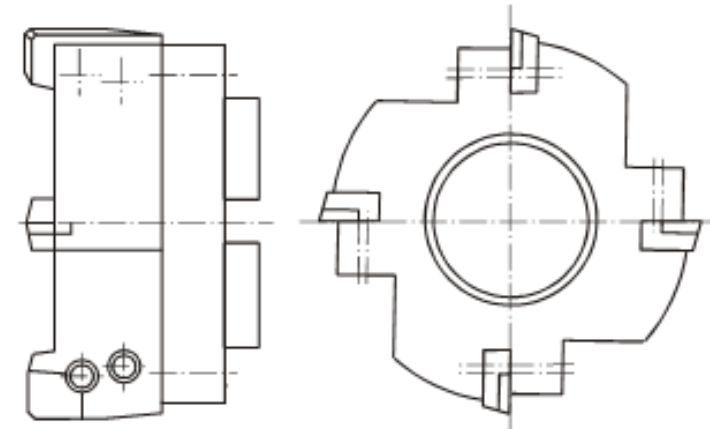
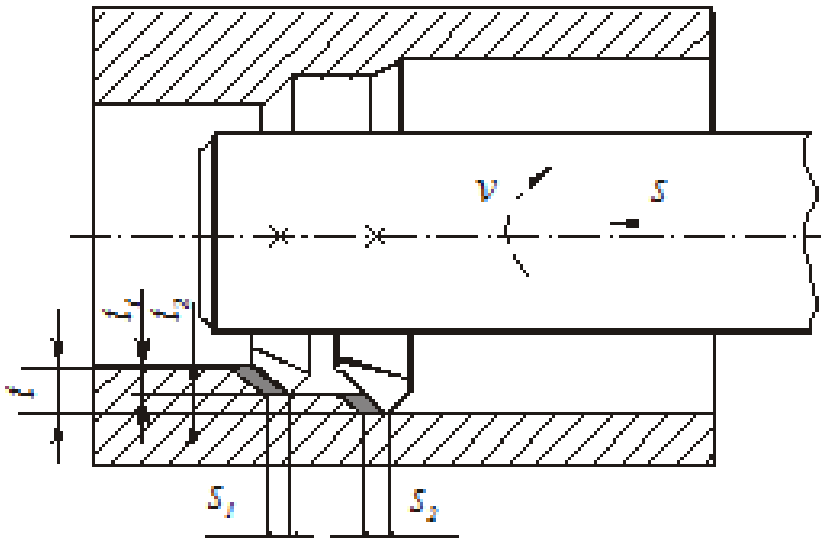
Расточные головки для обработки **неглубоких отверстий** имеют несколько режущих кромок ($d = 120 \dots 300$ мм, $z = 4 \dots 8$). Они жестко крепятся в оправке и применяются для **предварительной обработки** отверстий. **用于加工浅孔的镗头具有多个切削刃** ($d = 120 \dots 300$ мм, $z = 4 \dots 8$)。它们牢固地安装在心轴中，用于孔的预加工。

При конструировании многокромочных расточных головок нашли применение две схемы резания:

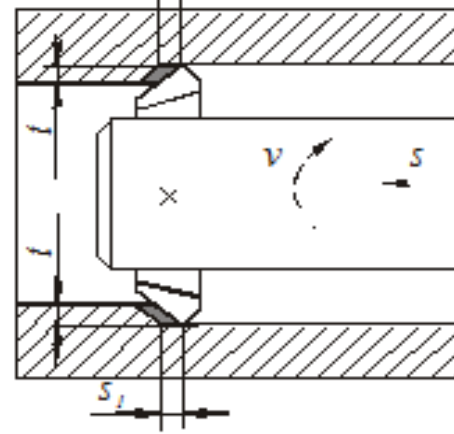
1) деления глубины резания; 2) деления подачи. **在设计多刃镗头时，使用了两种切割方案：1) 划分切割深度；2) 发球师。**

При **схеме деления глубины резания** заданная глубина t последовательно срезается каждым резцом головки: **通过切割深度划分方案，指定的深度 t 由刀头的每个切割器依次切割：**

$$t = t_1 + t_2 + \dots + t_n$$

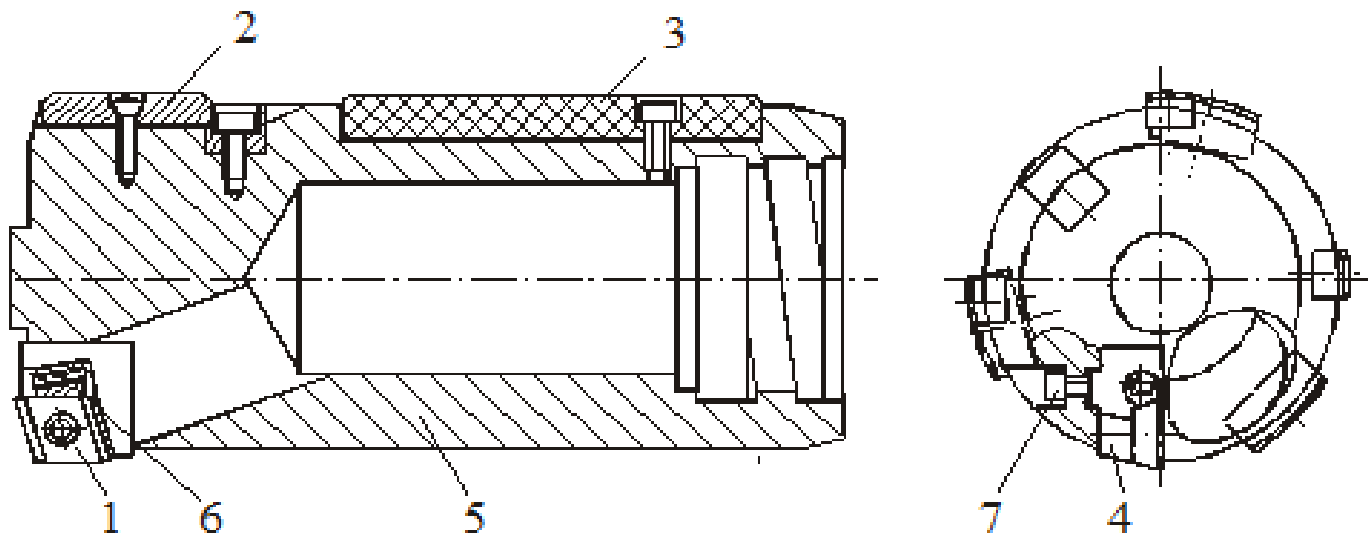


При **схеме деления подачи** каждая режущая кромка головки снимает **полную глубину резания t** , а подача s на один оборот инструмента или заготовки равна сумме подач, приходящихся на каждый зуб, смещённые вдоль оси **通过进给分割方案，刀头的每个切削刃将去除整个切削深度 t ，并且工具或工件每转的进给量 s 等于沿轴移动的每齿进给的总和**



$$s = s_{z_1} + s_{z_2} + \dots + s_{z_n}$$

Расточные головки для обработки глубоких отверстий относятся к инструментам **одностороннего резания** с определенностью базирования для растачивания глубоких отверстий диаметром 45...250 мм. **用于深孔加工的镗头是一种单面切削工具，具有确定的位置，可以镗削直径为45 ... 250 mm的深孔。** Режущий элемент головки выполнен в виде кассеты 4 с продольной шпонкой, входящей в соответствующий паз на корпусе 5 головки. **头部的切割元件被制成具有纵向键的盒4的形式，该纵向键装配到头部主体5上的相应凹槽中。** Кассета крепится в корпусе винтом 7. **暗盒用螺丝7固定在外壳中。** На ней с помощью клина 6 закреплена твердосплавная пластина 1 ромбической формы, которая имеет две режущие кромки. **借助楔形物6在其上固定有菱形的碳化物板1，该碳化物板具有两个切削刃。** Настройка головки на диаметр производится путем смены направляющих 2 и регулировки вылета кассеты. **通过更换导向器2并调整纸盒的悬垂角度，可以将打印头的直径调整到合适的位置。** В процессе обработки три твердосплавные направляющие 2 под действием радиальных составляющих сил резания и трения прижимаются к поверхности обработанного отверстия, обеспечивая тем самым поперечную устойчивость инструмента. Три пластмассовые (из полиамида) направляющие 3 служат для гашения колебаний расточной головки. **在加工过程中，三个硬质合金导向件2在切削力和摩擦力的径向分量的作用下压在加工孔的表面上，从而确保了刀具的横向稳定性。三个塑料（聚酰胺）导向装置3用于减轻镗头的振动。**

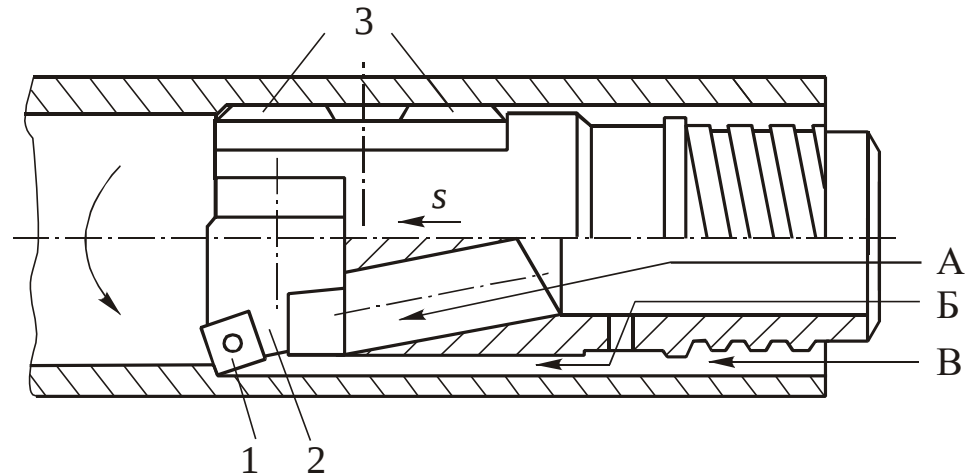


Расточная головка фирмы «BOTEK» (Германия) для обработки глубоких отверстий: 1 – твердосплавная режущая пластина; 2 – твердосплавная направляющая; 3 – пластмассовая направляющая; 4 – кассета; 5 – корпус головки; 6 – клин; 7 – винт“ BOTEK”公司（德国）的镗头用于加工深孔：1-硬质合金切削刀片；2-硬质合金导轨；3-塑料导板；4-卡带；5-头部 6-楔形；7-螺丝

Расточная головка фирмы «Sandvik Coromant» (Швеция) для растачивания гильз пневмо- и гидроцилиндров под последующую раскатку. Такая головка может работать по трем вариантам: 山特维克可乐满 (瑞典) 制造的镗头, 用于对气缸和液压缸进行镗孔, 以进行后续轧制。这样的头可以通过三种方式工作:

- 1) с внутренним подводом СОЖ и наружным отводом стружки (А). В варианте **А стружка отводится вперед**; 带内部冷却液供应和外部排屑 (А)。在选项А中, 切屑向前偏转;
- 2) с внутренним подводом СОЖ и **внутренним отводом стружки** с помощью эжектора (В); 内部冷却液供应和通过排屑器 (В) 清除内部切屑;
- 3) с **наружным подводом СОЖ** и **внутренним отводом стружки** (В).

В вариантах **Б** и **В** – стружка отводится назад и поэтому в процессе обработки **отверстие должно быть заглушено**. 带有外部冷却液供应和内部排屑 (В)。在选项В和С中-切屑退回, 因此在加工过程中必须堵塞孔。

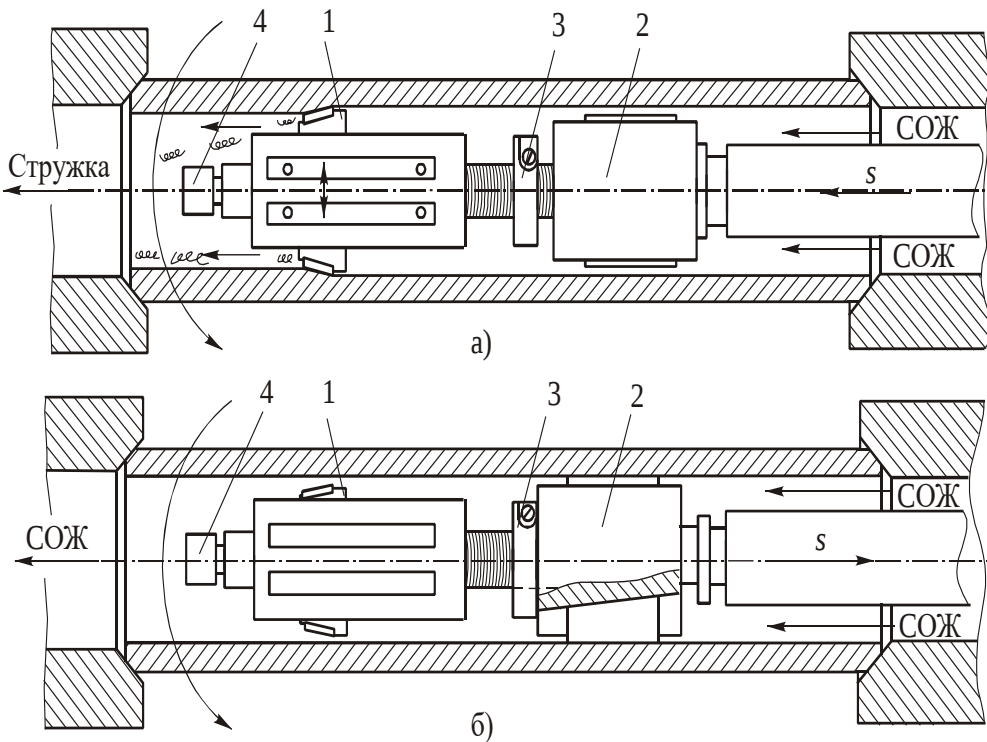


Расточная головка фирмы «Sandvik Coromant» (Швеция) для обработки гильз гидроцилиндров:

А – с внутренним подводом СОЖ; Б – с эжекторным отводом стружки; В – с наружным подводом СОЖ; 1 – твердосплавная режущая пластина; 2 – кассета; 3 – твердосплавная направляющая 山特维克可乐满 (瑞典) 制造的用于加工液压缸套的镗头:

А-带内部冷却液供应; В-带顶屑; В-带外部冷却液供应; 1-硬质合金切割板; 2-卡带; 3-硬质合金导轨

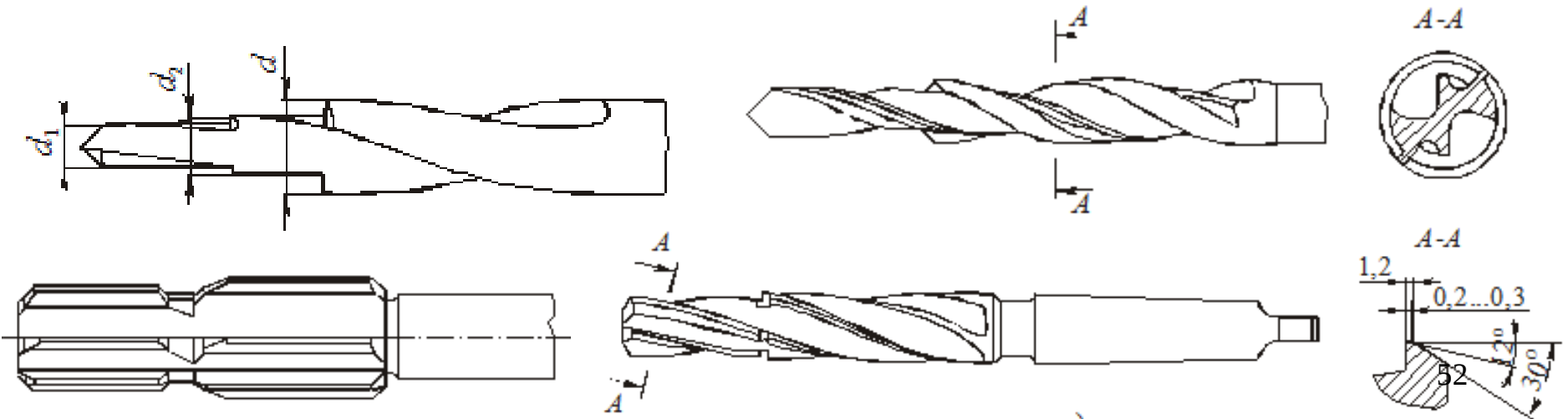
Комбинированный режущо-деформирующий инструмент фирмы «Sandvik Coromant» (Швеция) для растачивания гильз пневмо- и гидроцилиндров под последующую раскатку может работать по трем вариантам: “Sandvik Coromant” 公司 (瑞典) 的组合式切割变形工具用于镗入气压缸和液压缸的套筒, 以便随后进行轧制, 可以通过以下三种方式进行工作: При прямом ходе инструмента (рис. а) осуществляется **расточивание отверстия** плавающим двухлезвийным расточным блоком 1, оснащенным твердым сплавом. При этом обойма — группа роликового раскатника 2 сдвинута вправо на некоторое расстояние от опорного кольца 3, а ролики раскатника не касаются поверхности обработанного отверстия. 通过工具的笔直行程 (图A), 用装有硬质合金的浮动式两刃镗刀1钻孔。在这种情况下, 辊较刀2的保持架从支撑环3向右移动一定距离, 并且较刀的辊不接触加工孔的表面。



После окончания растачивания резцы плавающего блока (рис. б) 1 с помощью пневматического нажимного устройства 4 утапливаются. 钻孔结束后, 使用气动加压装置4使浮动块 (图B) 1的刀具凹进去。 Затем включается обратная подача инструмента, обойма раскатника 2 отодвигается влево и упирается в опорное кольцо 3. 然后打开工具的反向进给, 卷轴2的固定器向左移动并紧靠支撑环3. Ролики начинают пластически деформировать поверхность обработанного отверстия. 滚子开始使加工孔的表面塑性变形。 При этом шероховатость поверхности отверстия достигает $Ra\ 0,05 \dots 0,20\ \mu\text{m}$, а ее твердость в результате наклепа увеличивается на 50%. 在这种情况下, 孔表面的粗糙度达到 $Ra\ 0.05 \dots 0.20\ \mu\text{m}$, 并且由于加工硬化而使其硬度增加50%。 . Обработка ведется с использованием СОЖ на масляной основе с противозадирными присадками (P, S, Cl). 使用含EP添加剂 (P, S, Cl) 的油基冷却剂进行处理。

Комбинированный режущо-деформирующий инструмент фирмы «Sandvik Coromant» (Швеция) Схемы обработки гильзы гидроцилиндра комбинированным режущо-деформирующим инструментом: 1 – плавающий двухлезвийный расточный блок; 2 – роликовый раскатник; 3 – опорное кольцо; 4 – нажимное устройство “Sandvik Coromant” 公司 (瑞典) 的组合式切割变形工具使用组合式切割变形工具加工气缸套的方案: 1-浮动式两刃镗削块; 2-滚压成型机; 3-支撑环; 4-推装置

Комбинированные инструменты – это соединение двух и более одно- или разнотипных инструментов, закрепленных на одном корпусе, которое позволяет за один проход совмещать несколько операций или переходов. [组合乐器是固定在一个主体上的两个或多个相同或不同类型的乐器的组合，使您可以在一次通过中组合多个操作或转换。](#) Благодаря этому значительно сокращается машинное и вспомогательное время и повышается производительность процесса обработки отверстий. [这显着减少了机器和辅助时间，并提高了制孔工艺的生产率。](#) Эти инструменты применяются на сверлильных, револьверных, расточных, агрегатных станках, токарных автоматах, автоматических линиях и обрабатывающих центрах. [这些工具可用于钻孔，旋转，镗孔，模块化机床，自动车床，自动生产线和加工中心。](#) При обработке цилиндрических отверстий широко используются комбинированные инструменты, являющиеся соединениями **инструментов разных типов: сверло – зенкер, сверло – метчик, сверло – развертка, зенкер – развертка и др.** [在加工圆柱孔时，组合工具被广泛使用，它们是不同类型工具的连接：钻头-s孔，钻头-丝锥，钻头-铰刀，counter孔-铰刀等。](#) При обработке **ступенчатых отверстий применяются соединения однотипных инструментов:** ступенчатые сверла, зенкеры, развертки и др. [在加工阶梯孔时，使用相同类型的工具的连接：阶梯钻，沉头钻，铰刀等。](#) При этом значительно уменьшается отклонение от соосности ступеней и повышается точность размеров между торцами обработанных поверхностей. [这显着减小了台阶对齐的偏差，并提高了加工表面端部之间的尺寸精度。](#) Число ступеней в таких инструментах может достигать до шести, а число объединенных элементарных инструментов – до пяти. [此类仪器中的步骤数最多可以为六个，而基本仪器的组合数最多可以为五个。](#)

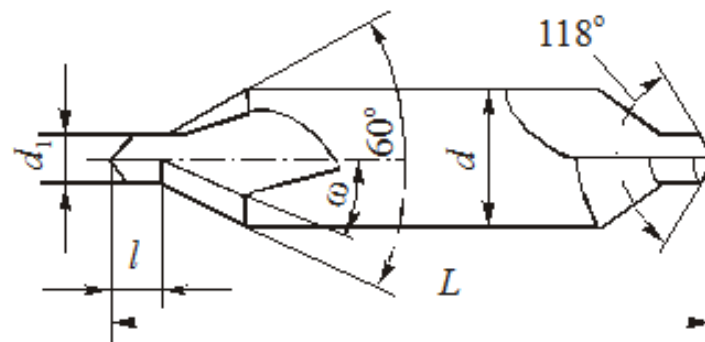
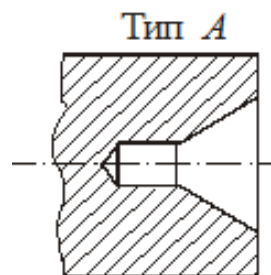


Центровочные сверла-
зенковки и получаемые ими
типы отверстий: 中心钻-埋头孔
以及它们收到的孔类型:

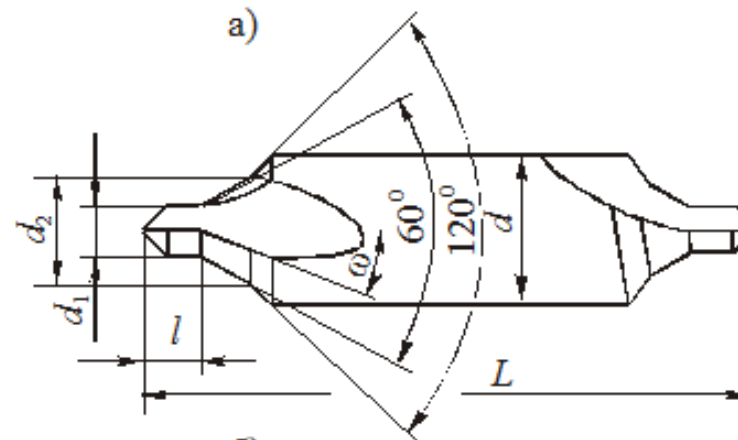
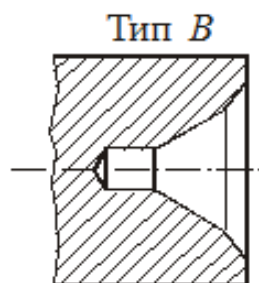
a – без предохранительной
фаски; 没有安全倒角;

б – с предохранительной
фаской; 带有安全倒角;

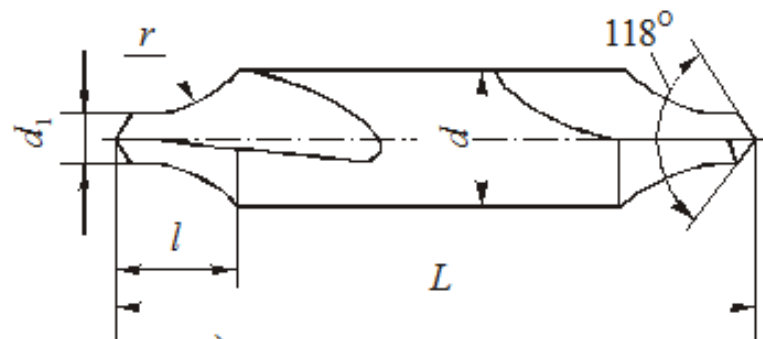
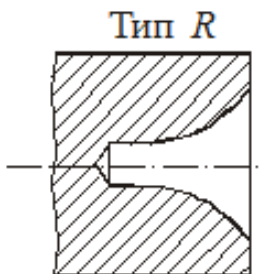
в – радиусное 半径



a)



б)



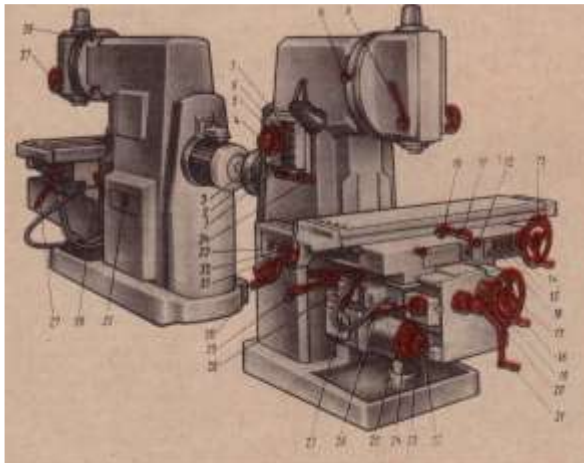
в)

Фрезерование

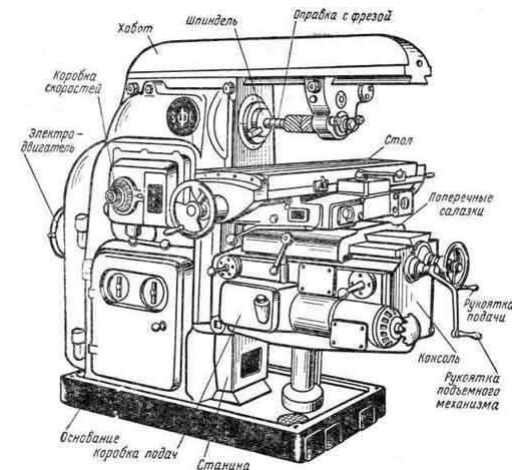
Фрезы – это многозубые режущие инструменты, применяемые для обработки **плоскостей, пазов, фасонных поверхностей**, тел вращения, а также для **разрезки материалов**. 铣刀是多刃切削刀具，用于加工平面，凹槽，异型表面，旋转体以及切削材料。

В процессе фрезерования в контакте с заготовкой, как правило, находится несколько зубьев, снимающих стружку переменной толщины. 在铣削过程中，通常有几个与工件接触的齿，这些齿可去除厚度不同的切屑。 При этом благодаря большой суммарной активной длине режущих кромок обеспечивается **высокая производительность процесса фрезерования**. 同时，由于切削刃的总有效长度大，可确保铣削过程的高生产率。 Повышению производительности также способствует **высокая скорость** фрезерования, которая достигается за счет **периодического выхода зубьев из зоны резания, обеспечивающего охлаждение** и снятие тепловой напряженности в режущем клине. 较高的铣削速度也促进了生产率的提高，这是由于齿从切割区域定期退出而实现的，从而可以冷却并消除切削楔中的热应力。

Кинематика фрезерования проста: **фреза получает вращение** от главного привода, а **заготовка**, закрепленная на столе станка, – **движение подачи** от отдельного привода станка, кинематически не связанное с вращением фрезы. 铣削的运动学很简单：刀具从主驱动器接收旋转，固定在机床工作台上的工件从单独的机床驱动器接收进给运动，该运动与刀具的旋转在运动学上没有关联。 Движение подачи может быть **прямолинейным**, вращательным или винтовым, а режущие кромки фрезы – **прямолинейными**, наклонными к оси, винтовыми или фасонными. 进给运动可以是直线的，旋转的或螺旋的，并且切割器的刀刃可以是直线的，相对于轴线倾斜的，螺旋的或成形的。 **Типы фрезерных станков – консольные вертикально-фрезерные и горизонтально-фрезерные, безконсольные**. 铣床的类型-悬臂立式铣削和卧式铣削，无控制台。



**Консольный вертикально-фрезерный
悬臂立式铣**



**Консольный горизонтально-фрезерный
控制台水平铣**



Консольный универсально -фрезерный станок ФУ 251 с делительной головкой на столе
悬臂式万能铣床FU 251，带分度头在工作台上

Типы фрезерных станков

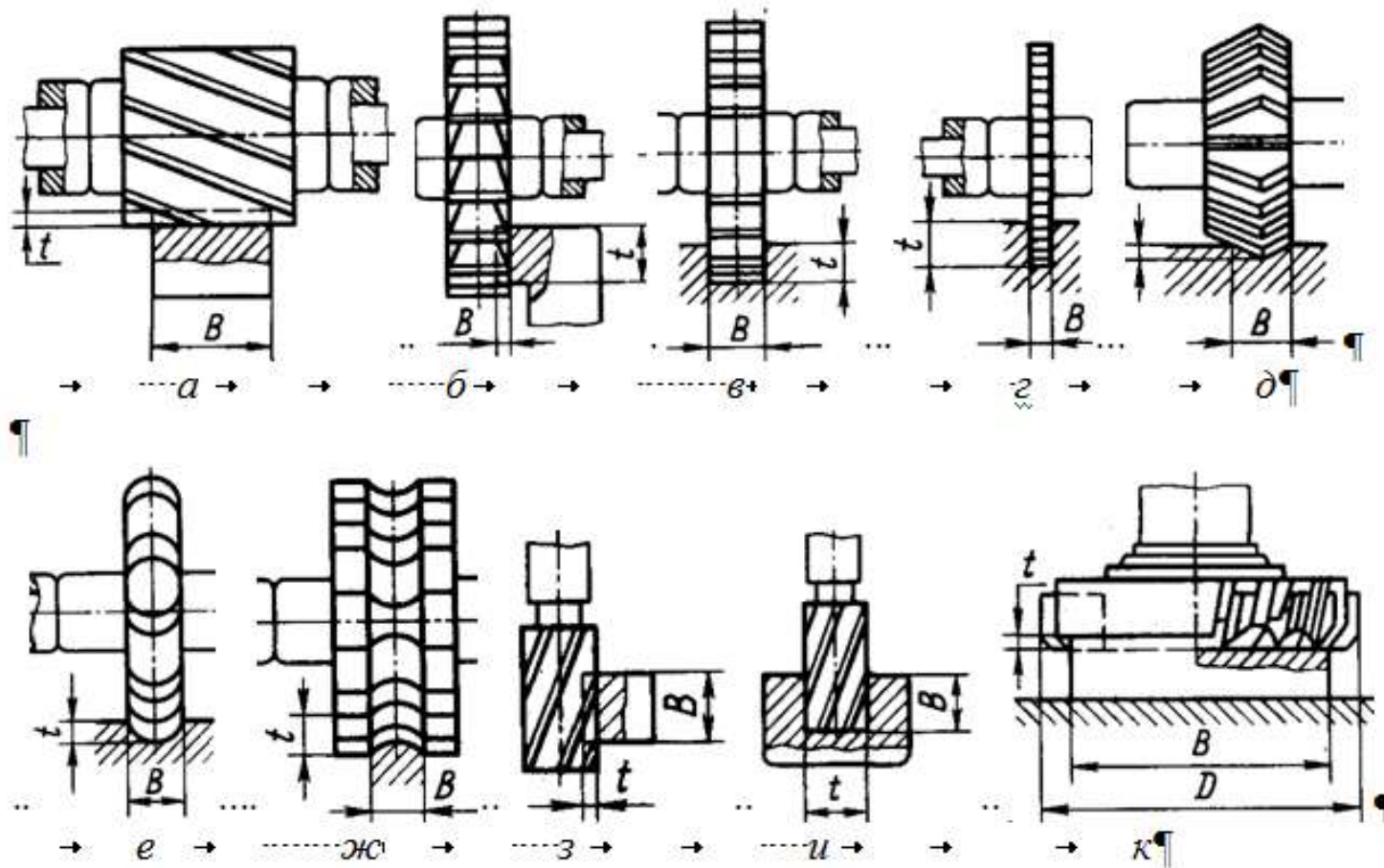


Консольный вертикально-фрезерный станок 6Л12, ЛССП (1 889 464 руб)台式立式铣床6L12, LSSP (1 889 464卢布)

