

中等专业学校試用教科书

# 金屬切削原理与切削工具

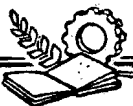
下 册

齐恕安 裘惠孚 李云芳 廖上光 薄 宵合編



中国工业出版社

中等专业学校試用教科书



# 金屬切削原理与切削工具

下 册

齐恕安 裘惠孚 李云芳  
廖上光 薄 宵  
合 編

中国工业出版社

本书根据齐恕安、裘惠学、李云芳、廖上光、薄宵等同志编写的《金属切削原理与切削工具》一书及1959年机器制造专业教学大纲修订而成。1961年3月在北京召开的中等专业学校教材会议推荐为中等专业学校机器制造专业试用教科书。

本书内容包括铰刀设计、拉削过程、拉刀设计与计算、铣削过程、铣刀的計算与設計、切削螺紋的过程、切螺絲工具的計算和設計、切削齿輪的过程、切齿刀具的計算与設計、組合刀具、磨削工具、磨削、刀具的翻新、改善刀具切削部分和切削刃光加工等十四章。本次修订中力求反映大跃进以来我国在本門科学方面的先进成就并介绍苏联最近一些先进技术資料。

参加本次修订工作的有李云芳、齐恕安、裘惠学、廖上光四位同志。

## 金属切削原理与切削工具

### 下 册

齐恕安、裘惠学、李云芳、廖上光、薄 宵 合編

中国工业出版社出版（北京东黄城根10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

机工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

\*

开本 850×1168  $\frac{1}{32}$ ·印張 9  $\frac{5}{8}$ ·字數 239,000

1961年9月北京第一版·1961年9月北京第一次印刷

印數 00,001—22,037·定价(9-4)1.10元

統一書号: 15165·885(一机-197)

## 目 次

第十五章	铰刀的計算与設計 .....	5
第十六章	拉削的过程 .....	18
第十七章	拉刀的設計与計算 .....	27
第十八章	銑削的过程 .....	53
第十九章	銑刀的計算与設計 .....	85
第二十章	切削螺紋的过程 .....	119
第二十一章	切螺絲工具的計算和設計 .....	137
第二十二章	切削齒輪的过程 .....	175
第二十三章	切齒刀具的計算和設計 .....	191
第二十四章	組合刀具 .....	247
第二十五章	磨削工具 .....	254
第二十六章	磨削 .....	268
第二十七章	刀具的翻新 .....	284
第二十八章	改善刀具切削部分和切削刃光加工的方法 .....	291
后記	.....	308



# 第十五章 銑刀的計算与設計

## 1 銑刀的分类

銑刀可以根据:

1. 使用方式分类: (a) 手用銑刀; (b) 机用銑刀。
2. 装卡的构造分类: (a) 带柄銑刀; (b) 套装銑刀。
3. 銑刀本身构造分类: (a) 整料銑刀 (以及焊接銑刀); (b) 鑲齿銑刀。
4. 調整尺寸的情况分类: (a) 非調整銑刀——它的尺寸不能調整; (b) 各种可調整的銑刀。
5. 加工的形式分类: (a) 柱形銑刀; (b) 錐形銑刀。

## 2 銑刀的主要結構部分

銑刀的构成部分:  $D$ ——銑刀直徑;  $Z$ ——齿數; 銑刀齿不均匀分布的情况; 齿間槽和刀齿的截形; 倒錐体; 銑刀装卡部分 (柄部与方头等); 銑刀的总长度  $L$ 。

