

金属工艺学讲义

(机械加工部分)

金属工艺教研组编

1961.4

沈阳农学院

目 录

第一章 金屬切削原理.....	1
§1. 基本定义 §2. 切削形成过程概說 §3. 刀具几何形狀的合理选择 §4. 切削用量的选择 附表	
第二章 金屬切削机床.....	27
§1. 机床的驱动 §2. 机床的传动 §3. 机床的变速机构 §4. 金屬切削机床举例 (車床)	
第三章 毛坯的种类和初加工.....	41
§1. 毛坯的种类 §2. 毛坯的矫直 §3. 毛坯的切断 §4. 鑽毛坯中心孔	
第四章 車床加工.....	45
§1. 車刀的种类和切削形式 §2. 車床的种类 §3. 車床作业 §4. 其他車床作业 §5. 万能机床的自动化	
第五章 鉋床加工.....	62
§1. 鉋刀的种类和特点 §2. 鉋床	
第六章 鑽床和鏜床加工.....	67
§1. 麻花鑽和鑽削过程 §2. 擴孔鑽和擴削过程 §3. 鉸刀和鉸削过程 §4. 鑽削的切削力 §5. 鑽床和鏜床 §6. 鑽床附件 §7. 鑽鏜床作业	
第七章 銑床加工.....	78
§1. 銑刀的种类和銑削过程 §2. 銑削用量 §3. 銑刀的角度 §4. 銑削力 §5. 銑床 §6. 銑床作业	
第八章 拉床加工.....	92
§1. 拉刀的种类和拉削过程 §2. 拉削方案	
第九章 磨床加工.....	95
§1. 磨具 §2. 磨削过程 §3. 磨床	
第十章 螺紋加工.....	104
§1. 外螺紋加工 §2. 切削內螺紋	
第十一章 齒輪加工.....	108
§1. 用仿形法加工齒輪 §2. 用滾齒法加工齒輪 §3. 用插齒法加工齒輪 §4. 用鉋齒法加工直齒錐形齒輪 §5. 用剃齒法精加工齒輪 §6. 用砂輪磨削齒輪	
第十二章 光整加工.....	115
§1. 精細鏜孔 §2. 研磨 §3. 珩磨 §4. 超精加工 §5. 拋光	
第十三章 特殊加工法.....	121
§1. 电加工 §2. 超声波加工	
第十四章 机械制造工艺的基本概念.....	124
§1. 生产过程、工艺过程及其組成部分 §2. 机器制造的主要方式 §3. 集中工序与	

分散工序

第十五章 机械加工的精度和光潔度.....	127
§1. 机械加工精度的概念	
§2. 影响加工精度的主要因素	
§3. 加工时的尺寸散布	
§4. 机械加工的平均經濟精度	
§5. 表面光潔度的概念	
§6. 影响表面光潔的主要因素	
§7. 表面光潔度的分級	
第十六章 基准的概念.....	137
§1. 設計基准	
§2. 工藝基准	
§3. 六點定律	
§4. 基准面的主要選擇原則	
第十七章 机床夾具.....	139
§1. 夾具的定位元件	
§2. 夾具的夾紧元件 (夾紧裝置)	
§3. 刀具的導向元件	
§4. 夾具体	
§5. 分度裝置	
§6. 鑽床夾具举例	
§7. 多軸鑽孔头	
§8. 鐘床夾具举例	
第十八章 典型另件的加工工藝 (活塞的加工)	145
§1. 概述	
§2. 活塞的机械加工	
§3. 主要工序的完成方法	
§4. 活塞的檢驗	

第一章 金属切削原理

§1. 基本定义

一、切削时的运动情况

切削加工时，工件和刀具必须有相对运动，在此相对运动的过程中，刀具从工件表面切下金属来，变为切屑。这种运动可以是直线的，旋转的或综合的，随加工方法不同而不同，但就运动的性质来说，可以分为二种：主运动和进刀运动。

1. 主运动——是切下切屑的运动，也叫切削运动，大小用切削速度 v 表示，它在切削过程中消耗机床主要动力，如车削时的旋转运动，刨削时的往复运动。

2. 进刀运动——是使刀具与加工物产生相对位移的运动，它保证切削过程连续进行。进刀运动有纵向的、横向的、垂直的及旋转的可以由刀具或工件的移动来完成，大小用进刀量 S 表示。车削时刀架的移动为进刀运动。

二、加工工件表面

当车刀从被加工工件上切下切屑时，加工工件上有下列几种表面（图1）：

1. 待加工面。
2. 已加工面。
3. 切削表面。

三、刀头的要素

1. 前面——切屑顺着它流出的表面。（图2中5）。
2. 后面——对着切削表面的表面。（图2中6）。
3. 付后面——对着已加工面的表面。（图2中7）。
4. 主刀刃——前面与后面的交线。（图2中1—2）。
5. 付刀刃——前面与付后面的交线。（图2中1—3）。
6. 刀尖——主刀刃与付刀刃的交点，一般是一个小圆弧。（图2中1）。
7. 刀片（图2中8）。
8. 刀身（图2中4）。