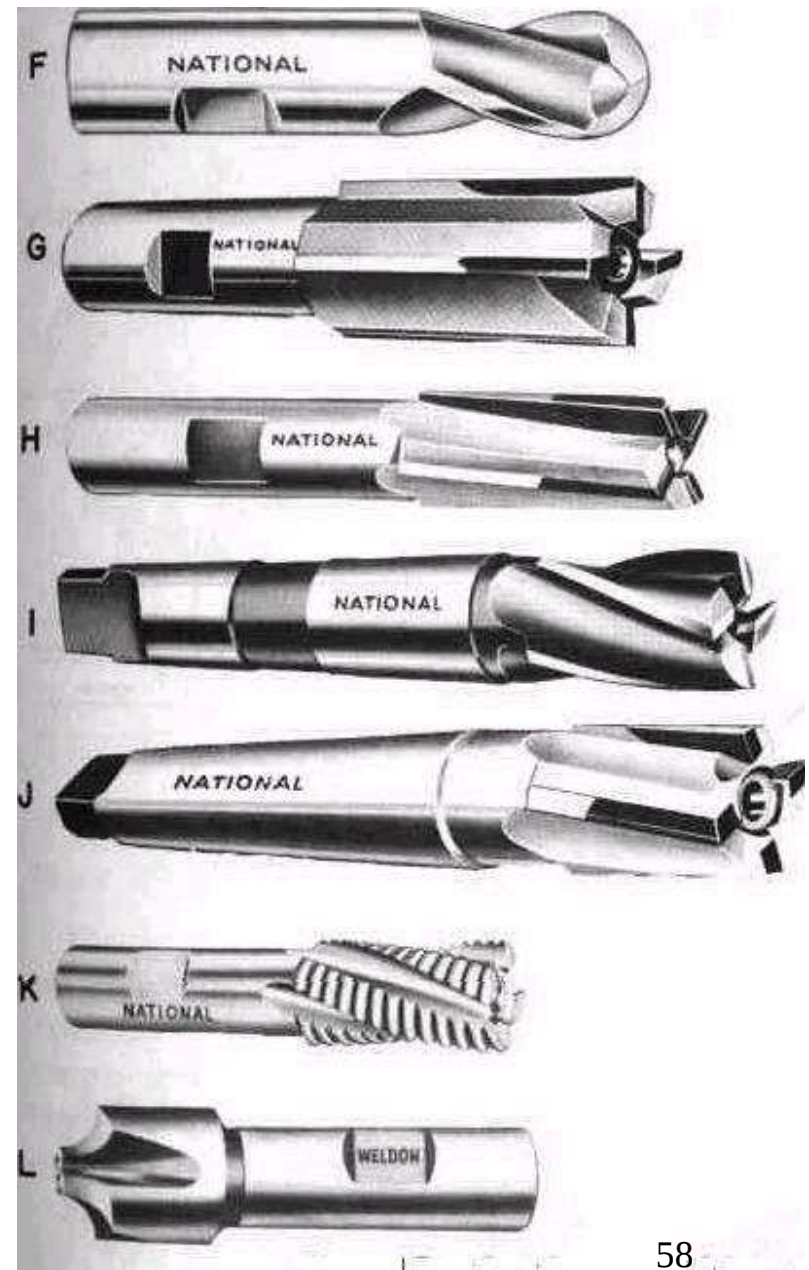
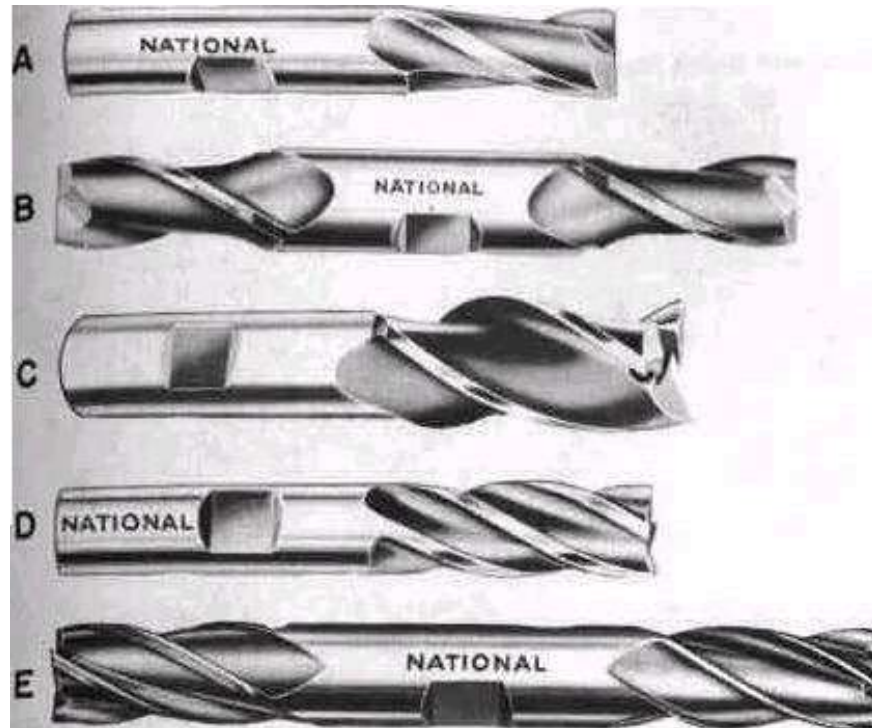


Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-1 (от 64 022,74 USD)Haas VF-1立式铣削中心 (从 64,022.74 USD)

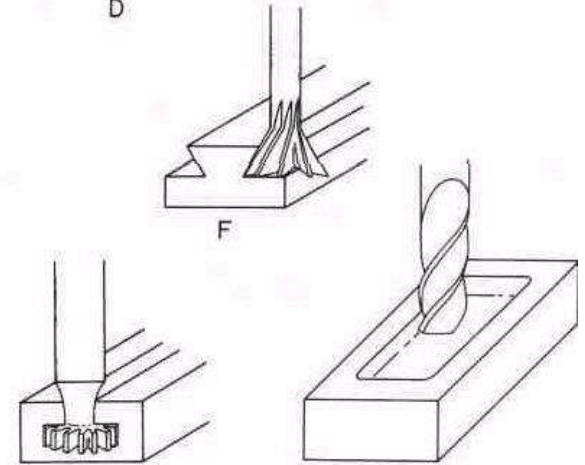
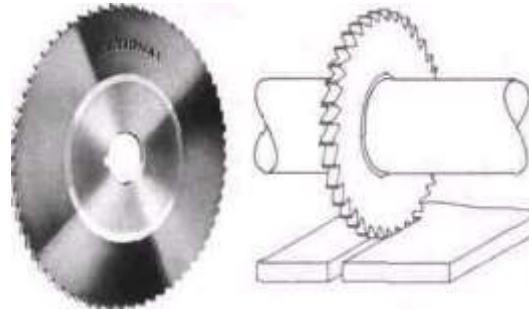
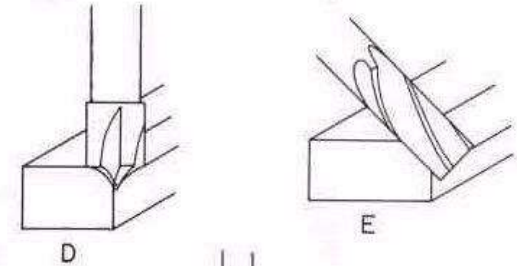
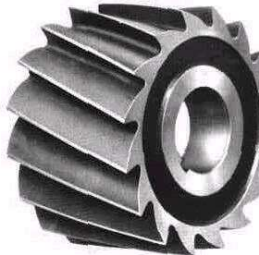
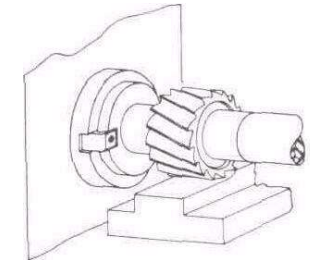
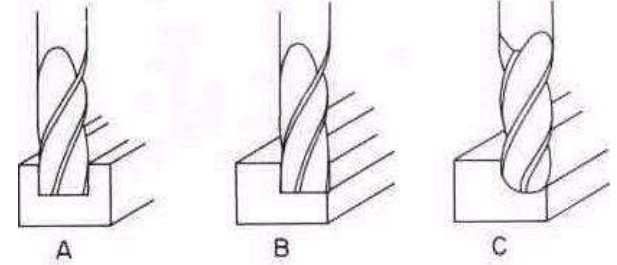
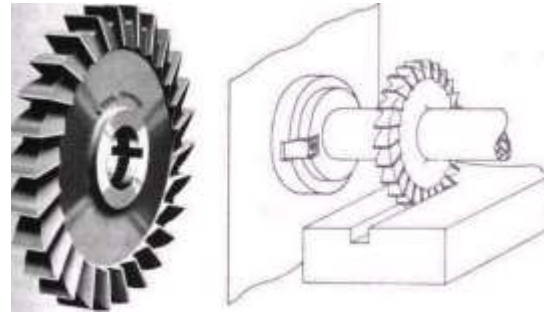
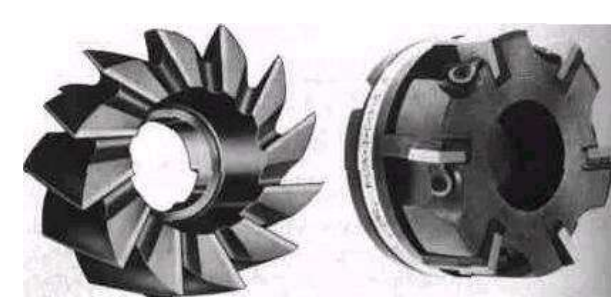
В зависимости от типа фрезерного станка используются соответствующие типы фрез: 根据铣床的类型, 使用相应类型的铣刀:



Типы фрез и элементы срезаемого слоя металла: *a* – цилиндрические; *б* – дисковые трехсторонние; *в* – дисковые пазовые 光盘插槽; *г* – дисковые прорезные и отрезные 光盘开槽并切断; *д* – дисковые угловые 圆盘角; *е* – дисковые фасонные с выпуклым профилем 具有凸轮廓的圆盘; *ж* – дисковые фасонные с вогнутым профилем 圆盘形凹面; *з, и* – концевые; *к* – торцовые. *t* – глубина резания; *B* – ширина фрезерования; *D* – диаметр фрезы

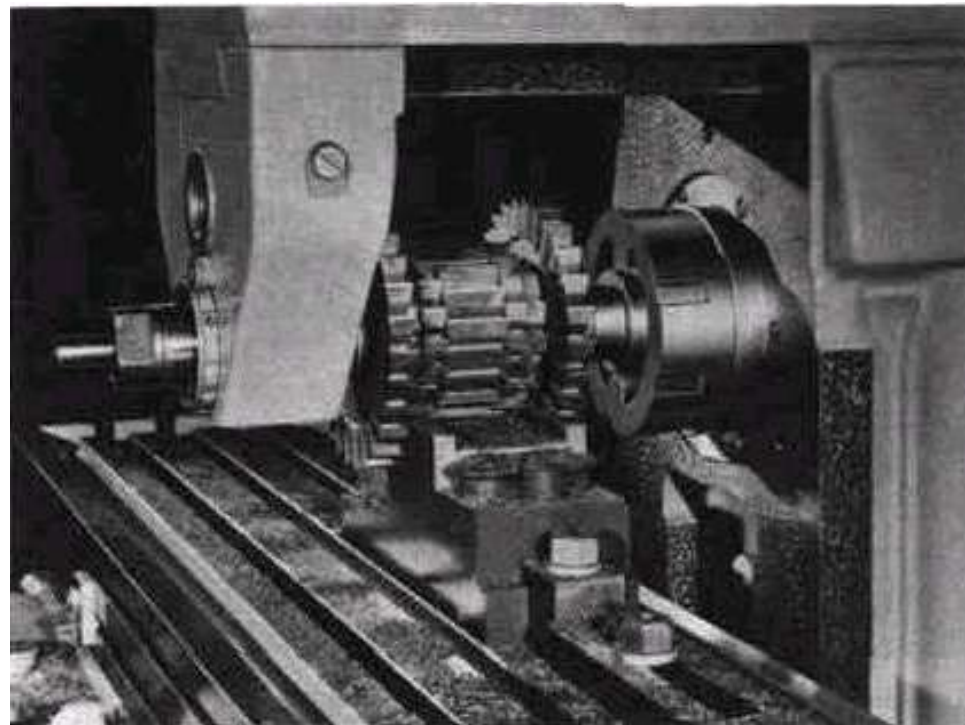


Фрезы (продолжение)



Виды обработки,^G выполняемые^H концевыми фрезами: **立铣刀执行的处理类型**: (A) фрезерование шпоночных пазов и канавок, **铣削键槽和凹槽**, (B) уступов **壁架**, (C) выпуклых радиусных и фасочных поверхностей **凸半径和倒角曲面**, (D) вогнутых радиусных **凹半径**, (E) наклонных поверхностей, **倾斜的表面** (F) «ласточкин хвост» **燕尾**, (G) T-образные пазы **T型槽**, (H) фрезерование карманов. **铣削凹处**.