**銑刀直徑** 确定銑刀直徑时需要考虑:

(1) 扩大量。因为銑过的孔, 总比銑刀本身直徑大。

(2) 磨耗儲量——銑刀直徑的磨耗儲量。

(3) 制造銑刀的公差。

銑刀直徑的公差如图 15-1 所示。图中  $A$  为孔的公差,  $CD$  为

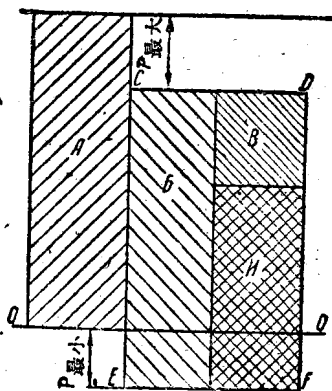


图 15-1 銑刀直徑的公差。

鉸刀直徑的上限， $EF$  為下限， $B$  為鉸刀直徑公差。為了使用長久起見，只取  $B$  為鉸刀製造公差，而取  $H$  為磨耗儲量。 $P_{最大}$  為最大擴大量， $P_{最小}$  為最小擴大量。各種公差可按表 15-1 選取。

鉸刀的直徑對加工孔有重大影響，因此校準部分的切削刃應當保持鋒銳，不應有毛邊、傷痕。因此使用鉸刀者，常常最後作一次研磨。ГОСТ 1523-54 里的鉸刀技術條件中列有帶有研磨余量的鉸刀尺寸，比所規定的尺寸大 0.005~0.02 毫米。

**齒數** 為了使鉸的孔光潔和形狀準確起見，鉸刀的齒數比較多。為便于用千分尺度量鉸刀直徑起見，鉸刀的齒數應選為偶數。表 15-2 所列數值僅適用於直齒鉸刀。根據被加工材料性質，也可按下式計算：對韌性金屬 齒數  $Z = 1.5\sqrt{D} + 2$ ；脆性金屬， $Z = 1.5\sqrt{D} + 4$ 。

表15-1 鉸刀直徑的公差

組成公差的部分	孔的精 度等級	鉸刀公稱直徑(毫米)							
		1~3	3~6	6~10	10~18	18~30	30~50	50~80	80~12
		公差大小 $\mu$							
$P_{最大}$	二級	5	7	9	10	12	14	16	18
	三級	7	9	11	12	14	16	18	20
製造公差 $B$	二級	5	8	10	10	10	15	15	20
	三級	10	12	15	15	15	20	20	25
$P_{最小}$		各種直徑均取為 5 $\mu$							

**刀齒在圓周上的分布** 為了得到光潔與精確的孔，鉸刀做成不等齒距（圖 15-2），分布情況見表 15-3。因為材料的不均勻性，在孔壁上有硬點，若鉸刀齒距一樣，則鉸孔時所有的刀齒都將依次地在這地方發生「彈讓」而產生周期的振動，在孔壁上切出較深的刀痕。將鉸刀做成不等齒距，每一刀齒不會重復地切到前一刀齒所切出的凹痕中去（圖 15-3），結果上述的誤差便會減少而得出較光潔而精確的孔。為了測量鉸刀直徑方便起見，每一

表15-2、 铰刀齿数

铰刀类型	铰刀直径 (毫米)				
	3~10	11~19	20~30	31~45	46~50
直槽手用铰刀	6	8	10	12	14
直槽机用铰刀	6	8	10	12	—
机用套装铰刀	—	—	10	10	14
镶齿有尾铰刀	—	—	6	8	10
镶齿套装铰刀	—	—	—	8	8
汽锅铰刀	—	—	—	4	—
手用压膜铰刀	6	8	8	10	12

对称的齿所对的圆心角彼此相等，即  $\overline{W}_1 = \overline{W}'_1$ ,  $\overline{W}_2 = \overline{W}'_2$ 。