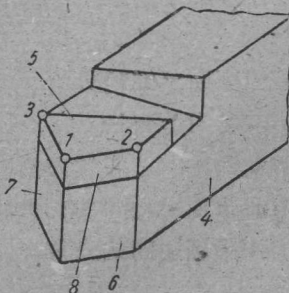


图2 刀头的要素

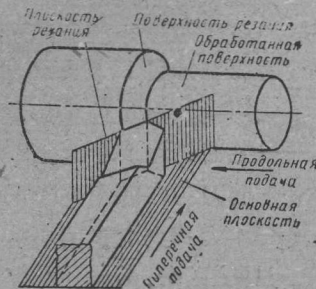


图1 切削运动简图

四、车刀的几何角度

车刀的角度分为几何角度和在切削进行中所形成的工作角度，下面只讨论车刀的几何角

度。为了确定車刀的各个角度，用下列坐标平面作基准。（圖1）：

1. 基面——平行縱進刀和橫進刀方向的平面，即車刀的底平面，与切削平面主运动方向垂直。

2. 切削平面——与切削表面相切并通过主刀刃的平面。在这里为了使問題簡單起見假定主刀刃与底面是平行的。实际上主刀刃与底面之間的傾斜角对車刀說來也是很小的。

3. 主截面——与主刀刃在底平面上投影綫相垂直的平面。

4. 付截面——与付刀刃在底平面上投影綫相垂直的平面。

在主截面上量取的角度是車刀的主要角度有：主后角 α ，前角 γ ，楔角 β 和切削角 θ （圖3）。

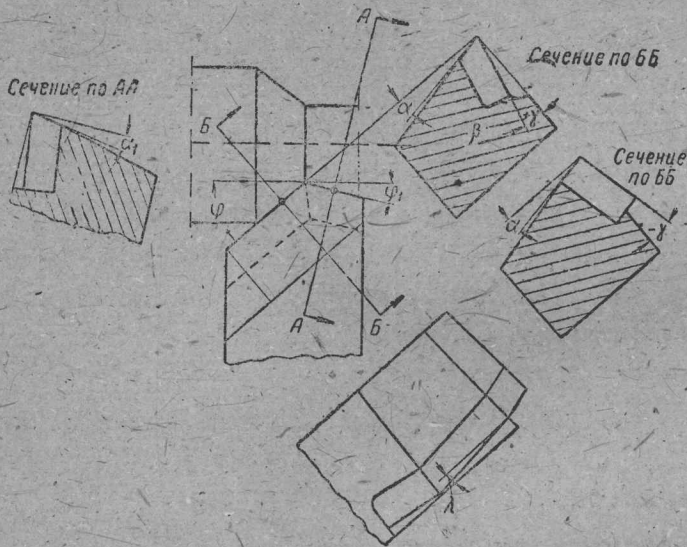


圖3 車刀的角度

1. 前角 γ ——前面与基面之間的夾角。

前角：前角有正負之分，刀刃在前面的最高點时为正，刀刃在前面的最低點时为負。

2. 后角 α ——后面与切削平面之間的夾角。

3. 楔角 β ——車刀前面与后面的夾角。

$$\beta = 90^\circ - \alpha - \gamma$$

4. 切削角 θ ——前面与切削平面之間的夾角

$$\theta = \alpha + \beta$$

在付截面上只注意一个角度：付后角 α_1 。

付后角 α_1 ——付后面与通过付刀刃并垂直于底面的平面之間的夾角。

在刀具頂視圖上量取的角度有：主偏角 ϕ 付偏角 ϕ_1 及刀尖角 Σ 。

1. 主偏角 ϕ ——主刀刃在底平面上的投影綫与進刀方向之間的夾角。

2. 付偏角 ϕ_1 ——付刀刃在底平面上的投影綫与進刀方向之間的夾角。

3. 刀尖角 Σ ——主刀刃与付刀刃在底平面上的投影綫之間的夾角。

$$\Sigma = 180^\circ - \phi - \phi_1$$

在切削平面上量取的角度有：主刀刃斜角 λ 。

主刀刃斜角 λ ——主刀刃与基面之間的夾角。

主刀刃斜角有正負之分刀尖在主刀刃的最低點时为正，刀尖在主刀刃的最高點时为負，

主刀刃和底面平行时主刀刃斜角 λ 等于零(圖4)。

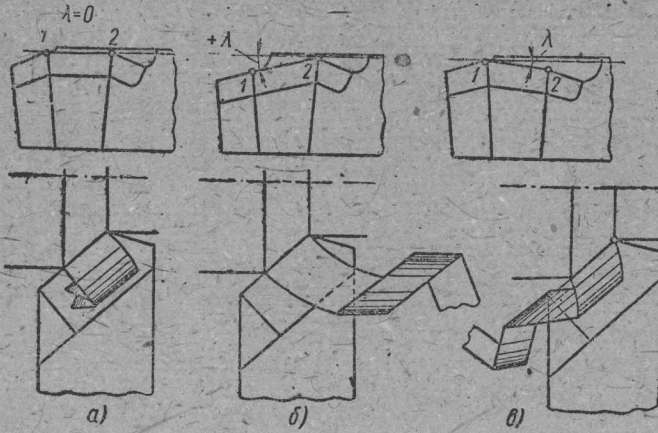


圖4 主刀刃斜角

五、切削用量

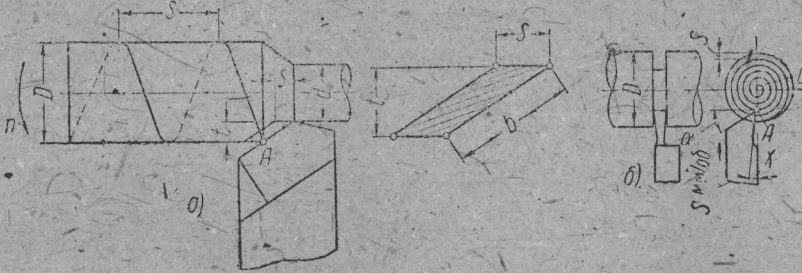


圖5 切削用量

1. 切削深度 t —— 待加工面与已加工面之間的垂直距离, 以公厘計算。当車削时, 原工件直徑为 D 公厘, 經一次切削后的直徑为 d 公厘則切削深度为

$$t = \frac{D-d}{2} \text{ (公厘)}$$

2. 進刀量 S —— 工件或刀具有在每轉一轉或往复一次时, 二者在進刀方向的相对位移量。

3. 切屑寬度 b —— 切下切屑的寬度, 由主刀刃与工件接触的長度决定。切屑寬度 b 与切削深度 t 之間的关系:

$$b = \frac{t}{\sin \varphi}$$

4. 切屑厚度 a —— 切下切屑的厚度, 是工件或刀具有在每轉一轉或往复一次时主刀刃相鄰二位置間的垂直距离。

切屑厚度 a 与進刀量 S 之間的关系 $a = S \cdot \sin \varphi$

5. 切削速度 v —— 主运动的速度, 以公尺/分計算。

6. 轉速 n —— 工件或刀具有轉动速度, 以轉/分計算。

$$n = \frac{1000v}{\pi d}$$

d —— 工件或刀具有直徑, 以公厘計算。

必須注意的是：切屑的變形是連續的，以上四個階段之間并無間歇或休息。

以上所說的變形過程是最典型的。實際上有時四個階段很明顯，有時其中某一階段極不明顯；例如：切削灰鑄鐵時，②③二個階段都不明顯，幾乎不存在，當刀具切入工件極少時，就有一塊金屬突然崩去，完成切離階段。