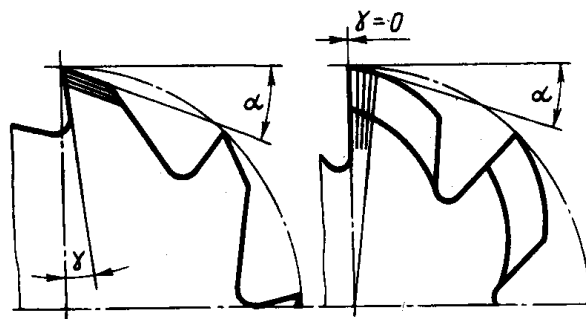
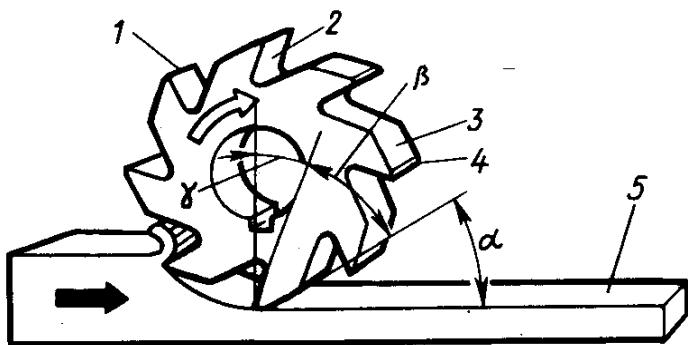
Фрезы (продолжение)



Фрезы (продолжение)

Так как **фреза** получает **вращение n** (об/мин) от главного привода, а **заготовка**, закрепленная на столе станка, — движение подачи s_m (мм/мин) от **отдельного привода** станка, кинематически не связанное с вращением фрезы, то подача назначается в два этапа. 由于刀具从主驱动器接收旋转 n (rpm), 并且固定在机床工作台上的工件从独立的机床驱动器接收进给运动 s_m (mm / min), 该运动与刀具的旋转在运动学上没有关联, 因此进给分为两个阶段 ... Сначала по справочнику назначается **подача на зуб s_z** (мм/зуб), а затем по **числу зубьев фрезы z** (шт), **глубине резания t** (мм) и **ширине фрезерования B** (мм) рассчитывается **скорости резания v** (м/мин). 首先, 根据手册分配每齿的进给量 s_z (mm / 齿), 然后根据刀具的齿数 z (pcs), 切削深度 t (mm) 和铣削宽度 B (mm) 计算切削速度 v (m / min)。 После этого **рассчитывается частота вращения шпинделя** (фрезы) $n = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_{фр}$ (об/мин), **которая устанавливается на станке**. 之后, 计算出主轴 (刀具) 的旋转频率 $n = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_{fr}$ (rpm), 该频率在机器上设置。 После этого **рассчитывается минутная подача $s_m = s_z \cdot z \cdot n$** (мм/мин), которая и **устанавливается на станке**. 之后, 计算分钟进给量 $s_m = s_z \cdot z \cdot n$ (毫米/分钟), 安装在机器上 В наибольшей степени на шероховатость обработанной поверхности влияет подача на зуб s_z (мм/зуб). 每齿进给量 s_z (mm / 齿) 在最大程度上影响机加工表面的粗糙度。 Поскольку на фрезерном станке устанавливается минутная подача s_m , то **при увеличении скорости резания v** (м/мин), а значит и увеличении частоты вращения шпинделя $n = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_{фр}$ (об/мин), **необходимо увеличивать минутную подачу s_m** , чтобы величина подачи на зуб s_z оставалась неизменной, а производительность увеличилась. 由于分钟进给量 s_m 是在铣床上设定的, 因此随着切削速度 v (m / min) 的增加, 因此主轴转速 $n = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_{fr}$ (rpm) 的增加, 有必要增加分钟进给量 s_m 以便每个齿的进料量 s_z 保持不变, 并且生产率提高了。

Геометрические элементы режущей части цилиндрической фрезы: 1 — режущая кромка; 2 — передняя поверхность; 3 — задняя поверхность; 4 — ленточка **条带**; 5 — обработанная поверхность заготовки



a

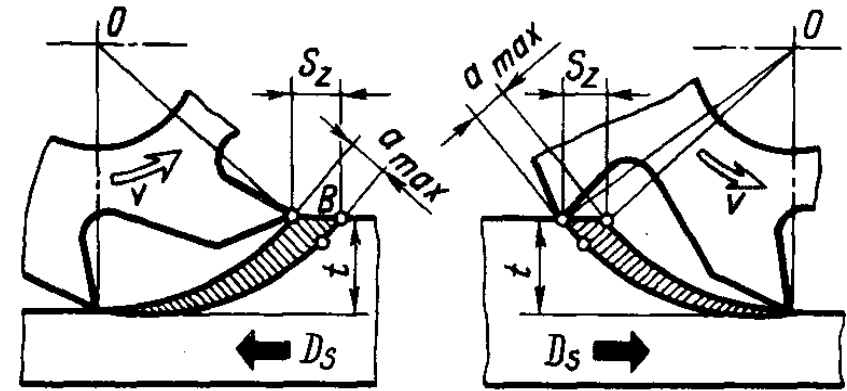
б

Схема заточки фрез:

a — острозаточенных (заточка по задней поверхности); **锐化 (背面锐化)** ;
б — затылованных (заточка по передней поверхности) **背面 (在正面锐化)**

Схемы фрезерования

Фрезерование может быть осуществлено двумя способами (по двум схемам): **встречное фрезерование**, когда **направление подачи направлено против направления вращения фрезы** (скорости резания) (рис. а), и **попутное фрезерование**, когда направления движения подачи и вращения фрезы совпадают (рис. б). 铣削有两种方式（根据两种方案）：逆铣，当进给方向与刀具的旋转方向（切削速度）相对时（图A）；向下铣削，当进给的方向与刀具的旋转方向一致时（图B）。...



а – **встречное** фрезерование;

б – попутное фрезерование

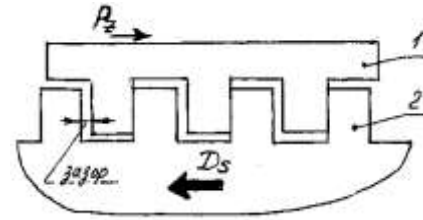


Схема выборки зазора в винтовой передачи при **встречном** фрезеровании;
1 – гайка стола;
2 – ходовой винт **逆铣时**对螺旋齿轮间隙的采样方案;
1-餐桌螺母;2-丝杠

Достоинства встречного фрезерования:

逆铣的优势:

- 1) Нагрузка на зуб фрезы возрастает постепенно: от нуля при врезании (т.к. **толщина среза** $a_i = a_{нач} = 0$ мм)

до максимума (т.к. $a_i = a_{max}$) на выходе из контакта;
切齿上的负载逐渐增加: 从切入期间的零（因为切片厚度 a_i = 开始 = 0 mm）到触点出口处的最大值（由于 $a_i = a_{max}$ ）;

2) Зубья фрезы работают из-под «корки», выламывая её снизу, начинают **врезаться в уже обработанную** чистую поверхность, что уменьшает износ при фрезеровании поковок с поверхностью, покрытой окалиной и наклёпанным слоем, а также литых заготовок; 铣刀的齿从“硬皮”下方开始工作，从下方破裂，开始切入已加工的清洁表面，从而减少了铣削表面覆盖有氧化皮和硬化层的锻件以及铸坯的磨损;

3) Составляющая сила резания P_z направлена против движения подачи D_s , поэтому при этой схеме **зазоры между боковыми поверхностями резьбы ходового винта и гайкой стола всегда выбраны**, что, в отличие от попутного фрезерования, позволяет избежать рывков, т.е. резкого перемещения стола с гайкой в направлении действия силы резания при врезании очередного зуба. 切削力分量 P_z 逆着进给运动 D_s 定向，因此，通过这种方案，总是选择导螺杆的螺纹侧面和台面螺母之间的间隙，与下游铣削相比，该间隙避免了拉力，即切割下一个齿时，带螺母的工作台沿切削力方向急剧运动。

Фрезы (продолжение)

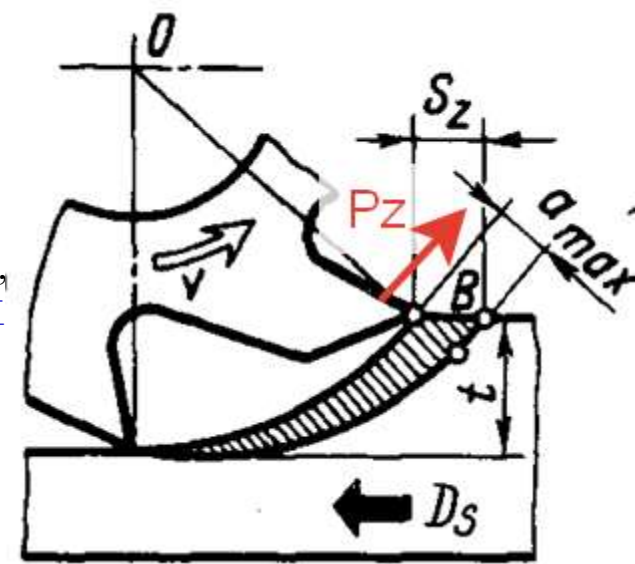
Недостатки встречного фрезерования:

1) на этапе окончания работы зуба фрезы составляющая сила резания P_z стремится **оторвать заготовку от стола станка** (P_z будет направлена вправо и немного вверх, см. рис. а), что при больших сечениях среза приводит к дрожанию (вибрации) и ухудшению шероховатости обработанной поверхности, требуется надёжное закрепление заготовки; **в конце резания, сила P_z направлена вправо и немного вверх, что приводит к вибрации и ухудшению шероховатости обработанной поверхности.**

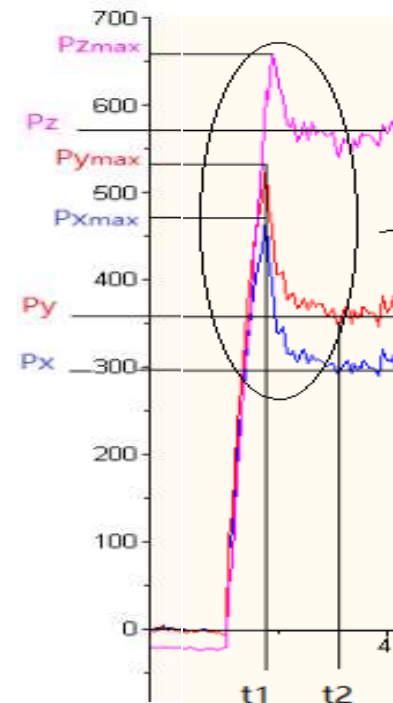
2) при врезании режущая кромка зуба начинает работу с **нулевой толщиной среза**, что увеличивает составляющие силы резания **до появления стружки** (рис. б), увеличивает **трение по задней поверхности** и приводит к повышенному износу по задней поверхности. Но при обработке заготовки с «коркой» этот износ всё таки не такой интенсивный по сравнению с врезанием в «корку»; **при врезании, толщина среза равна нулю, что приводит к увеличению сил резания до появления стружки.**

3) врезание с нулевой толщиной среза приводит к затиранию поверхности, увеличивает наклёп и шероховатость обработанной поверхности; **при врезании, толщина среза равна нулю, что приводит к затиранию поверхности, увеличивает наклёп и шероховатость обработанной поверхности.**

4) к **окончанию работы зуба толщина среза максимальна a_{max}** , что приводит к **резкому снятию нагрузки на зуб** при выходе из контакта с заготовкой, что увеличивает вероятность выкрашивания режущей кромки. **при врезании, толщина среза равна нулю, что приводит к затиранию поверхности, увеличивает наклёп и шероховатость обработанной поверхности.**



а – **встречное** фрезерование



б – **увеличение сил резания при врезании**

Достоинства попутного фрезерования:

- 1) при попутном фрезеровании заготовка **прижимается** к столу силой P_z , требуется небольшая сила для прижатия заготовки к столу; 沿铣削时, 工件受力 P_z 压在工作台上, 只需要很小的力就可以将工件压在工作台上。
- 2) каждый зуб фрезы начинает **врезаться с максимальной толщиной среза**, **нет подмятия слоя металла** под режущую кромку, поэтому при предварительно обработанной и чистой поверхности износ по задней поверхности уменьшается; 每个切削齿开始以最大切削厚度进行切割, 在切割边缘下方没有金属层的压碎, 因此, 经过预处理和清洁的表面, 减少了沿侧面的磨损;
- 3) при выходе из контакта с заготовкой толщина среза равна нулю ($a_{\text{конечн}} = 0$ мм), что уменьшает шероховатость обработанной поверхности и вероятность выкрашивания режущей кромки из-за плавного уменьшения нагрузки до нуля, увеличивает точность обработки. 当与工件接触时, 切削厚度为零 ($a_{\text{конечн}} = 0$ мм), 这将减少加工表面的粗糙度, 并由于将负载平稳降低至零而降低切削刃崩刃的可能性, 并提高了加工精度。

Недостатки попутного фрезерования:

- 1) при наличии на заготовке окалины (корки) зуб ударяется о неё, что приводит к быстрому разрушению режущей кромки. 如果工件上有水垢 (结皮), 则牙齿撞击到其上, 从而导致切削刃的快速破坏。
- 2) составляющая сила резания P_z направлена по направлению движения подачи, поэтому **если контакта зуба фрезы с заготовкой нет**, то **появляется зазор** между боковыми поверхностями резьбы ходового винта и гайкой стола из-за люфта (рис. **а**, зазор **слева** от витка винта). Когда зуб начинает врезаться, то от появившейся силы P_z стол дёргается в направлении действия этой силы, и зазор исчезает (рис. **б**, зазор **уже справа** от витка винта). 切削力 P_z 的分量指向进给运动的方向, 因此, 如果刀齿与工件之间没有接触, 则由于间隙的影响, 导螺杆的螺纹侧面和工作台螺母之间会出现间隙 (图a, 螺杆转动左侧的间隙)。当牙齿开始切入时, 工作台从出现的力 P_z 朝该力的作用方向猛拉, 间隙

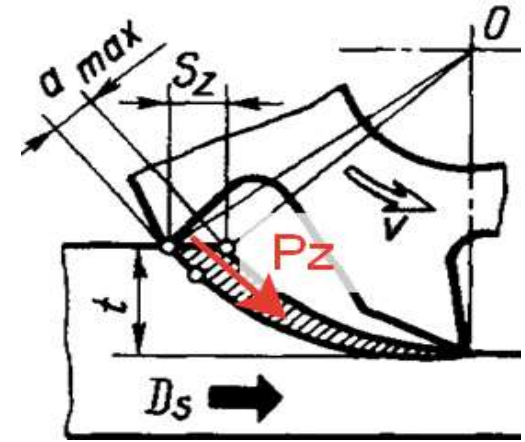
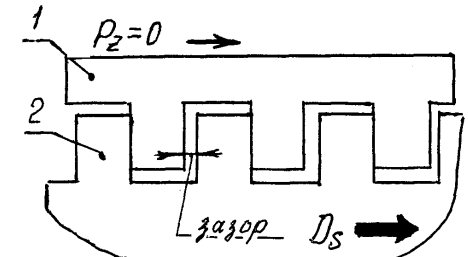
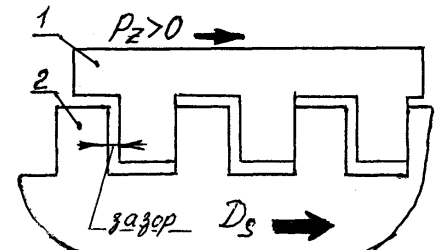
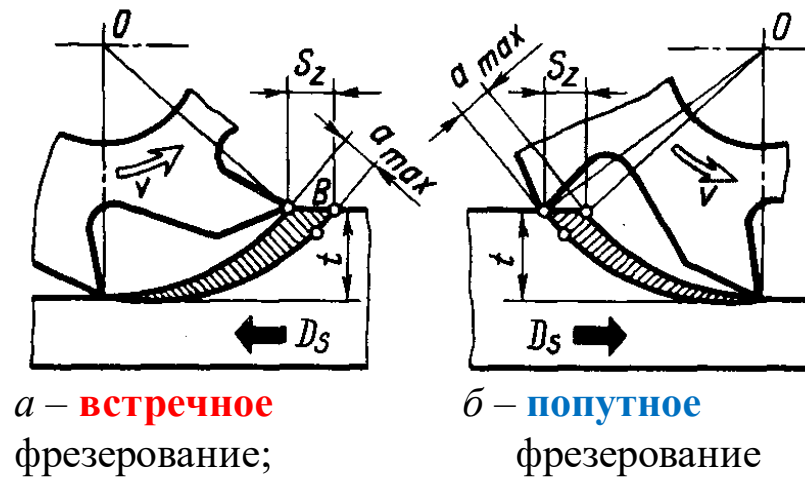
**попутное** фрезерование**а** - зазор **слева** от витка винта**б** - зазор **справа** от витка винта