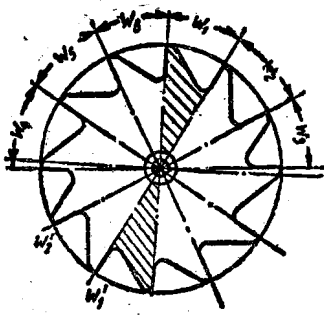


图15-2 铰刀刀齿不均匀的分布。

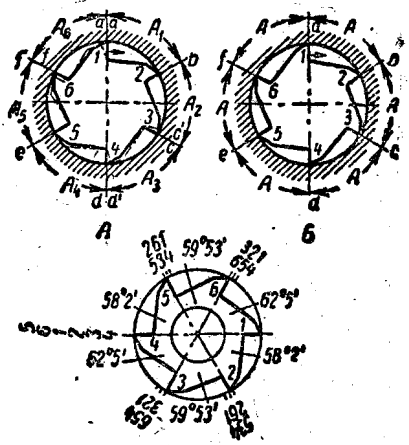


图15-3 不等齿距 (a) 与等齿距 (b) 铰刀的工作图形。

但是最近根据哈尔滨工业大学与哈尔滨量具刀具厂的试验，等齿距与不等齿距的铰刀对工件表面光洁度的影响并无差别。而且等齿距铰刀制造方便，且可避免因不等齿距铰刀的某些容屑沟过浅的缺点。因此认为机用铰刀不等齿距并不是必要的。这问题目前还有争论尚待继续研究后再作定论。

**倒锥** 为了减少铰刀对所加工孔壁的摩擦，将铰刀校准部分分为两段，靠近切削部分的一段为圆柱形，靠近尾部的一段作成



表15-3 鉸刀刀齿不均匀分布的情形

齿数	鉸刀刀齿的 $\bar{W}$ 角					
	$\bar{W}_1$	$\bar{W}_2$	$\bar{W}_3$	$\bar{W}_4$	$\bar{W}_5$	$\bar{W}_6$
4	87°55'	92°05'	—	—	—	—
6	58°02'	59°53'	62°5'	—	—	—
8	42°	44°	46°	48°	—	—
10	33°	34°30'	36°	37°30'	39°	—
12	27°30'	28°30'	29°30'	30°30'	31°30'	32°30'

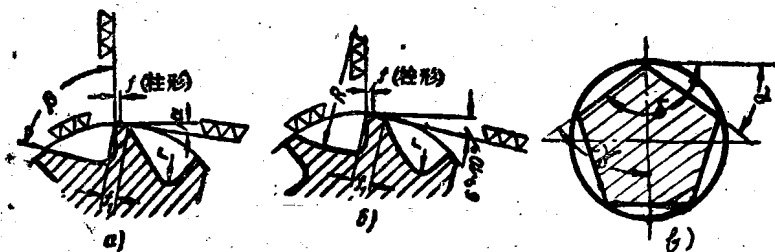


图15-4 用手鉸刀及机用鉸刀齿的形状。

直徑向尾部縮小的倒錐形。根据謝明欽科的資料，手用鉸刀直徑向尾部减小量为 0.008~0.005 毫米，固定装卡的机用鉸刀为 0.04~0.06 毫米。

**齿間槽的形式和刀齿的截形** 現在常用的鉸刀齿間槽多为直槽鉸刀，因为直槽鉸刀制造簡單，但也有螺旋槽的。

槽的形状，可用角度銑刀（图15-4 a），圓弧銑刀（图15-4 b）銑成。其尺寸見表15-4。装有硬质合金刀片的鉸刀的槽的形

表15-4 鉸刀齿槽槽形的尺寸

鉸刀直徑	齿数	$f_1$	$f$	$\beta$	$r$	鉸刀直徑	齿数	$f_1$	$f$	$\beta$	
3~4.5	6	0.25	0.12	85°	0.3	21~26	10	1.0	0.20	25	1.0
5~8	6	0.40	0.12	85°	0.3	27~30	10	1.2	0.20	25	1.0
9~10	6	0.70	0.15	90°	0.5	31~43	12	1.6	0.25	25	1.0
11~14	8	0.70	0.18	75°	0.5	44~59	14	1.9	0.25	25	1.0
15~20	8	0.90	0.18	80°	0.5	60~78	16	2.2	0.25	35	1.0
						79~100	18	2.5	0.30	35	1.0