二、切屑的形式

由於加工材料的性質，刀具的幾何形狀和切削用量的不同，所得出的切屑外形也不相同，通常將切屑分為三類（圖9）。

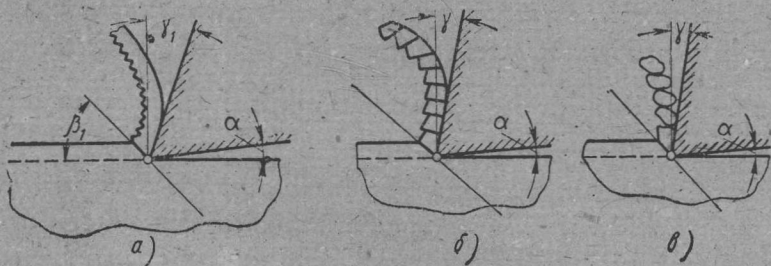


圖9 切屑的形式

1. 碎斷式切屑——切屑如分離體的細顆粒，大小形狀不均勻。加工表面顯得很粗糙，這是在切削硬脆的金屬時得到的。如用較小的前角和低的切削速度加工韌性金屬時也可能得到碎斷式切屑。

2. 階段式切屑——切屑延續成長的一段，靠刀具的一面很光滑，反面有明顯的裂痕和骨節。這是在用較低的切削速度，大的進刀量，切削中硬鋼材時得到的。

3. 流斷式切屑——切屑可以連綿很長，靠刀具的一面很光潔，反面有毛茸，看不出裂紋和骨節，這是在用高的切削速度，小的進刀量切削較軟的鋼材時得到的。

比較三種切屑可以知道碎斷式切屑最不好切屑的形成是瞬時的、不連續的、切削力大小很不穩定，因此有震動，而且表面光潔度比較低。

階段式切屑比碎斷式好些，但仍然有震動。流斷式切屑形成過程很平穩，沒有震動，因此表面光潔，而且表面比較高。但在高速切削時容易使工人受傷。

三、積屑瘤

在金屬切削過程中，車刀的前面，靠近切削刃處常常會產生積屑瘤。它是由加工材料形成，但組織和加工材料有區別，硬度能達到切削金屬的程度（圖10）。

積屑瘤有保護刀具的作用，當前角小於 30° 時它可以增大前角，防止車刀受熱而延長刀具的壽命。積屑瘤對工件表面有不良影響，使加工表面粗糙，因此對精加工不利，對粗加工有利。積屑瘤的出現，主要是在加工韌性金屬時，實驗證明積屑瘤不在很低的切削速度（每分鐘1—2公尺）或高速（高於每分鐘70—80公尺）時產生，通常在切削速度20—30公尺/分時產生得最多。增大前角研磨刀具前面及應用冷卻潤滑液都能使積屑瘤減小或消滅。

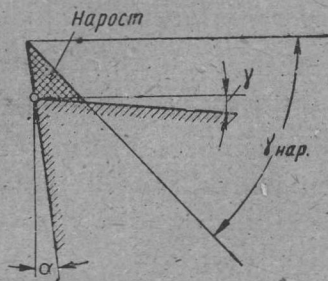


圖10 積屑瘤

四、加工硬化

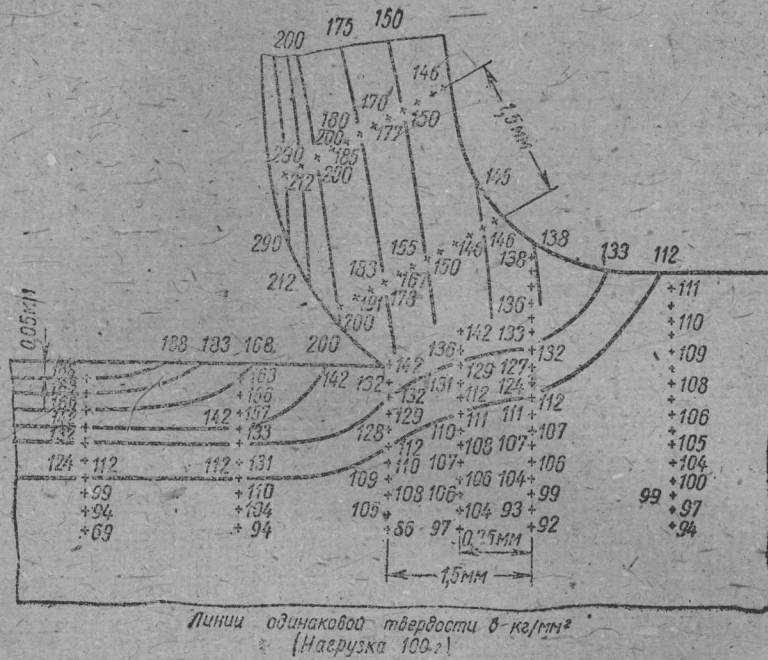


圖11 切削区域工件材料硬度分佈圖

金屬切削時不僅切屑發生變形，就是在工件的擠裂綫下；切削表面及已加工面上也是有變形的，由於材料的壓縮變形金屬表層發生硬化的現象，這表現在加工後表面的硬度大於原材料的硬度（1.5—2倍）。受加工硬化影響的區域見圖11。在精加工時如切深和進刀量過小時，刀刃將與硬化層劇烈摩擦，使刀具很快磨損，並影響加工表面的光潔度。切削速度和切刀的尖銳程度都影響硬化層深度（圖12）。