Схема резкой выборки зазора в винтовой передаче при **попутном** фрезеровании;

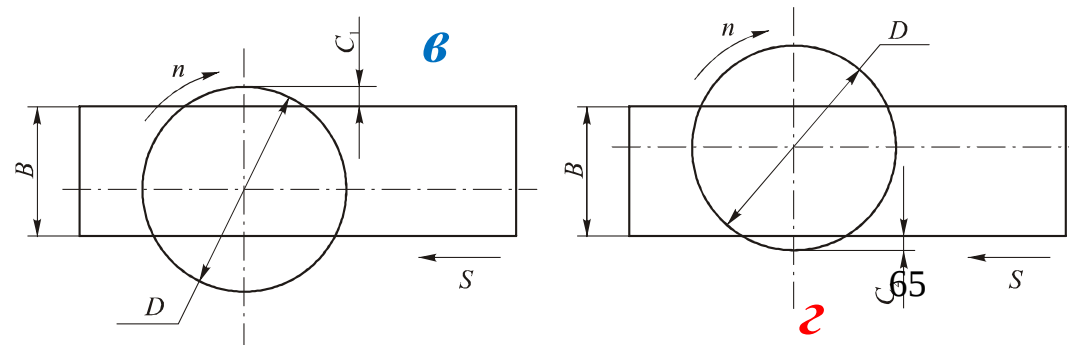
1 – гайка стола; 2 – ходовой винт
 в铣削过程中对斜齿轮中的间隙进行急剧采样的方案;

Встречное фрезерование применяется при **черновой** обработке,
а **попутное** – при **чистовой**, но обязательно при наличии без зазорного соединения по боковой поверхности ходового винта и гайки стола. **逆铣用于粗加工,**
和一个合格的-在精加工时, 但必须确保导螺杆和台面螺母侧面没有缝隙。

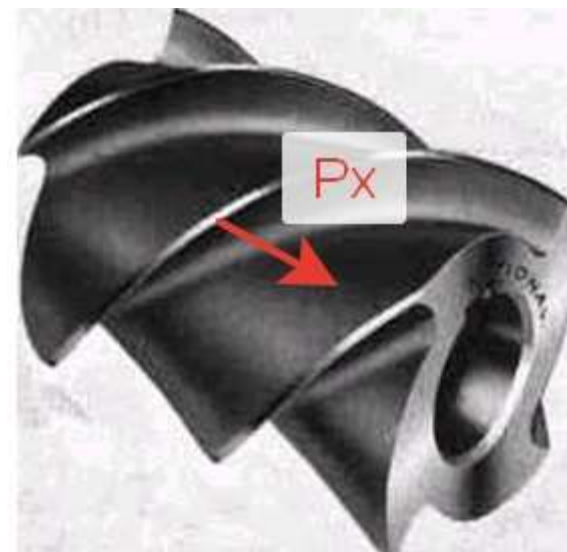
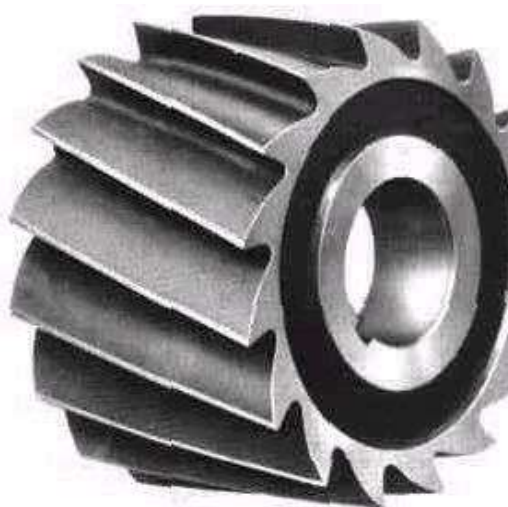
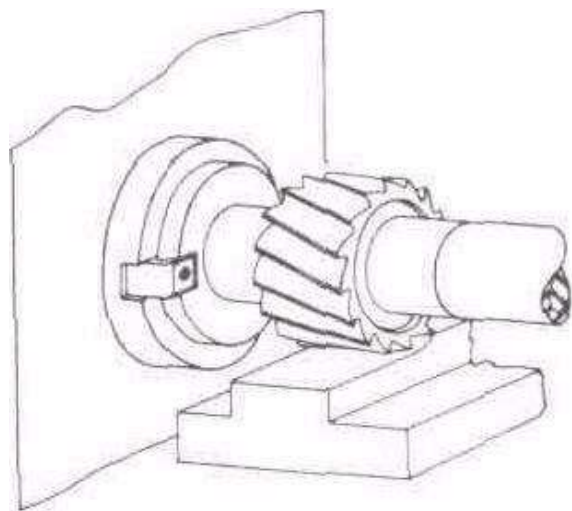


При **торцовом** фрезеровании для достижения производительных режимов резания диаметр фрезы D должен быть больше ширины фрезерования B , т.е. $D = (1,25...1,5) \times B$, в端面铣削中, 为了达到高效的切削条件, 铣刀直径 D 必须大于铣削宽度 B , 即大于铣削宽度 B . $D = (1.25 \dots 1.5) \times B$ а при обработке заготовок обязательным является их **несимметричное расположение** относительно фрезы: **并且在加工毛坯时, 它们相对于刀具的不对称排列是强制性的:** для заготовок из **конструкционных углеродистых и легированных сталей** – сдвиг их **в направлении врезания зуба фрезы** (рис. **в**) ($C_1=2-4$ мм), чем обеспечивается начало резания при малой толщине срезаемого слоя; для заготовок из **жаропрочных и коррозионно-стойких сталей** – сдвиг заготовки **в сторону выхода зуба фрезы из резания** (рис. **г**), чем обеспечивается выход зуба из резания с минимально возможной толщиной срезаемого слоя ($C_2=2-4$ мм). **对于由耐热和耐腐蚀钢制成的工件-工件向切割后的切割齿出口移动 (图d), 以确保切割后的齿以最小的切割层厚度 ($C_2 = 2-4$ mm) 移出。** Несоблюдение указанных правил приводит к значительному снижению стойкости инструмента. **不遵守这些规则会导致工具寿命大大减少。**

Рис. **в** – при торцовом фрезеровании констр. стали ($C_1=2-4$ мм);
г – при торцовом фрезеровании **жаропрочных и коррозионно-стойких сталей** ($C_2=2-4$ мм) **数字: c-**
用于特征的端面铣削。钢 ($C_1 = 2-4$ 毫米);
d-用于耐热和耐腐蚀钢的端面铣削 ($C_2 = 2-4$ mm)



Для уменьшения неравномерности фрезерования используется большое количество зубьев, а у цилиндрических и концевых фрез дополнительно используется **косозубая** и **винтовая** форма стружечных канавок. 为了减少不均匀铣削, 使用了大量的齿, 对于圆柱铣刀和端铣刀, 还使用了螺旋形和螺旋形的排屑槽。 Недостатки: 1) появляется составляющая P_x силы резания в осевом направлении; 2) увеличивается интенсивность износа из-за увеличения трения вдоль режущей кромки, что вызывает увеличение температуры резания. 缺点: 1) 切削力的 P_x 分量沿轴向出现; 2), 由于沿切削刃的摩擦增加, 磨损强度增加, 这导致切削温度升高。



Глубина фрезерования t и ширина фрезерования B – понятия, связанные с размерами слоя заготовки, срезаемого при фрезеровании. **Во всех видах фрезерования, за исключением торцового, t определяет продолжительность контакта зуба фрезы с заготовкой; t измеряется в направлении, перпендикулярном к оси фрезы.** 铣削深度 t 和铣削宽度 B 是与铣削过程中切除的工件层的尺寸有关的概念。在所有类型的铣削中，除端面铣削外， t 决定了铣刀齿与工件之间的接触时间； t 是在垂直于切刀轴的方向上测量的。

Ширина фрезерования B определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующую в резании; B измеряется в направлении, параллельном оси фрезы. 铣削宽度 B 定义了切削中所涉及的刀具齿刃的长度； B 在平行于切割器轴线的方向上测量。

При **торцовом фрезеровании эти понятия меняются местами (рис. к).** 在端面铣削中，这些概念是相反的（图К）。

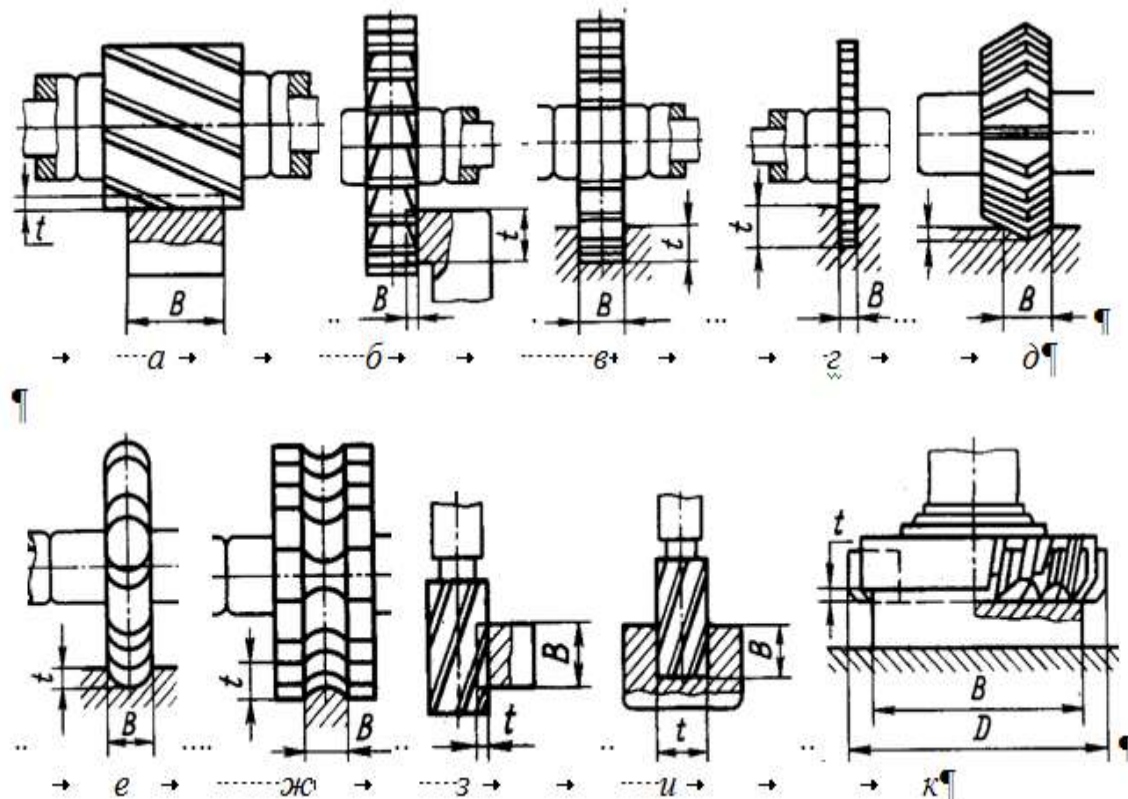
Виды фрез

- a – цилиндрические;
- $б$ – дисковые трехсторонние;
- $в$ – дисковые пазовые;
- $г$ – дисковые прорезные и отрезные;
- $д$ – дисковые угловые;

- e – дисковые фасонные с выпуклым профилем;
- $ж$ – дисковые фасонные с вогнутым профилем;

- $з, и$ – концевые;

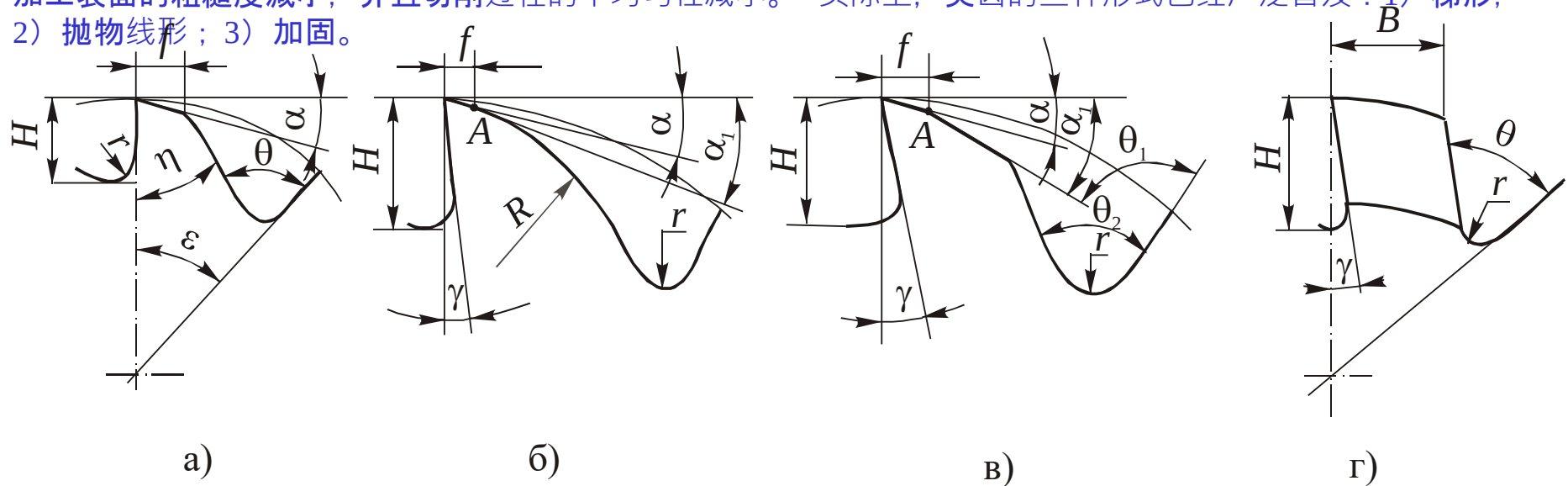
- $к$ – торцовые.



t – глубина резания; B – ширина фрезерования; D – диаметр фрезы

Фрезерование (продолжение)

По конструкции зубьев фрезы делятся на две большие группы: с **остроконечными** и с **затылованными** зубьями. **根据齿的设计, 切刀分为两大类: 尖齿和凹齿。** Процесс фрезерования характеризуется снятием тонких стружек переменной толщины. **铣削过程的特点是去除了厚度可变的细屑。** **Переточка** остроконечных зубьев **по задней поверхности**, где в основном происходит износ при фрезеровании, позволяет уменьшить припуск на переточку, **увеличить срок службы фрезы**, уменьшить объем зубьев и главное — **увеличить их число z** , от которого пропорционально зависит производительность процесса фрезерования ($s_m = s_z \cdot z \cdot n$). **在铣削过程中主要发生磨损的沿齿侧面的尖齿重新锐化, 可以减少重新磨削的余量, 延长铣刀的使用寿命, 减少齿的数量, 最重要的是, 增加齿的数量 z , 铣削过程的生产率成比例地取决于齿数 ($s_m = s_z \cdot z \cdot n$)。** При увеличении числа зубьев фрезы **снижается шероховатость** обработанной поверхности и **уменьшается неравномерность процесса резания**. На практике получили распространение три формы остроконечных зубьев: 1) трапецевидная, 2) параболическая; 3) усиленная. **随着切齿数量的增加, 加工表面的粗糙度减小, 并且切削过程的不均匀性减小。** **实际上, 尖齿的三种形式已经广泛普及: 1) 梯形, 2) 抛物线形; 3) 加固。**