状及尺寸，在表 15-5 及图 15-5 中表示出来。

直径在 2~3 毫米以内的铰刀不做成沟槽，而制成多边形的形状，如图 15-4 e 所示，它的棱角就构成切削刃。

**铰刀装卡部分** 手动铰刀有方头圆柄的（按 OCT/HKTM 112-39），机用铰刀有方头圆柄的或方头锥柄的。圆柄的直径比铰刀的直径  $D$  小 0.04~0.10 毫米。莫氏锥柄的尺寸按 OCT 2847-45 选

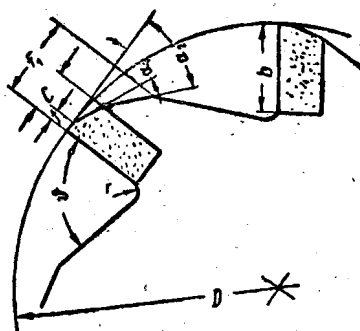


图15-5 硬质合金铰刀刀齿截形的各部分。

表15-5 硬质合金铰刀齿槽槽形的尺寸

$D$	$Z$	$f_1$	$C$	$b$	$\theta$	$f$	$d_1$	$d_2$	$r$
10	4	60	1.5	3.0	0.9	0.15~0.25	20	30	1.0
11	6	24	1.5	3.0	7.5	0.15~0.25	20	30	1.0
12	6	24	1.5	3.0	7.5	0.15~0.25	5	25	1.5
13	6	20	1.5	3.0	7.5	0.15~0.25	5	25	1.5
14	6	20	1.5	3.0	7.5	0.15~0.25	5	25	1.5
15	6	28	1.5	3.0	7.5	0.15~0.25	15	20	1.5
16	6	37	1.8	3.5	7.5	0.15~0.25	15	20	1.5
17	6	34	1.8	3.5	7.5	0.15~0.25	15	20	1.5
18	6	36	1.8	3.5	7.5	0.15~0.25	15	20	1.5
19	6	36	1.8	3.5	7.5	0.15~0.25	15	20	1.5
20	6	40	2.0	4.0	7.5	0.15~0.25	15	20	1.5
21	6	4.4	2.0	4.0	7.5	0.15~0.25	15	20	1.5
22	6	4.5	2.0	4.0	7.5	0.15~0.25	15	20	1.5
23	6	46	2.0	4.0	7.5	0.15~0.25	15	20	1.5
24	8	4.4	2.0	4.0	6.5	0.15~0.25	15	20	1.5
25	8	4.5	2.0	4.0	6.5	0.15~0.25	15	20	1.5
26	8	4.6	2.0	4.0	6.5	0.15~0.25	15	20	1.5
27	8	4.6	2.5	4.5	6.5	0.15~0.25	15	20	1.5
28	8	4.6	2.5	4.5	6.5	0.15~0.25	15	20	1.5
30	8	4.4	2.5	4.5	6.5	0.15~0.25	15	20	1.5
32	8	5.0	2.5	4.5	6.5	0.15~0.25	15	20	1.5

取。

銼刀工作部分長度及總長，通常按標準選取。總長度與孔的深度及銼刀裝卡方法有關。工作部分長度大時，引導好，但摩擦加劇。工作部分愈短，切削愈容易。通常為銼刀直徑的0.8~3倍。

### 3 各類型銼刀的特點與應用

(1) 手用銼刀 手用銼刀在工作時是借助於銼杠或搬手來使用的，手用銼刀通常用來加工直徑3~50毫米的孔。

手用圓柱整體銼刀(圖15-6a)的形狀與尺寸規定在ГОСТ 7722-55中。它的缺點是每次磨後，銼刀直徑易減小，以致很快就不能使用。

圓柱壓脹手用銼刀的構造(圖15-6b)在ГОСТ 3509-47中規定。在銼刀體里鑽有孔。孔的一端有螺絲，孔中有小球，調整螺絲時，因孔的中部有裂口，小球就張開孔壁，銼刀中部的直徑就脹大。直徑調整範圍並不太大：直徑等於6~10毫米的銼刀能脹大0.15毫米；而直徑等於30~50毫米的銼刀在0.5毫米以內。 $\phi 6 \sim \phi 10$ 的壓脹手銼刀，由於製造困難，成本較高，用得很少。