五、切屑的收縮

在刀具前面的作用下被切削的金屬塑性變形，並且在長度和厚度上改變尺寸；切下的切屑的長度變短，厚度變厚（寬度變化不大），這種現象稱為切屑收縮。

為了表示不同條件下切屑收縮的大小，採用收縮係數K來表示，K的定義如下：

$$\text{橫向收縮係數 } K_a = \frac{\text{切屑厚度}}{\text{切削層原始厚度}} ; \text{縱向收縮係數 } K_e = \frac{\text{切削層原始長度}}{\text{切屑長度}}$$

K_a 與 K_e 大致相等

收縮係數的大小往往體現被加工材料的塑性高度和切削過程的難易程度。影響收縮係數的因素很多主要是切削速度。

圖13 表示收縮係數和速度的關係，曲綫包括三個部份：

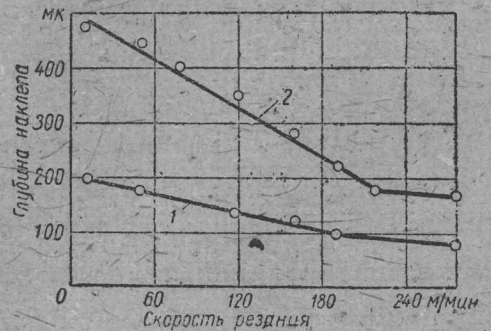


圖12 切削速度對加工硬化層深度的影響

1. 尖銳的切刀 2. 磨鈍的切刀

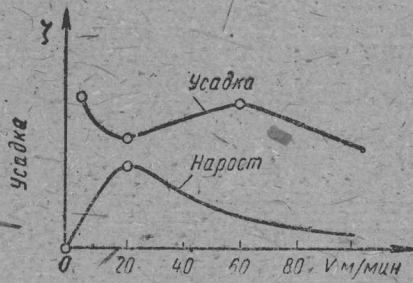


圖13 收縮系數和速度的關係

I. —— 隨着切速提高，積屑瘤增大，前角因而加大，使塑性變形程度減小，因而收縮系數減小。

II. —— 切速繼續提高，積屑瘤減少，前角改變，塑性變形程度及摩擦力增大因而收縮系數增加。

III. —— 積屑瘤幾乎消滅，但切速較高切屑來不及變形，收縮系數又變小。

增加前角和減小切屑厚度，採用潤滑冷卻劑和提高切速到60公尺/分以上都能使收縮系數減小。

六、切削力和切削功率

完成切削過程所需的力由下列二力組成(圖14)。

- ① 使被切下的金屬發生彈性及塑性變形的力。
- ② 用於克服切屑與車刀以及車刀與工件的摩擦力的力。

這個力的大小依加工材料的種類。如下切屑的大小，車刀的角度和其他因素而定。因為在空間的切削力可以分成各種不同方向的分力，所以從機床和刀具的使用和設計方面着眼，常把切削力分為三個分力 P_x 、 P_y 和 P_z (圖15)。

切向分力 P_z 和切削運動方向一致的力是最大和最重要的分力。它消耗機床大部分的動力根據它進行動力和強度計算或校核已有機床的動力是否足夠。軸向分力 P_x 和縱進方向一致的力，按照 P_x 之大小，可進行機床進刀機構連接部分強度的計算。

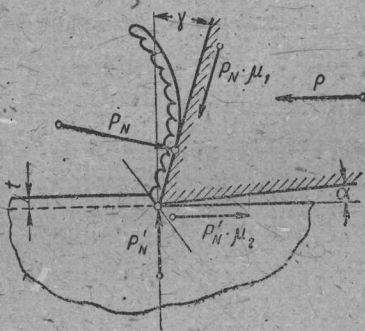


圖14 切削力的組成

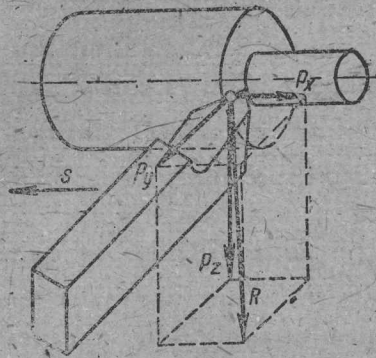


圖15 縱向車削時的切削力

徑向分力 P_y 和橫走刀方向一致的力。 P_y 過大會引起工件的彎曲，而車成凸肚形，所以加工細長工件時，為減小 P_y 的影響，必須使車刀的導角 φ 等於 90° 。

在一般情況下，三力的比例為：

$$P_z : P_y : P_x = 1 : 0.4 : 0.25$$

$$\begin{aligned} \text{則切削力 } P &= \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} \\ &= \sqrt{(0.25P_z)^2 + (0.4P_z)^2 + P_z^2} \\ &= \sqrt{1.22P_z^2} = 1.1P_z \approx P_z \end{aligned}$$

車削鋼材和鑄鐵時切削力可按下列經驗公式計算：

$$P_z = A \cdot K$$

A与S及t有关，K随被加工材料而改变，可查閱附表。

已知切削力Pz大小时可計算切削功率：

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \times 102} \text{ (仟瓦)}$$

Pz—切向分力 (公斤)

V—切削速度 (公尺/分)