Формы зубьев фрез: *a* — трапецевидная; *б* — параболическая; *в* — усиленная; *г* — затылованный зуб **a-梯形; б-抛物线; в-加固; г-后牙**

Трапецевидная форма (рис. **а**) наиболее простая в изготовлении, но при этом зуб несколько ослаблен, поэтому имеет небольшую высоту и малый объем стружечной канавки. **梯形形状 (图A) 最容易制造, 但齿有些弱, 因此其高度小且切屑槽的体积小。** По мере переточки зуба по задней грани (фаска $f = 1 \dots 2$ мм) его высота уменьшается и он становится более прочным. **当牙齿沿后边缘重新磨磨 (倒角 $f = 1 \dots 2$ mm) 时, 其高度减小, 并且变得更耐用。** Однако такая форма зубьев допускает **небольшое число переточек** и применяется на фрезах для **чистовой** обработки. **但是, 这种形式的齿只允许少量的磨削, 并用于切割机进行精加工。** При этом **число зубьев максимальное** из-за их малого объема. Канавки в таких фрезах изготавливают либо **фрезерованием**, либо вышлифовыванием эльборовыми или алмазными кругами в цельных заготовках на станках с ЧПУ. **在这种情况下, 由于其体积小, 所以牙齿的数量最大。** **这种铣刀上的凹槽是通过在CNC机床上用CBN或金刚石砂轮在实心毛坯中铣削或磨削制成的。**

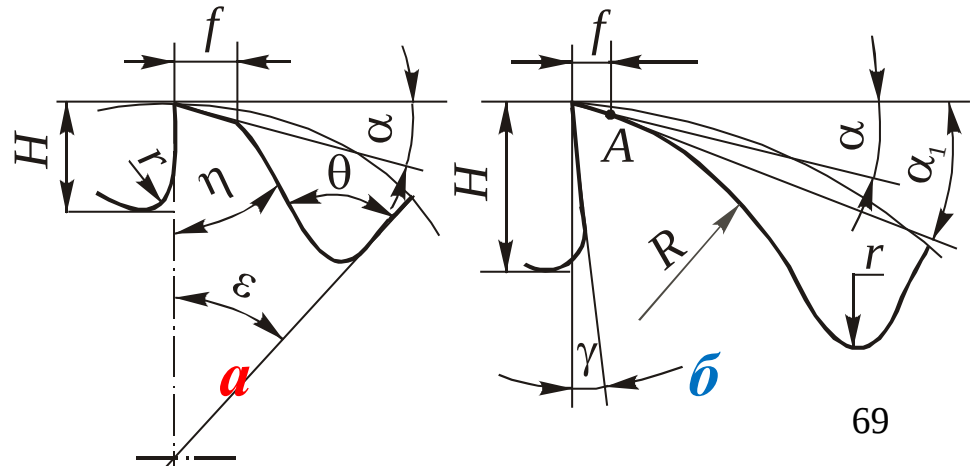
Параболическая форма зуба (рис. **б**) обладает **наибольшей прочностью на изгиб**, так как спинка зуба, оформленная по параболе, обеспечивает равнопрочность во всех сечениях по высоте зуба. **牙齿的抛物线形 (图B) 具有最高的弯曲强度, 因为以抛物线形成形的牙齿背面在沿牙齿高度的所有截面中均提供相同的强度。**

Недостатком этой формы является необходимость для **каждой высоты зуба** иметь свою **сложную фасонную канавочную фрезу**. Поэтому с целью упрощения профиля спинки таких фрез **параболу часто заменяют дугой окружности радиусом $R = (0,3 \dots 0,4)d$** . **这种形式的缺点是需要每个齿高具有其自己的复杂形状的切槽机。** **因此, 为了简化这种刀具的背面轮廓, 抛物线经常被半径为 $R = (0.3 \dots 0.4)d$ 的圆弧所代替。**

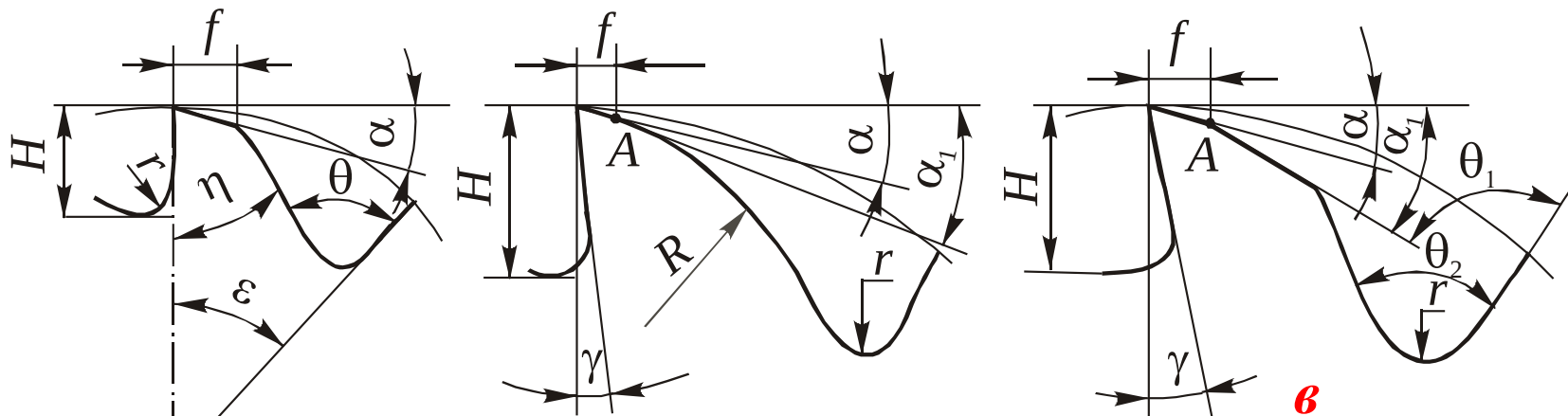
Формы зубьев:

а – трапецевидная;

б – параболическая



Усиленная форма зуба (рис. **в**) применяется для **тяжелых работ** вместо параболической формы. **增强的齿形 (图C) 代替抛物线形用于繁重的工作。** Такой зуб имеет ломаную **折线的** спинку **背**, а также увеличенную толщину и высоту. **这样的牙齿具有折断的背部, 以及增加的厚度和高度。** Получают эти зубья двойным фрезерованием угловыми фрезами с углами $\theta_1 = 28 \dots 30^\circ$ и θ_2 . **这些齿是通过用角度为 $\theta_1 = 28 \dots 30^\circ$ 和 θ_2 的角磨机进行两次铣削而获得的。** Хотя при этом число операций увеличивается вдвое, такие зубья **проще в изготовлении, чем параболические.** **尽管这使操作次数增加了一倍, 但此类齿比抛物线齿更易于制造。** Они имеют **большой запас на переточку** и высокую прочность. При этом используются **стандартные канавочные фрезы** с прямолинейными режущими кромками. **它们具有较大的再研磨余量和高强度。** Это использование имеет стандартные канавочные фрезы. При переточке зубья затачиваются по задней поверхности под углом α доостра с обязательным выхаживанием во избежание биения режущих кромок. **在重新研磨时, 必须对齿沿与齿面成 $1/3$ 度的角沿齿面进行磨锐, 以免打磨切削刃。** Иногда оставляют **цилиндрические ленточки** шириной $f_n = 0,02 \dots 0,03$ мм, которые упрощают **контроль биения зубьев** фрез. **有时, 它们会留下宽度为 $f_n = 0.02 \dots 0.03$ mm 的圆柱状条带, 从而简化了铣刀齿打浆的控制。**



Формы зубьев *а* – трапециевидная; *б* – параболическая; ***в*** – усиленная;

Фрезерование (продолжение)

Затылованный зуб (рис. 2) внешне отличается **большой толщиной**, а главное – **формой задней поверхности**, которая выполняется на специальной операции, называемой **затылованием**, с целью создания задних углов во **всех точках** режущих кромок.凹齿 (图D) 在外部厚度上有所不同, 最重要的是, 背面的形状有所不同, 这是通过称为背衬的特殊操作执行的, 以便在切削刃的所有点上形成后角。Достигается это за счет того, что радиальное сечение зуба, содержащее фасонный профиль, по мере поворота фрезы вокруг оси смещается в направлении к центру с помощью фасонного резца или шлифовального круга.这是由于这样的事实而实现的, 即随着刀具围绕轴线旋转, 包含成形轮廓的齿的径向部分使用成形刀具或砂轮朝着中心移动。Благодаря затылованию профиль режущей кромки зуба при переточках по передней поверхности во всех радиальных сечениях остается **неизменным**, поэтому используется при обработке **фасонных поверхностей**.由于该间隙, 在所有径向区域中沿前表面重新研磨时, 齿的切削刃的轮廓保持不变, 因此在加工成型表面时使用。

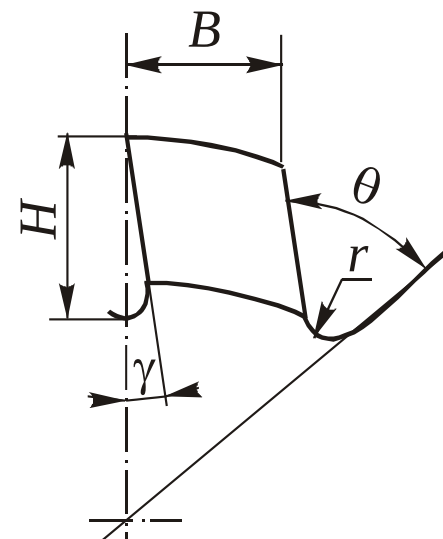
Простая переточка по передней поверхности. Кроме того, зубья такой формы обладают **высокой прочностью**, а по мере переточки **объем канавок для размещения стружки увеличивается**, что благоприятно сказывается на работе фрезы.简单重磨前表面。另外, 这种形状的齿具有高强度, 并且作为再研磨, 用于容纳切屑的凹槽的体积增加, 这有利地影响了刀具的操作。

1) **Недостатки:** у затылованных фрез значительно **меньше**, чем у фрез с остроконечными зубьями.浮雕刀中的齿数比尖刀少得多。Это объясняется тем, что затылованные зубья имеют большую толщину, так как **при переточке по передней поверхности приходится снимать большой припуск**, чтобы избавиться от износа, который сосредоточен на **задней поверхности** зуба;这是由于后齿的厚度更大, 因为当沿前表面重新研磨时, 您必须去除较大的余量以消除集中在齿后表面上的磨损;

2) после переточки наблюдается **большое радиальное биение** зубьев, что приводит к увеличению шероховатости обработанной поверхности и снижению стойкости фрез;再研磨后, 观察到大的径向跳动, 导致加工表面的粗糙度增加, 刀具的耐用性降低。

3) у фрез с нешлифованным профилем зубьев после термообработки остаются **обезуглероженные участки на задней поверхности**, т.к. обрабатываются **до термообработки** и не шлифуются после неё. Это снижает их стойкость;对于未经打磨的齿形的刀具, 在热处理后, 侧面的表面会残留脱碳区域, 因为在热处理之前进行处理, 之后不要打磨。这会降低其耐用性;

4) **остаточные термические напряжения** могут вызывать **искажение профиля** режущих кромок фрезы.残余的热应力会扭曲铣刀切削刃的轮廓。



2 – затылованный
зуб₇₁

Порядок выбора и расчёта режимов резания при фрезеровании

Уточняется марка обрабатываемого материала, вид фрезерования, выбирается тип и размер фрезы, уточняется количество зубьев. 指定加工材料的等级, 铣削类型, 选择刀具的类型和尺寸, 指定齿数。 Определяется глубина резания t , а для чернового фрезерования и наибольшая возможная глубина резания t и ширина фрезерования B , допустимая типом и размером фрезы, мощностью станка. 确定切削深度 t , 对于粗铣削, 要确定最大切削深度 t 和铣削宽度 B , 这取决于刀具的类型和尺寸, 以及机床的功率。 После этого назначается подача. При фрезеровании различают *подачу* на один зуб s_z , подачу на один оборот фрезы s и подачу минутную s_m , мм/мин, которые находятся в следующем соотношении: $s_m = s \times n = s_z \times z \times n$ (1) 铣削时, 区分每齿进给量 s_z , 刀具每转进给量 s 和每分钟进给量 s_m , mm / min, 它们具有以下比率: $s_m = s \times n = s_z \times z \times n$ (1)

где n – частота вращения фрезы, об/мин; z – количество зубьев фрезы. 其中 n 是刀具的转速, rpm; z 是切刀齿数。 Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина ее на один зуб s_z , при чистовом фрезеровании – на один оборот фрезы s , по которой для дальнейшего использования вычисляют величину подачи на один зуб $s_z = s/z$. 粗铣的初始进给率是每齿 s_z 的值, 精铣的初始进给率是指刀具 s 每转一圈 ss 的值, 从中进一步计算出每齿的进给率 $s_z = s / z$ 。 Рекомендуются подачи для различных фрез и условий резания указаны в справочнике «Справочник технолога-машиностроителя» под редакцией Косиловой, т. 2, раздел «Общие сведения о выборе режимов резания», табл. 33 — 38. Рассчитывается скорость резания. 推荐的供各种轧机和切削条件使用的进料在表格中由Kosilova编辑的参考书“机械工程师手册”第2卷第2节“切削模式选择的一般信息”中指出。 33-38. 计算切割速度。 Скорость резания – окружная скорость фрезы, м/мин, 切割速度-切割器的圆周速度, m / min,

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в табл. 39, а периода стойкости T – в табл. 40. 表中给出了系数 C_v 和指数的值。 图39中的电阻周期 T 。 40

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v$$

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания $K_v = K_{Mv} \times K_{nv} \times K_{uv}$, где K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (см. табл. 1 - 4); K_{nv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (см. табл. 5); K_{uv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента (см. табл. 6). 切削速度的一般校正因子, 考虑了实际切削条件 $K_v = K_{Mv} \times K_{nv} \times K_{uv}$, 其中 K_{Mv} 考虑了加工材料质量的系数 (见表1-4) ; K_{nv} -考虑到工件表面状态的系数 (见表5) ; K_{uv} 是考虑工具材料的系数 (请参见表6)。

Порядок выбора и расчёта режимов резания при фрезеровании 选择和计算铣削切削条件的步骤

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v$$

После расчёта скорости резания, м/мин,

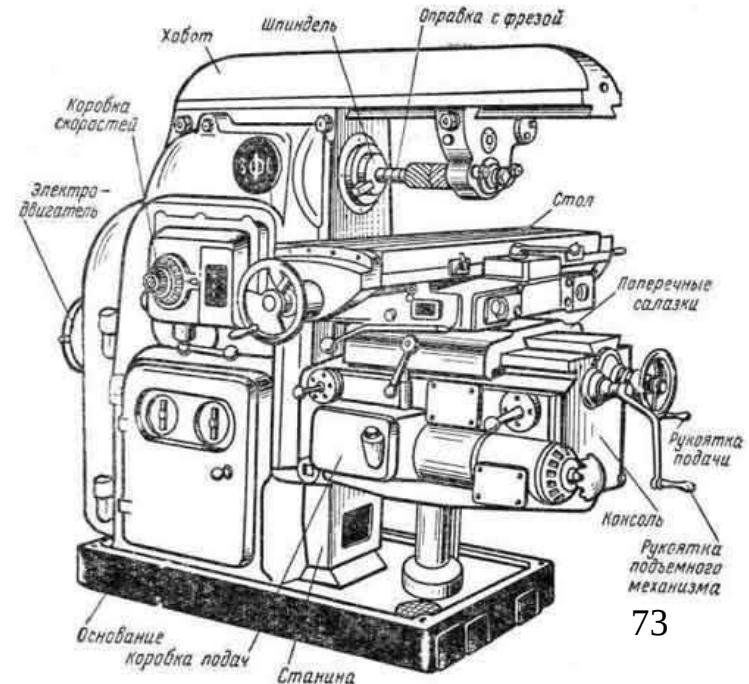
рассчитывается частота вращения фрезы $n_{расч} = 1000 \cdot v / \pi \cdot D$, об/мин. 在计算出切削速度 m/min 之后, 计算出刀具的旋转速度 $n_{calc} = 1000 v / \pi D$, rpm.