圓柱形可調整動脹手銼刀示於圖15-6c中。將刀條沿錐形槽推動就可使銼刀直徑放大。刀條用螺母夾緊着。這種銼刀直徑尺寸調整範圍可到0.5~3毫米。這種銼刀用於修理工作非常方便。它適用於孔徑為10~25毫米。再小的銼刀，製造困難，再大也不用手銼刀了。

錐形銼刀的標準有四類：(1)公制錐度的(OCT/HKTM 2514-39)；(2)莫氏錐度的(OCT/HKTM 2513-39)；(3)錐度為1:50的錐梢孔用的(ГОСТ 6312-52)；(4)錐度為1:30的孔用的(OCT/HKTM 2516-39)。

由於錐銼刀全部切削刃工作，而且缺少引導部分，所以前兩類銼刀做成了由三把或兩把組成的一組(圖15-7)。第一把銼刀

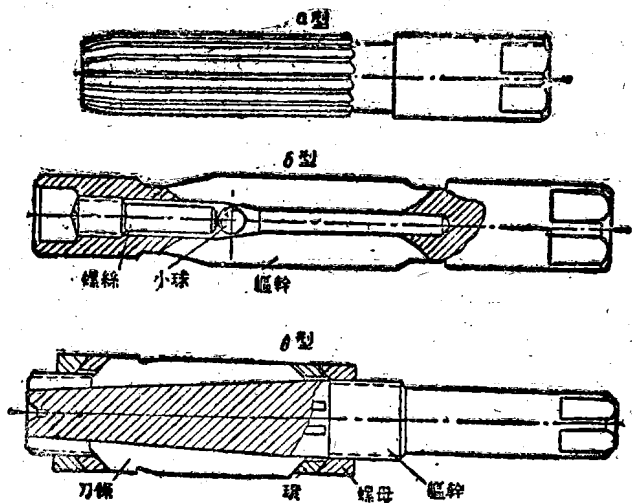


图15-6 手用鉸刀的类型:

a—整体的; b—服压的; B—張动的。

是粗鉸刀，为使工作容易，切削刃作成阶梯形，而且作有前角。

錐面上，作有鍍过齿的螺旋齿，其螺距为8~12毫米。第二把是中間的，有分屑槽。第三把是精鉸刀，用它得到最終的尺寸以及应有的表面光洁度，所以在刀齿上不能有任何槽。

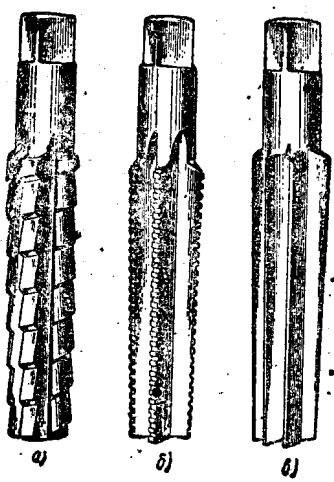


图15-7 錐形鉸刀。

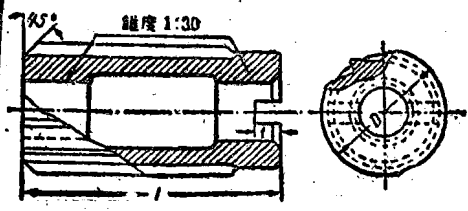


图15-8 套装圓柱机鉸刀。



图15-9 套装錐形机鉸刀。

(2) 机铰刀 机铰刀可分为固定的和可调整的，它们根据直径的尺寸可做成整体式或套装式的。

固定整体铰刀可分柱柄圆柱铰刀 (ГОСТ 1672-53)、方头圆柱铰刀 (OCT/HKTM 2518-39)、锥柄圆柱铰刀 (ГОСТ 1672-53)。这种铰刀的缺点是不能随磨耗的程度来调整直径。