Px消耗功率僅为Pz的1—2%，所以略去不計。

Py消耗功率等于零。

七、切削热及刀具上温度的分布

切削热是切削过程中主要現象之一，它影响刀具的切削性能，限制切削速度的提高，同时影响另件的加工精度，因之研究切削热是進一步研究刀具磨損，刀具寿命与高速切削的基础。

① 切削热的來源——切削过程中有99.9%的切削功能都轉为与之相当的热量。热的產生是由下述变形和摩擦的結果：

Q₁——材料的彈性变形功轉化的热。

Q₂——材料的塑性变形功 (圖16上1) 轉化的热。

Q₃——刀具前面和切下切屑間摩擦所消耗的功 (圖16上2) 和刀具后面和切削表面間摩擦所消耗的功 (圖16上3) 轉化的热。產生的总热量可用下式表示

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

加工韌性金屬时 (如鋼) 絕大部分的热量，是由于材料的塑性变形功轉化而來，可佔总热量的80%；而加工脆性金屬 (如鑄鐵) 时，絕大部分的热量是由于外部机械摩擦的結果。

② 热的傳導

切削时產生的热量由切屑、刀具、工件和空气中傳出。其中：

Q_c——切屑所傳出的热量，佔总热量的75%左右，所以切屑的温度很高，特別在高速切削的时候。

Q_u——刀具所傳出的热量佔总热量的20%

Q_g——工件所傳出的热量佔总热量的4%

Q_o——空气所傳出的热量佔总热量的1%

③ 刀具上温度的分布

刀具因温度的升高，它的硬度和耐磨性就降低，也就是說它的磨損也要愈快。因此研究刀具上温度分布的情况有很大的实用意义。根据A·M·达尼耶良教授的實驗，刀尖附近的温度最高；前面比后面的温度高；在前面上的温度是离切削刃不远的地方最高；而在后面是接近切削刃的地方最高。刀具上温度分佈用热电偶法測得 (圖16)。

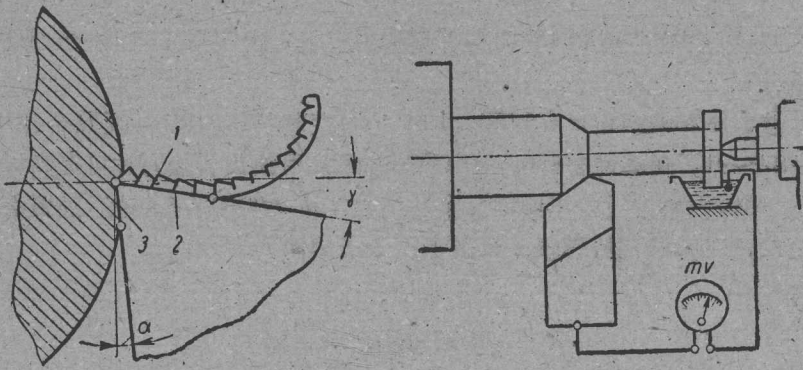


圖16 热电偶法示意圖

八、刀具材料

对刀具材料的要求：

- ① 硬度高，即比加工工件的硬度要高。
- ② 热硬性高，即在高温工作条件下仍能保証刀具材料的切削性能。
- ③ 足够的强度与韧性，以承受切削力和冲击。
- ④ 高度的耐磨性。

刀具材料的种类：

常用的刀具材料有①碳素工具鋼②合金鋼③高速鋼④硬質合金⑤陶瓷

① 碳素工具鋼

含碳量由0.75—1.5%，經過淬火后，碳素工具鋼的硬度可达

$$HRC=62\sim65$$

它的缺點是抗热的能力很差，当加热到250—300°C时它就丧失了硬度，因此不能再切削。近來僅用它制造切削速度不大的手动工具（如手絲錐板牙）。

常用的牌号：在苏联是Y10_A和Y12_A相当我國的T10_AT12_A（A表示优質）。

② 合金工具鋼

和碳素工具鋼的区别，是在化学成分方面加有合金元素：鉻錳及其他元素，或增加錫和錳的含量。

合金工具鋼含碳量0.9—1.1%，經過淬火后它的硬度可达到HRC=62—65，耐热性比碳素工具鋼好，可达350—400°C。

合金鋼9Cr Si（鉻、矽）特别是Cr W Mn鉻錳錳有很宝贵的性質，它在热处理时变形很小，因此可以用它制造形狀比較細長和复雜的刀具如拉刀、鑽头、鉸刀等。

③ 高速鋼

合金鋼中鉻錳含量数多的鋼称为高速鋼，含錳9—18%，含鉻3.6—4.6%，含钒0.2—2.6%和含鉬0.3—0.6%。

高速度鋼的特點在于具有較高的耐磨性和热硬性，也就是說能在500—600°C时保持硬度和切削性能。淬火及回火处理后硬度可达HRC=62—65。

用高速鋼制成的刀具切削时的速度平均可达碳鋼刀具的2—3倍热处理变形也小，为目前工厂中常用刀具材料之一。

目前常用的高速鋼牌號是：蘇聯P18 (9n262) 及P9我國W18Cr4V及W9Cr4V，含鎳量分別為18%及9%。P9W9Cr4V的熱處理過程要求嚴格，但因含鎳量較少故應用較廣。

④ 硬質合金

是將鎢、鈦、鈷和碳的粉末在1450—1500°C溫度時燒結而成。硬質合金具有很高的硬度，達HRC=87~91。耐熱性在850—1000°C，因此用硬質合金刀片可提高切削速度，相當於高速鋼的4—10倍或更多（高速切削）個別情況下可達3000公尺/分。硬質合金的特徵是性脆，抗彎強度低，熱傳導和熱膨脹係數很小，因此容易開裂。

硬質合金分為二類

鎢鈷類 (BK) —— 為碳化鎢 (WC) 和碳化鈷在鈷 (Co) 中的固溶體所組成，用以切鑄鐵，因為它的韌性和抗彎強度都比下面的鈦鈷類好。常用牌號為BK₃，BK₆，BK₈，前者用於精加工，後者用於粗加工。