По паспорту станка определяется ближайшая наименьшая частота вращения шпинделя, $n_{пасп}$, которая и принимается для установки на станке. 根据机器通行证, 确定最接近的最低主轴转速 n_{pass} , 可以接受将其安装在机器上。

Рассчитывается минутная подача s_m : $s_m = s_{об} \times n = s_z \times z \times n$ 分钟进给的计算公式为 $s_m : s_m = s_{reb} \times n = s_z \times z \times n$

По паспорту станка определяется ближайшая наименьшая подача, $s_{м пасп}$, которая и принимается для установки на станке. 根据机器护照, 确定最接近的最小进纸 s_m 护照, 可以将其安装在机器上。

Особенности конструкций фрез, оснащенных твердым сплавом (с.184) 配备硬质合金的刀具的设计特点 (第184页)



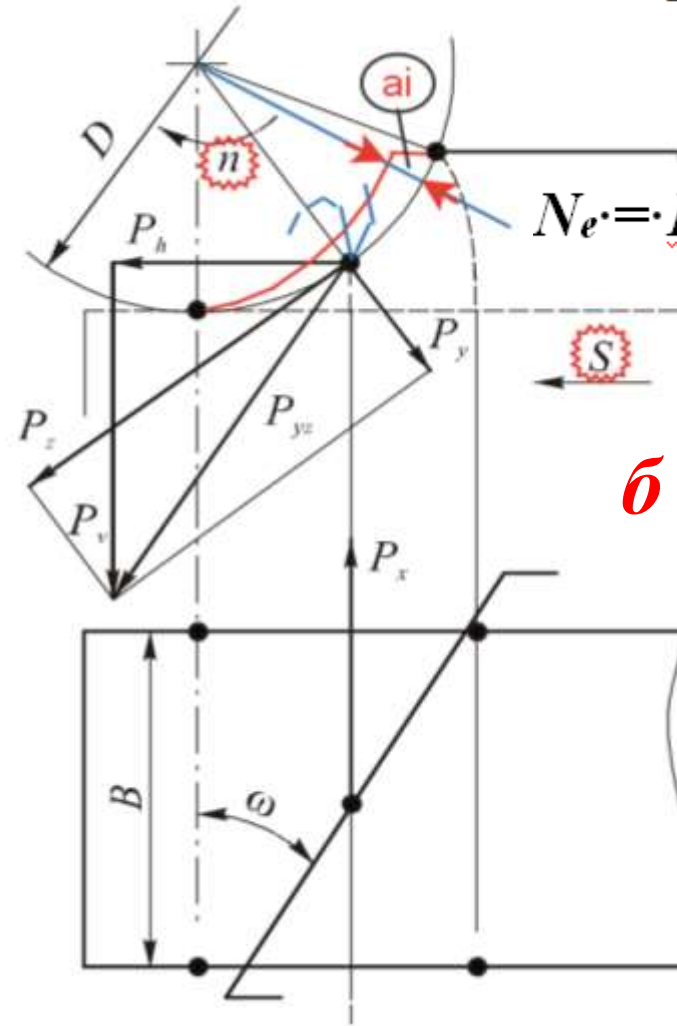
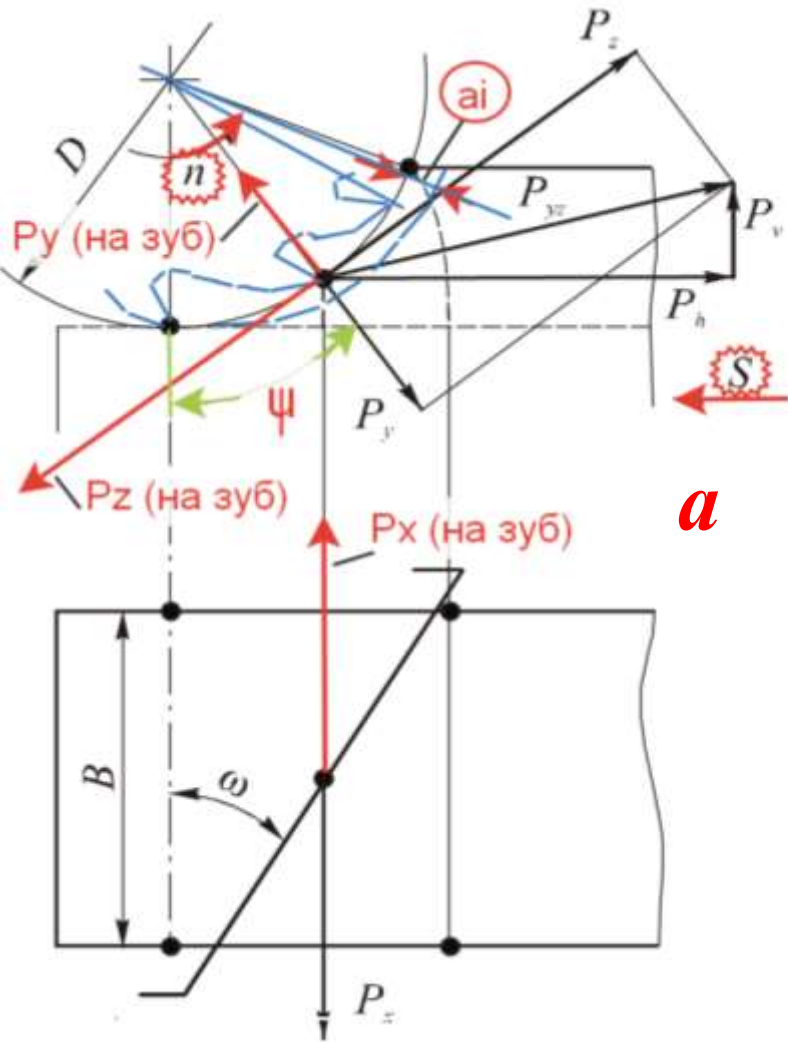
Расчёт составляющих P_z , P_y , P_h , P_v , P_x силы резания

Фрезерование	P_h/P_z	P_v/P_z	P_y/P_z	P_x/P_z
--------------	-----------	-----------	-----------	-----------

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} \times K_{Mp}$$

$$M = \frac{P_z \times D}{2 \times 1000}$$

$$N_e = P_z \times v / (1020 \cdot 60)$$



$$a_i = s_z \cdot \sin \psi;$$

$$a_{\max} \approx s_z \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{t}{d}}$$

Составляющие силы резания при фрезеровании цилиндрической фрезой: **a** - при встречном фрезеровании (против подачи); **b** — попутном (в направлении подачи)

用圆柱刀具铣削时切削力的分量：a-逆铣（逆进给）；b-通过（在供应方向上）

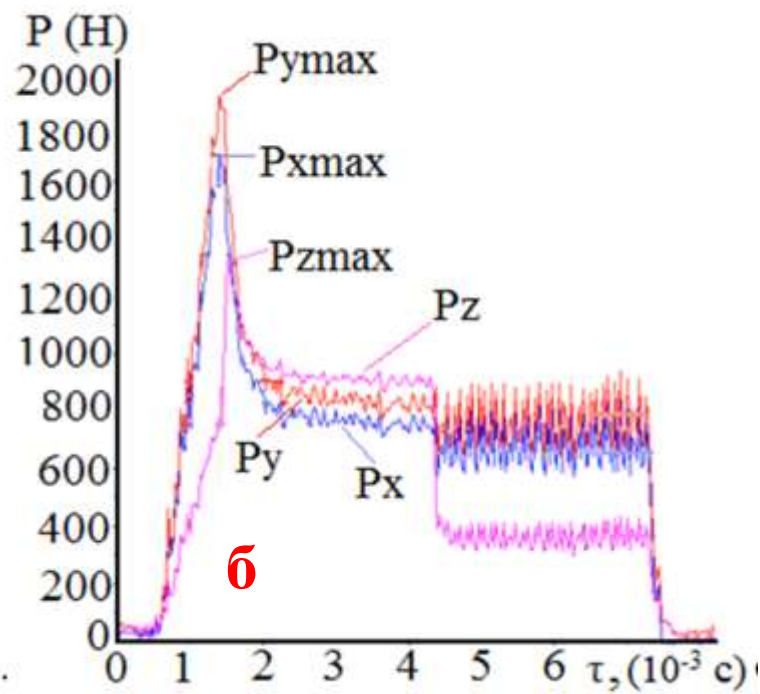
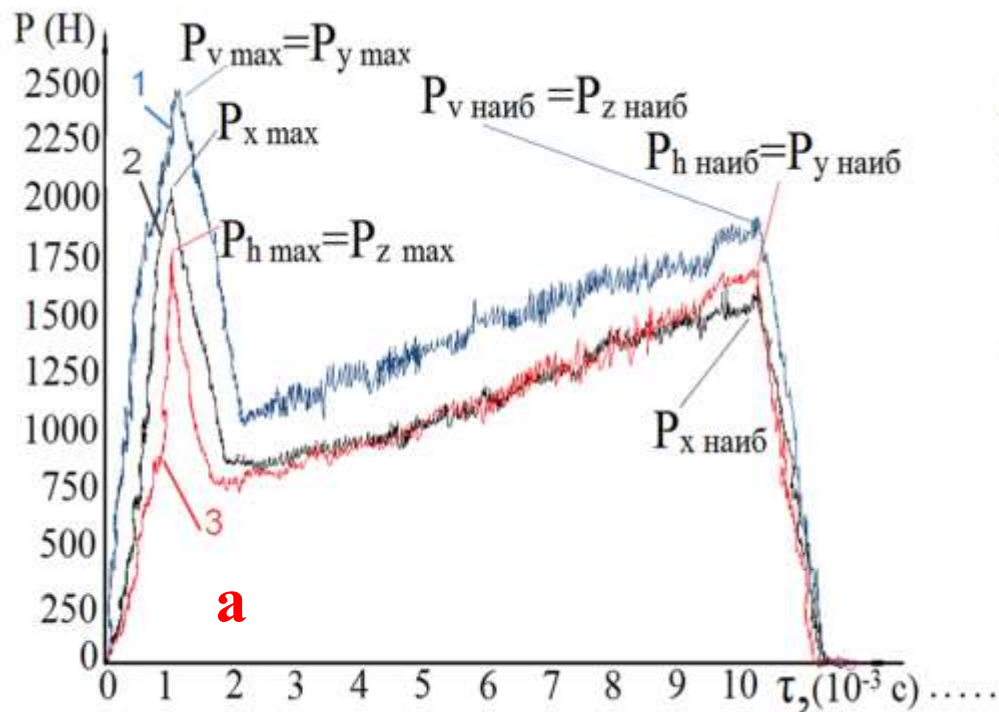
Подачи при **черновом** фрезеровании **торцовыми**, цилиндрическими и дисковыми фрезами с **пластинами из твердого сплава** (при $B > 30$ мм подачу уменьшить на 30%)**用立铣刀, 带硬质合金刀片的圆柱铣刀和盘式铣刀进行粗铣的进给速率** ($B > 30$ mm时, 进给减少30%)

Мощность станка, кВт	Сталь	
	Подача на зуб фрезы s_z , мм (мм/зуб), при	
	T15K6	T5K10
5 - 10	0,09 - 0,18	0,12 - 0,18
Св. 10	0,12 - 0,18	0,16 - 0,24

Подача при фрезеровании стальных заготовок различными фрезами из **быстрорежущей** стали**使用各种HSS刀具铣削钢工件时的进给**

Диаметр фрезы D , мм	Тип фрезы	Подача на зуб s_z , мм, при глубине фрезерования t , мм		
		3	5	6
16	Концевые	0,08 - 0,05	0,06 - 0,05	—
20		0,10 - 0,06	0,07 - 0,04	—
25		0,12 - 0,07	0,09 - 0,05	0,08 - 0,04
35		0,16 - 0,10	0,12 - 0,07	0,10 - 0,05

Составляющие силы резания при **несимметричном встречном** торцовом фрезеровании**非对称上游端面铣削中切削力的分量**

Фрезерование торцевой фрезой с $\phi=45^\circ$ (а) и точение резцом с $\phi=45^\circ$ (б)

Изменение составляющих силы резания при обработке стали 40X. Ордината – составляющие силы резания (Н), абсцисса – время обработки τ (с). 加工40X钢时切削力分量的变化。纵坐标是切削力 (N) 的分量, 横坐标是加工时间 τ (s)。

а — при торцовом фрезеровании фрезой с одним зубом с углом наклона главной режущей кромки $\phi = 45^\circ$, **1** — P_v , **2** — P_x , **3** — P_h ; 用于带有铣刀的端面铣削, 该铣刀的一个齿具有主切削刃的倾斜角度 $\phi = 45^\circ$, 1- P_v , 2- P_x , 3- P_h ;

б — при точении резцом **с врезанием в коническую поверхность**, оставленную после предыдущей обработки резцом с углом в плане $\phi = 45^\circ$, $s = 0,07$ мм/об, $v = 120$ м/мин, $t = 1,8$ мм 当用切刀切入圆锥形表面时在先前加工中用切刀旋转时, 切刀的角

Особенности конструкций фрез, оснащенных твердым сплавом (с.184) **配备硬质合金的刀具的设计特点 (第184页)**

Конструкции фрез и условия их работы позволяют широко использовать для их оснащения высокопроизводительные **твердые сплавы**, минералокерамику и СТМ, которые, однако, обладают пониженной прочностью на изгиб и хрупкостью. **切刀的设计及其工作条件使它们可以广泛地使用高性能硬质合金, 矿物陶瓷和STM作为其设备, 但是它们的弯曲强度和脆性降低。** Широкому применению твердых сплавов способствуют следующие достоинства процесса фрезерования: 铣削工艺的以下优点有助于合金的广泛使用: 1) благоприятная форма стружки, имеющая малую толщину и длину, обеспечивающая ее хорошую транспортабельность; **1) 刨花形状良好, 厚度和长度小, 确保了良好的运输性;** 2) прерывистость процесса резания, снижающая тепловое напряжение режущих элементов; **切割过程的不连续性, 减少了切割元件的热应力;** 3) высокие жесткость и виброустойчивость. **3) 高刚性和抗振性。**

Основное применение		Дополнительное применение	
■	Чистовая	□	Чистовая
■■	Получистовая	□□	Получистовая
■■■	Черновая	□□□	Черновая

Группа	Материал
P	Углеродистая, конструкционная, легированная сталь
M	Нержавеющая сталь
K	Чугун
N	Алюминий и другие цветные металлы
S	Жаропрочные сплавы
S	Титан и титановые сплавы
H	Закалённые стали

PUJA-40W40-R5WN06 – фреза плунжерная, чистовая, с углом 10°, возможность осевого плунжерения, Ø40, концевая креплением «Weldon» Ø40, правая, 3 зуба, с пластиной WN..0603..