固定套装铰刀有圆柱形和锥形的两种，它们普通用于直径在25毫米以上的孔的粗铰和精铰。套装铰刀比整体的便宜，且依靠用短的或长的刀杆，可以扩大它的应用范围，套装圆柱机铰刀 (图 15-8) 在 ГОСТ 1672-53 中规定。它的刀杆在 OCT/HKTH 3678 中规定。

图 15-9 所示的套装锥形铰刀已应用于大直径的锥孔上，图中左方所示的是粗铰刀，右中所示的是精铰刀。

可调整的机用铰刀的形式很多，目前国内各工具厂成批生产的大致有下列几种形式：

a) 镶有楔入齿纹刀片的镶齿机铰刀 (图15-10)。这种铰刀磨损后，增加直径的方法，是将刀片沿径向移出一个齿纹。这种铰刀的结构简单，工作可靠，但调整不方便。

6) 刀片用套筒及螺丝装卡的镶齿机铰刀 (图15-11)。这种

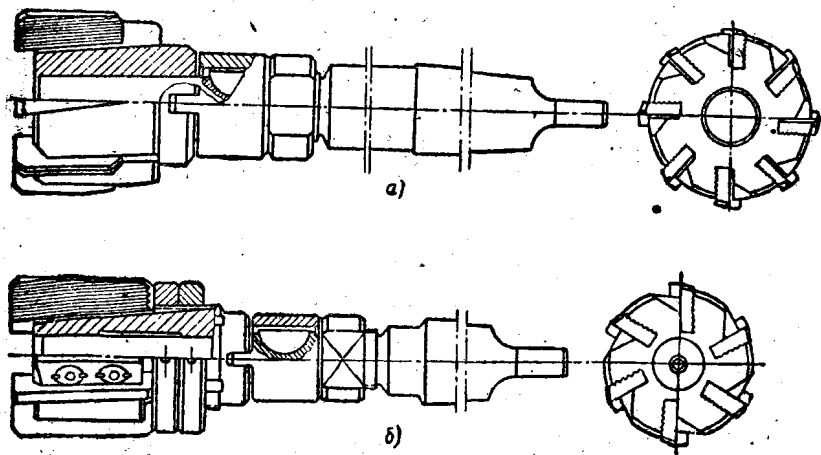


图15-10 镶有楔入齿纹刀片的镶齿机铰刀。

鉸刀制造較簡單。刀條以端面靠住調整環。因槽底與鉸刀軸綫斜成 $5^\circ$ ，故將刀條沿斜槽向前移動就能增大鉸刀直徑。一般使用這種鉸刀在調整後還須重磨直徑。

上述兩種可調整形機用鉸刀，都有以下缺點：

(1) 由於刀體結構尺寸受到剛度要求與地位的限制，不可能制作很小直徑的鉸刀。最小直徑目前僅做到25毫米。

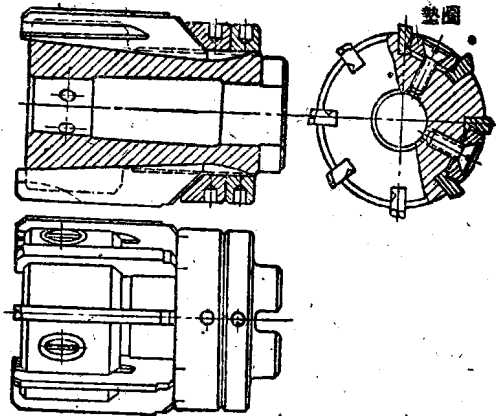


图15-11 刀片用套筒及螺絲裝卡的鑼片機鉸刀。

(2) 調整尺寸不方便。

(3) 能調整的尺寸範圍小，一般不大於2毫米。

(4) 鉸刀不帶浮動機構，一般須裝在特制的浮動夾持套中使用，以保持鉸刀工作平穩。

最近上海工具廠設計的可調節浮動機鉸刀基本上可克服上述缺點。可調節浮動機用鉸刀(圖15-12)由刀片和刀體兩部分組成，大小規格的鉸刀都只有兩個刀齒。在刀體上裝有一對微動螺母，並帶有微分刻度，調節尺寸時只要旋動微動螺帽。微動螺帽通過銷釘推動楔形鍵前後移動，就可以調節到所需尺寸。尺寸可

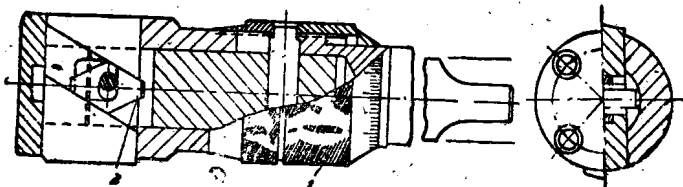


图15-12 可調節浮動機鉸刀。