字母B表示WC K表示Co，右下角數字為其含量的百分數。例如BK₈，表示該合金中含Co如8%其餘92%為WC

鈦鈷類 (TK) —— 為碳化鈦TiC，碳化鎢WC和二者在鈷中的固溶體所組成，用以切鋼料。常用牌號為T₅K₁₀，T₁₅K₆，T₃₀K₄前者用於粗加工，後者用於精加工。

字母T指TiC，K指Co，右下角數字表示其含量百分數，其餘為WC之含量。例如T₁₅K₆表示含15%的TiC6%的Co其餘79%為WC。

硬質合金中增加鈦的作用是提高硬質合金的耐熱性和耐蝕性，並略增加它的硬度，鈷在硬質合金中的作用是將鎢和鈦的碳化物粘結起來，同時也使硬質合金有一定程度的強度和韌性。

⑤ 陶瓷：

自1953年開始，蘇聯陶瓷專家和切削刀具專家共同研究發明了用燒結鋼玉來做刀具切削部分材料。陶瓷刀具主要部分為Al₂O₃，又叫燒結鋼玉，硬度可達Rc=86—92，能耐1200°高溫，因之切削速度比硬質合金還高。這種材料價值低廉，僅為硬質合金的十五分之一，但性脆，抗彎強度低，過去只能用於精車工作，但現在已能擔任粗車工作已在全國各地開始推廣使用。

九、潤滑——冷卻劑的使用

在實際生產中，為了改善切削條件提高切削效率，常常使用潤滑——冷卻劑，它可以提高表面光潔度，減少刀具磨損，提高切削速度，因為潤滑冷卻劑本身能吸收大量熱量，減低刀具的溫度，並且可以減少切屑和刀具以及工件和刀具間的摩擦加工鑄鐵時一般不用潤滑冷卻劑，因為效果很小。

潤滑——冷卻劑一般可以分為二大類①主要起冷卻作用的。②主要起潤滑作用的。

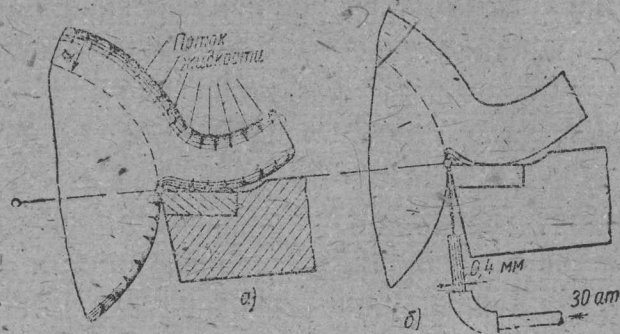
屬於第一類的有：水、水溶劑、乳化油、這種液體比熱大流動性大（傳熱較好）可以吸收大量的熱量。使用這種潤滑——冷卻劑的主要目的是冷卻刀具，提高切削速度（25—40%）一般用於粗加工，用水作潤滑冷卻劑時機床工件容易生銹，為了保護起見常在水中加入少許蘇打，做成蘇打水溶劑。

所謂乳化油就是把肥皂和有機酸溶在礦物油中，成膠狀溶液然後和水混合起來。乳化油

冷却和潤滑的作用都很好。

属于第二类的潤滑冷却剂有：植物油、礦物油、动物油及混合油等，这种液体比热小，流动性差，因此冷却刀具的作用不大，但潤滑性好，故能提高表面光潔度，因此一般用于精加工。

实际应用上最好在以上二类潤滑冷却剂中加入化学活动剂（硫磺等），做成硫化乳化油及硫化切削油，以提高潤滑作用。圖17表示潤滑冷却剂的使用方法。



a) 噴在切屑上 b) 用高压力噴到切削区中
圖17 表示潤滑冷却剂的使用方法。

十、刀具的磨損与刀具寿命

在切削过程中，刀具是要磨損的（变鈍）。

刀具的磨損不僅是因为机械的磨耗，如刀刃变圓碎裂等，并且因为受热而降低它的硬度。在切削速度小的时候，热量產生得不大刀具磨損得相当慢而均匀；在切削速度高的时候產生大量的热，刀具磨損得較快，并且由于磨損程度的增加最后刀刃崩裂而终止工作。不要在切削刃完全磨損以后才去磨刀，否則在磨刀时就要磨去較多的金屬。

刀具磨鈍时，碳素鋼（包括高速鋼）表現在刀刃的磨圓上，随着切削功率也急剧提高；硬質合金刀具表現在切削刃破裂和在已加工面上出現光亮的帶狀表面。

刀刃的磨損發生在前面和后面，而刀具的磨損限度是以后面的磨耗量 h_2 为标准的（圖18），刀具磨損到 h_2 值后即進行磨刀。 h_2 值是和刀具材料及工作情况有关的。用高速鋼刀具，使用潤滑冷却剂，对可鍛鑄鐵、鑄鋼、鋼材等進行車外圓、切槽、搪孔等工作时 $h_2 = 1.5 \sim 2$ 公厘，在不用潤滑冷却剂進行工作时 $h_2 = 0.3 \sim 0.5$ 公厘，对鑄鐵粗加工时 $h_2 = 3 \sim 4$ 公厘，精加工时 $h_2 = 1.5 \sim 2$ 公厘。对于硬質合金刀具，允許的磨耗量較小，如車鋼时，由于送進量不同， $h_2 = 0.4 \sim 1$ 公厘，車鑄鐵时由于送進量不同， $h_2 = 0.8 \sim 1.7$ 公厘。

刀具寿命——二次刃磨之間的刀具延續切削時間。用T表示。

刀具寿命是在决定了磨損限度以后而產生的定义。因为只有先决定了磨損限度，才能在一定切削条件下，确定刀具寿命。但必須注意磨損限度决定后，刀具寿命的具体数值并未确定，可根据具体情况來选择。刀具寿命与許多因素有关，如刀具材料，工件材料，進刀量……等，但对刀具寿命影响最大的却是切削速度，不同的