FUAL-63N22-R4ZO11/45 - фреза торцевая, черновая с углом 90°, с удлиненной режущей кромкой, Ø63, насадная с внутренним подводом СОЖ Ø22, правая, 4 зуба, с пластиной ZO..1104.., 45 суммарная длина режущей кромки.

Фрезерование (продолжение)

уппа	
P	Углеродистая, конструкционная, легир
M	Нержавеющая сталь
K	Чугун
N	Алюминий и другие цветные металлы
S	Жаропрочные сплавы
S	Титан и титановые сплавы
H	Закалённые стали

Марка твердого сплава		P	M	K	N	S	S	H
TP20AM		■ ■ □□□	□ □□			□ □□		
Износостойкая основа из среднезернистого, легированного сплава с градиентной структурой + мультислойное PVD покрытие								
TP25AM		■ ■ ■	□□ □□□			□□ □□□		
Основа из среднезернистого, легированного сплава с градиентной структурой + мультислойное PVD покрытие								
TP40AM		■ ■ ■	□□□			□□□		
Прочная основа из среднезернистого, легированного сплава с градиентной структурой + мультислойное PVD покрытие								
AP10TT			■ ■	■ ■				□
Износостойкая основа из мелкозернистого сплава + мультислойное PVD покрытие								
AP30XM			■ ■ ■	■ ■ ■				
Прочная основа из мелкозернистого сплава + мультислойное PVD покрытие								
AP10XM			■ ■	■ ■		■		■
Износостойкая основа из мелкозернистого сплава + мультислойное PVD покрытие								
BP35XM				■ ■ ■		■ ■		
Основа из среднезернистого сплава + мультислойное PVD покрытие								
A10					■ ■		■ ■	
Износостойкий мелкозернистый сплав без покрытия								
A30					■ ■ ■		■ ■ ■	
Прочный мелкозернистый сплав без покрытия								

Фрезерование (продолжение)

Группы обрабатываемого материала	Обозначение, вид, описание					
	Вид	Описание	Вид	Описание	Вид	Описание
P		FP острая режущая кромка, чистовая геометрия		EP скругленная режущая кромка, получистовая геометрия		SP упрочняющая фаска, черновая геометрия
M		FM острая режущая кромка, чистовая геометрия		EM скругленная режущая кромка, получистовая геометрия		SM упрочняющая фаска, черновая геометрия
S		FM острая режущая кромка, чистовая геометрия		EM скругленная режущая кромка, получистовая геометрия		SM упрочняющая фаска, черновая геометрия
K		FK острая режущая кромка, чистовая геометрия		EK скругленная режущая кромка, получистовая геометрия		SK упрочняющая фаска, черновая геометрия
H		FK острая режущая кромка, чистовая геометрия		EK скругленная режущая кромка, получистовая геометрия		SK упрочняющая фаска, черновая геометрия
N	Полированная передняя поверхность					
		FN острая режущая кромка, чистовая геометрия		EN скругленная режущая кромка, получистовая геометрия		

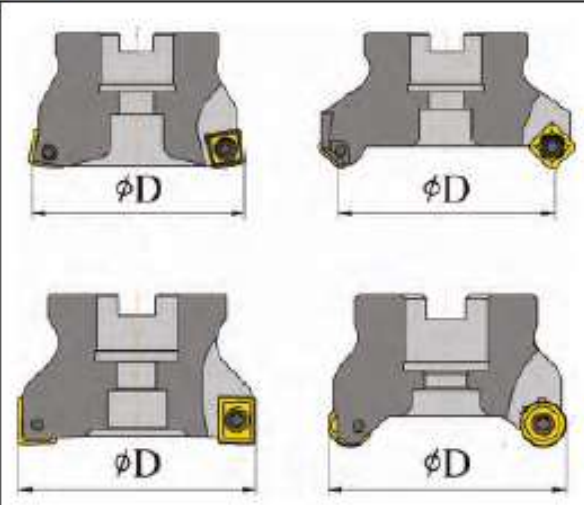
уппа	
P	Углеродистая, конструкционная, легированная
M	Нержавеющая сталь
K	Чугун
N	Алюминий и другие цветные металлы
S	Жаропрочные сплавы
S	Титан и титановые сплавы
H	Закалённые стали

Фрезерование (продолжение)

F	R	A	S	—	80	N	27
F	H	B	X	—	160	N	40
P	U	J	A	—	40	W	40
F	U	A	L	—	63	N	22
1	2	3	4		5	6	7

1	Тип обработки	2	Вид обработки
F	Фрезерование плоскостей и уступов	U	Универсальная
T	фрезерование пазов и отрезка	F	Чистовая
C	Профильное фрезерование	R	Черновая
P	Плунжерная обработка	H	Обдирочная

3	Угол в плане							
Угол	90°	75°	60°	45°	91°	00°	15°	10°
Обозначение	A	B	E	D	G	R	K	J

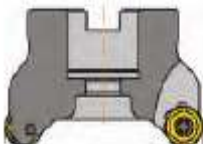
4	Применение	5	Диаметр фрезы
S	Стандартные (фрезы общего применения)		
L	Удлиненная режущая кромка		
D	Возможность сверления		
A	Возможность осевого плунжерения		
X	Обдирка		
C	Обработка цветных металлов		
H	Удлиненная серия		

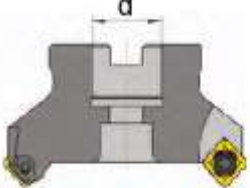
Примеры обозначения:
1-2-3-4 5-6-7 8-9-10-11-12
PUJA-40W40-R5WN06 –
 фреза **плунжерная**,
универсальная, с углом
 $\phi=10^\circ$, с возможностью
 осевого **плунжерования**,
 $\varnothing D$ фрезы **40** мм,
 тип «**Weldon**»,
Øприсоединения 40 мм,
(8)-правая (wRite), **5 зубьев**,
 с пластиной **WN..0603...** ;

FRAL-63N22-R4ZO11/45 –
 фреза **торцевая**, **черновая**, с
 углом $\phi=90^\circ$, с удлиненной
 режущей кромкой, $\varnothing D$ фрезы
63 мм, **насадная (N)**,
Øприсоединения 22 мм , с
внутренним подводом СОЖ,
правая, 4 зуба, с пластиной
ZO..1104... , / суммарная длина
 режущей кромки **45** мм.

Фрезерование (продолжение)

—	R	6	ZP	15	-	-
—	R	12	SN	19	-	P
—	R	3	XD	13	-	-
—	R	4	ZA	11	/45	-
	8	9	10	11	12	13

6	Вид посадки		
	A	W	N
	Цилиндр	«Weldon»	Насадная
			

7	Диаметр посадки	
		

9	Количество зубьев
10	Форма пластины
11	Длина режущей кромки
12	Суммарная длина режущей кромки

8	Направление обработки	
	R	L
	Правое	Левое
		

13	Дополнительные сведения	
P	Крепление токарных пластин, тип «Р»	
D	Крепление токарных пластин, тип «D»	

Примеры обозначения:

1-2-3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8-9-10-11-12
P-U-J-A - 40-W-40 - R-5-WN06

PUJA-40W40-R5WN06 – фреза
плунжерная, универсальная, с
 углом $\phi=10^\circ$, с возможностью
 осевого **плунжерования**, **ØD**
 фрезы **40** мм, тип «**Weldon**»,
Øприсоединения 40 мм, **(8)-**
правая (w**R**ite), **5** зубьев, с
 пластиной **WN..0603...** ;

FRAL-63N22-R4ZO11/45 – фреза
торцевая, черновая, с углом
 $\phi=90^\circ$, с удлинённой режущей
 кромкой, **ØD** фрезы **63** мм,
насадная (N), **Øприсоединения**
22 мм , с *внутренним подводом*
СОЖ, **правая, 4 зуба**, с пластиной
ZO..1104... , / суммарная длина
 режущей кромки **45** мм.

Фрезерование (продолжение)

Вид фрезы											
Обозначение	FUDS		FRAS				FUGA				
Примечание	Однорядные										
Диаметр фрез	Угол в плане										
	45°		90°				91°				
25			*				*				
32	*		*				*				
40	*		*	*			*	*			
50	*	*		*	*	*		*	*	*	
63		*			*	*			*	*	
80		*			*	*			*	*	
100		*			*	*			*	*	
125		*				*				*	
160											
Пластина	Длина режущей кромки	13		11	15	11	15	11	15	11	15
	Вид										
	Обозначение	SDHT 1305AD SDHW 1305AD		ZAHT 1104.. R	ZPHT 1506... R	ZAHT 1104.. R	ZPHT 1506... R	ZAHT 1104.. R	ZPHT 1506... R	ZAHT 1104.. R	ZPHT 1506... R
Стр.	190	191	193	199	194	200	195	201	196	202	

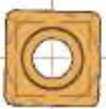
Примеры обозначения:

1-2-3-4 – **5-6-7** – **8-9-10-11-12**
P-U-J-A – **40-W-40** – **R-5-WN06**

PUJA-40W40-R5WN06 – фреза
плунжерная, универсальная, с
 углом $\phi=10^\circ$, с возможностью
 осевого **плунжерования**, **ØD**
 фрезы **40** мм, тип «**Weldon**»,
Øприсоединения 40 мм, **(8)-**
правая (w**R**ite), **5** зубьев, с
 пластиной **WN..0603...** ;

FRAL-63N22-R4ZO11/45 – фреза
торцевая, черновая, с углом
 $\phi=90^\circ$, с удлинённой режущей
 кромкой, **ØD** фрезы **63** мм,
насадная (N), **Øприсоединения**
22 мм , с *внутренним подводом*
СОЖ, **правая, 4** зуба, с пластиной
ZO..1104... , / суммарная длина
 режущей кромки **45** мм.

Фрезерование (продолжение)

							
FUAS		FUJA		FUAL		FUAC	
Однорядные				Длиннокромочные		Для алюминия	
Угол в плане							
90°		10°		90°		90°	
				*			
*		*		*		*	
*		*		*		*	
	*		*		*	*	*
	*		*		*		*
	*		*		*		*
	*		*		*		*
	*		*		*		*
13		13		11	15	18	
							
SOHT 1305.. R SOHW 1305.. R		XDHT 1305XDR		ZAH1104.. R	ZPH11506.. R	APKT 1806.. R	
205	206	208	209	197	203	211	212

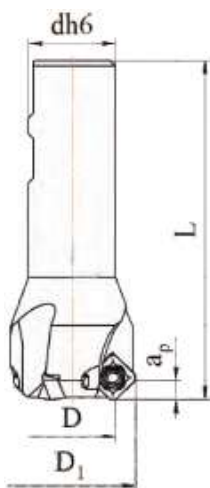
Примеры обозначения:

1-2-3-4 – **5-6-7** – **8-9-10-11-12**
P-U-J-A – **40-W-40** – **R-5-WN06**

PUJA-40W40-R5WN06 – фреза
плунжерная, универсальная, с
 углом $\phi=10^\circ$, с возможностью
 осевого **плунжерования**, **ØD**
 фрезы **40** мм, тип «**Weldon**»,
Øприсоединения 40 мм, **(8)-**
правая (w**R**ite), **5** зубьев, с
 пластиной **WN..0603...** ;

FRAL-63N22-R4ZO11/45 – фреза
торцевая, черновая, с углом
 $\phi=90^\circ$, с удлинённой режущей
 кромкой, **ØD** фрезы **63** мм,
насадная (N), **Øприсоединения**
22 мм , с *внутренним подводом*
СОЖ, **правая, 4** зуба, с пластиной
ZO..1104... , / суммарная длина
 режущей кромки **45** мм.

Обработка:
пазов,
плоскостей,
уступов,
фасок



Серия SD

45°

Концевые

Фрезерование (продолжение)

Примеры обозначения:

1-2-3-4 – 5-6-7 – 8-9-10-11-12
P-U-J-A – 40-W-40 – R-5-WN06

PUJA-40W40-R5WN06 – фреза
плунжерная, универсальная, с
углом $\phi=10^\circ$, с возможностью
осевого плунжерования, $\varnothing D$
фрезы **40** мм, тип «**Weldon**»,
Øприсоединения 40 мм, **(8)-**
правая (w**Rite**), **5** зубьев, с
пластиной **WN..0603...**;

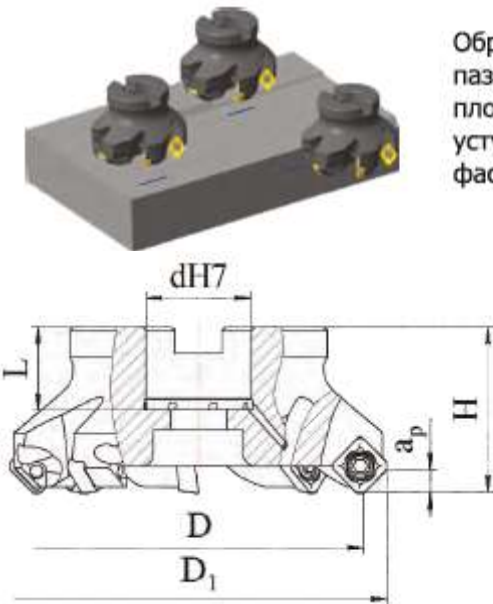
FRAL-63N22-R4ZO11/45 – фреза
торцевая, черновая, с углом
 $\phi=90^\circ$, с удлинённой режущей
кромкой, $\varnothing D$ фрезы **63** мм,
насадная (N), **Øприсоединения**
22 мм, с внутренним подводом
СОЖ, **правая, 4** зуба, с пластиной
ZO..1104..., / суммарная длина
режущей кромки **45** мм.

Обозначение	D	D ₁	d	L*	a _p	Z	Пластины
FUDS-32W32-R3SD13	32	46,5	32	125	6,8	3	SDHT 1305AD SDHW 1305AD
FUDS-40W32-R4SD13	40	54,5	32	125	6,8	4	

Комплект

Винт	Ключ
SM5×14	K20IP

Серия SD



Обработка:
пазов,
плоскостей
уступов,
фасок

Насадные

45°



Примеры обозначения:

1-2-3-4 – 5-6-7 – 8-9-10-11-12

FUDS-50N22-R4SD13 – фреза
торцевая, **универсальная**, с
углом $\phi=45^\circ$, стандартная, $\varnothing D$
фрезы **50** мм, **насадная** (N),
Øприсоединения 22 мм, **правая**,
4 зуба, с пластиной **SD..13...**, /
суммарная длина режущей кромки
----- мм.

Обозначение	D	D ₁	H	d	L	a _p	Z	Пластины
FUDS-50N22-R4SD13	50	64,5	40	22	20	6,8	4	SDHT 1305AD SDHW 1305AD
FUDS-63N22-R5SD13	63	77,5	40	22	20	6,8	5	
FUDS-80N27-R6SD13	80	94,5	50	27	22	6,8	6	
FUDS-100N32-R8SD13	100	114,5	50	32	25	6,8	8	
FUDS-125N40-R10SD13	125	139,5	60	40	29	6,8	10	

Схема службы управления механосборочным цехом