由游标刻度得到严格控制。此外在棱形键上作了一个横向腰孔，这样使刀片在切削力的作用下，在由端盖和主体构成的严格定位的槽中滑动，使得刀片在工作时得到浮动。这种铰刀有下列优点：

(1) 刀片在工作过程中能浮动，工作平稳，因而能保证较高的铰孔光洁度和精度。

(2) 减少了刀齿，因而能制造较小尺寸的铰刀，目前生产的规格为 12.5~102 毫米。

(3) 棱形键可做较陡的调整角，有较大的调整范围 (1~10 毫米)。

(4) 结构简单，制造容易，刃磨、调整也都方便。

镶有硬质合金刀片的机铰刀在构造上与前面讨论过的各种铰刀没有多大区别。

镶硬质合金刀片的铰刀，为了保证有足够的强度以及简化制造技术而做成齿数较少的一种式样。这种铰刀可做成有柄整体的或套装式的。整体式的有许多缺点限制了它的使用。其中主要的缺点是：

(1) 由于磨损而使尺寸减小，没有调整它的可能性。

(2) 焊接困难，且焊接时刀片有变动位置的可能，产生不同的刃磨加工余量，使工序复杂化。

(3) 硬质合金消耗大。

图 15-13 所示的是直径由 10 到 32 毫米的整体铰刀。图 15-14 所示的则是直径由 25 到 50 毫米的套装铰刀。

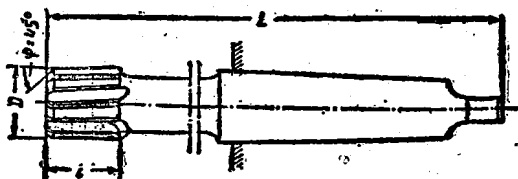


图15-13 焊有硬质合金刀片的整体铰刀。

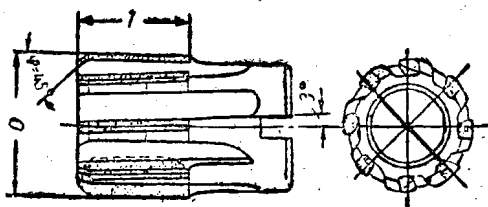


图15-14 焊有硬质合金刀片的套装铰刀。

#### 4 銑刀的新結構

近代的机械制造，在钻孔之后，往往要經過總孔、粗銑孔和精銑孔等步驟。这样不仅要具备好几把刀具，而且阻碍了生产率的提高。目前已試驗有效的是阶梯形銑刀。

图 15-15 是普通銑刀与阶梯形銑刀的外形比較。阶梯形銑刀的齿数少，只有 4~6 齿。齿在圓周上均匀分布。銑刀直径是阶梯式的，第一段为圓錐  $l_1$ ，长 2 毫米，与銑刀軸心成  $45^\circ$  角。这部分的刃齿形如總钻， $\alpha = 10^\circ$ ，工作部分的第二和第三段  $l_2$  及  $l_3$ ，