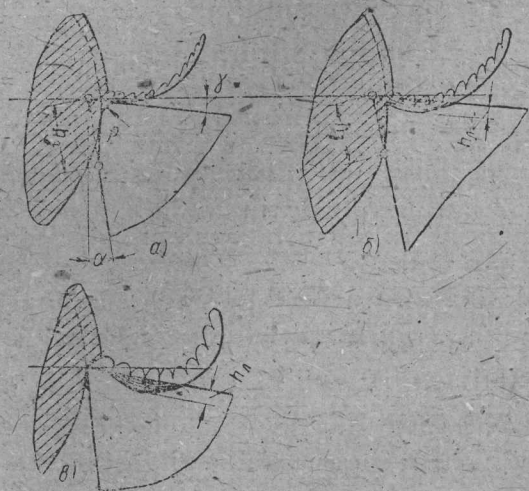


圖18 磨損的基本型式

切削速度得到不同的刀具寿命。

根据研究结果，切削速度与刀具寿命的关系如下：

$$V = \frac{C}{T^m}$$

V —切削速度 (公尺/分)
 C —与加工材料, 切深、走刀量、刀具材料, 刀具几何形状等有关的常数。
 T —刀具寿命 (分)

m —有关刀具寿命的指数, 在0.1—0.9之间因加工材料, 切深, 走刀量……等因素而改变。切削速度略有变化时刀具寿命变动很大。如 $V=30$ 时 $T=40$, $V=25$ 时 $T=150$ 。

刀具寿命不能任意选取, 应由最经济条件出发, 刀具寿命选得太长时切速很低机械加工的时间就会拖得很长。刀具寿命选得太短时, 切速虽高但刀具需要经常更换和刃磨, 也要影响生产率并使磨刀费用及刀具消耗增加。一定的切削条件都有最经济的刀具寿命数值。一般高速钢车刀 $T=60$ 分, 硬质合金车刀 $T=90$ 分。刀具愈复杂, 刀具寿命就愈高, 铣刀的寿命就比车刀高得多。

根据最经济的刀具寿命数值决定切削速度。

在许多切削加工的手册中根据加工材料、刀具材料、 t 、 S 、 T ……等可直接查出 V 的数值。

§3. 刀具几何参数的合理选择

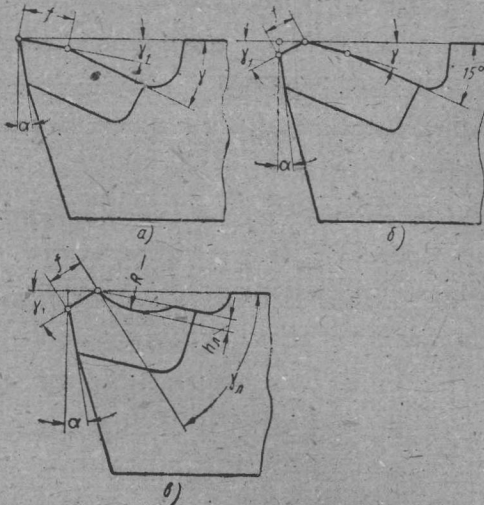


圖19 切刀前面的形状

一、前面形状的种类和选择原则

第一种分法：①曲面型②平面型

1. 曲面型——前面是一个圆弧面，它的作用是使切屑滑过前面时卷曲成卷。加工软韧材料时（如钢）必须使切屑打卷，否则产生带状的切屑，对操作者说来很容易发生危险。

在高速钢刀具上容易把前面磨成曲面，硬质合金刀具就困难得多，在电磨刀法出现后，这个问题已经解决了。

曲面的圆弧半径为2—5公厘，宽为2—3公厘。（圖19b）

2. 平面型——前面是一个平面，它的优点是刃磨简单，缺点是加工软韧材料时不能卷屑。加工硬脆材料（如铸铁）时采用（圖19a, c）。

第二种分法①带倒棱的前面②不带倒棱的前面。

带倒棱的前面：

倒棱的宽度等于 $(0.8—2) S$ ，角度（与基面）为 $0^{\circ}—15^{\circ}$ 此时切屑仍沿前面流出，故不改变刀具原来的前角数值。它的主要作用是加强刀刃强度。一般在粗加工时采用。

二、前角的选择

前角的合理选择首先根据加工材料的性质，其次是刀具材料，最后是其他的加工情况。

前角加大时，可以减小切削时切屑的变形，因而减低了切削力和摩擦力，动力消耗也因之减小，但前角加大时刀刃变弱传热不易，刀具寿命因此下降。所以前角的数值不能太小也不能太大。

切削塑性材料时，切屑沿前面流动，切屑与前面间有很大的压力和摩擦力，切屑本身的变形也较大。因此为了减少切屑变形和刀具磨损，应取较大的前角。切削脆性材料时得出的是碎断式切屑，变形不大，并不沿前面流动，取大的前角，变形并不能减少得很多，反而使刀刃变弱。因此为了保护刀刃起见在切削脆性材料时所用的前角比切削塑性材料时应小一些。

其次，在选择前角时必须考虑的一个次要因素就是刀具材料：高速钢、合金工具钢，碳素工具钢等刀具材料的抗弯强度和抗压强度差不多，因此，用这些材料制造成的刀具可以用较大的前角。这时刀具受到切削力后内部产生弯曲应力。硬质合金和陶瓷的抗弯能力比前几种刀具材料小3—8倍。因此不能用大的前角。但它们的抗压强度却小不了多少，因此

切削时应采用较小的前角。当加工材料强度很大时应采用负前角，这样刀具完全承受压缩应力。

除了加工材料和刀具材料外，选择前角时还应当考虑加工情况，精加工时前角较小；粗加工时，前角较大：机床工件和刀具等刚度不够时容易产生震动，这时前角应取小些，以保护刀刃及刀尖。