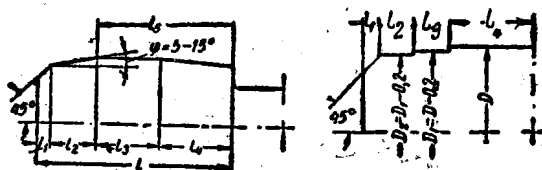


图 15-15 普通銑刀与阶梯形銑刀的外形比較。

寬 2~4 毫米（由銑刀大小決定），直径比銑刀名义直径小 0.4 与 0.2 毫米。沒有倒錐。

阶梯形銑刀的优点：

1) 一般銑刀余量有一定限制，約为 0.1~0.15 毫米，而阶梯形銑刀有两个环形段，可切削 1 毫米或更多的裕量，这就可以在钻孔后直接銑孔，不需總钻与粗銑刀。

2) 环形段在切削过程中，保証銑刀有更好的导向作用，提高它在銑孔时的稳定性。

3) 在銑刀的軸心上沒有可变的切削力，保証銑刀能沿軸向正确地移动。

4) 銑刀各齿平均工作，沒有跳动。沟槽少，切屑可自由排出。上海机床厂推广了阶梯形銑刀，效果很好。

#### 5 銑刀的刃磨

銑刀为精密的刀具，对它的刃磨有特殊的要求。銑刀切削刃



的光洁度不能低于8~9级,要先磨前面,再磨后面。刃磨是用万能工具磨床。

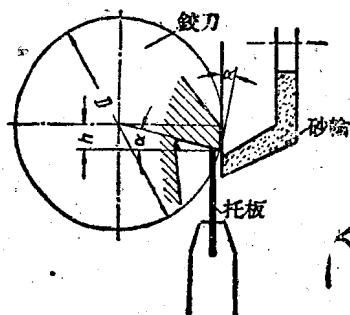


图15-16 磨铰刀后面的情形。

磨时用細顆粒砂輪。前面刃磨过的铰刀,应在外圆磨床上磨削外径,在磨时不应有椭圆差、锥体差和振动现象。铰刀磨削外

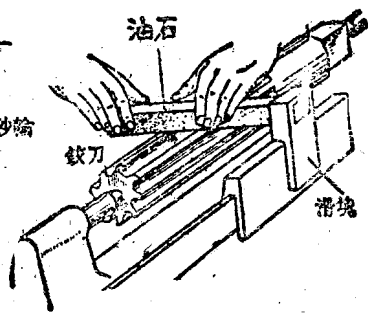


图15-17 铰刀刃磨图。

径后,再刃磨后面。图15-16所示,为刃磨铰刀后面的安装图。为了得到后角 $\alpha$ ,铰刀刀尖比中心应低如下的高度:

$$h = \frac{D}{2} \sin \alpha。$$

刃磨高速钢铰刀,选用粒度80、硬度为 $ZR_1 \sim ZR_2$ 的白刚玉砂輪。若铰刀装有硬质合金刀片,則須用粒度为46~60,硬度为 $R_3 \sim ZR_1$ 的綠碳化硅砂輪。

铰刀刃磨后还須研磨,研磨是用油石进行的,也可在专用的研磨机上进行。用手研磨的质量完全决定于工人的手艺。在虎钳上进行铰刀研磨需要很多时间,也不能保证好的效果。图15-17所示的手研机能使研磨稍稍机械化。滑块支持油石,油石控制铰刀的刀齿。这个滑块应以其自身的位置来保证油石和铰刀齿倾斜