三、后角的选择

后角的主要功用为减少刀具与工件间的摩擦。

后角数值应按切削厚度 a 来选择， a 愈小，后角愈大，其数值由 4° — 30° 不等，一般常用的是 8° — 12° 但后角不能取得太大，后角太大时刀刃变弱，散热不易，寿命会下降。

四、主偏角 φ 的选择

φ 角愈小，则刀具寿命愈高，原因是刀尖的强度增加了，刀刃与工件的接触长度（即切削宽度 b ）也增加，因此热分佈及传导情况改善。

φ 小时， P_y 增大，此时工件受力增大，可能为弯曲过度而影响精确度，也可能引起振动，因此 φ 角不能太小。

因此选择 φ 角的原则如下：在机床工件夹具刚度所允许的范围內 φ 角取得愈小愈好。

一般常用的 φ 角在 30° — 75° 之間， 45° 用得最多。切削细长工件时 φ 角可以取 90° 。

五、付偏角 φ_1 的选择

付偏角 φ_1 的功用主要是减少付刀刃和工件已加工表面間的摩擦，同时它的大小也影响工件表面光洁度与刀具寿命。

付偏角 φ_1 愈小则刀尖角增大，刀尖传热较好，刀具寿命增加，但 φ_1 太小时付后面与工件摩擦增加，寿命反而会降低。 φ_1 角以 5° — 10° 为最好。 φ_1 愈小时光洁度愈好，硬合金车刀性脆怕振，与 φ 角一样， φ_1 愈小时 P_y 愈大，容易引起振动，故取较大的 φ_1 角（ 30° — 45° ）。

六、付后角 α_1 的选择

付后角用来减少付后面与已加工表面間的摩擦的，一般 8° — 10°

七、刃倾角 λ 的选择

刃倾角 λ 的作用：

- ① 控制切屑流出的方向。

② 增加刀刃的強度。

③ 使切屑刃最初切入工件時，逐漸切入。

λ 不同時切屑流出方向不同，精加工時為了不使切屑碰傷已加工表面故取負 λ 角；粗加工時為了增加刀刃故取正 λ 角。實驗證明：車刀 λ 角由 -6° 增加至 $+3^\circ$ 時，刀具壽命可提高一些，但太大時壽命也會下降。

切削不連續表面時，因為有沖擊， λ 角取大些。

硬質合金車刀怕沖擊 λ 角較高速鋼大些。

八、刀尖圓角半徑 r

有了圓角半徑 r 刀具壽命可以提高，並且可以得出較好的表面光潔度。對壽命和光潔度來說圓角半徑 r 愈大愈好，但 r 愈大時 P_y 愈大，因此 r 的大小應有一定限度，硬質合金刀怕振動 P_y 不能大， r 應更小些。

高速鋼車刀 $r=0.5-5$ 公厘

硬質合金車刀 $r=0.5-2$ 公厘

精車時取大值，粗車時取小值。

九、車刀舉例

下面介紹蘇聯斯達哈諾夫工作者科列索夫的車刀。科列索夫車刀的特點是以反切削的形式進行車削，圖20是正反切削示意圖。正切削時 $t > s$ ， $\phi_1 > 0$ 。反切削時則 $t = a$ $b = s$ ， $\phi_1 = 0$ 。

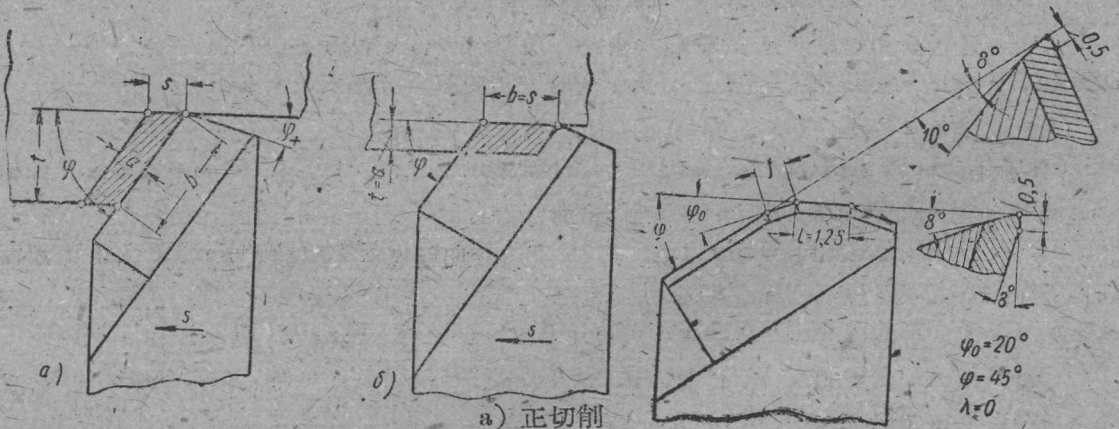


圖20 正反切削示意圖 (a) 正切削 (b) 反切削

圖21 正科列索夫車刀

科列索夫車刀的主要特點是具有三個切削刃， $\phi=45^\circ$ $\phi_0=20^\circ$ 及 $\phi_1=0^\circ$ 的切削刃。 $\phi_1=0^\circ$ 的切削刃和工條中心線平行，其長度 $l=1.25s$ 。在這樣的車刀幾何形態下能將過去精加工時的走刀量由 $0.25-0.65$ 公厘/轉提高到 5 公厘/轉以上，還能得到W5—W6的表面光潔度，為了提高刀刃強度在 $\phi=45^\circ$ 及 $\phi_0=0^\circ$ 的切削刃上磨出倒稜。使用科列索夫車刀車削時，工件需要較好的剛度（圖21）。

§4. 切削用量的選擇

切削用量的選擇就是在不同加工條件下決定最合理的吃刀深度 t ，走刀量 S ，切削速度 V 。

要使切削加工時間最短，可以增大 t ， S ，和 V 但它們的增大受到刀具壽命的限制。 t ， S ， V 三者之間是存在着內在的連系，在一定刀具壽命的條件下增大其中一個就必須減小其餘一