

機械工作法叢書

銑切工作法

克萊茵著 王國章譯



学(北京)

科學技術出版社·1952

出版者的話

本書由德國機械工廠叢書(Werkstattbücher)的銑切工作法一書譯出。是把銑切工作的方法、使用的機器、工具、夾具以及銑工工時計算方法等加以簡明介紹；主要偏重於實際操作，至於銑切工作上的理論，只在重要問題必須用理論來說明時才加以引用。書內列舉的工作舉例和數值表；可作實際工作中的參考資料。

本書可作現場技術員工的參考書。

本書根據德國 H. H. Klein 著 'Das Fräsen' (Verlag von Julius Springer 1948年第二版)一書譯出

* * *

著者：克萊茵 譯者：王國章 文字編輯：蔣 樞 責任校對：應鴻祥

1952年7月發排(新華) 1952年11月付印(科技) 1952年11月初版
書號0097-1-06 31×43¹/₂₅ 52印刷頁 1—3,000 定價6,800元(乙)
科學技術出版社(北京盔甲廠17號)出版 中國圖書發行公司總經售

校 正 表

書 名：

第幾頁	第幾行	錯 誤 的 字 句	應 改 成 怎 樣 的 字 句?
讀 者 意 見			

讀者姓名	服務機關	職 別	
詳細住址			

請填詳細住址，以便經常聯系并寄贈本社之圖書目錄。

北京崇文門內葢甲廠17號

科學技術出版社 收

郵寄
意見表
總付表

寄 月 日

目 次

一 銑切方法和各種銑切工作的應用	1
1 銑平面	1
1 滾銑——2 立銑	
2 銑槽子和銑型面	9
3 用型銑刀或聯裝銑刀施工——4 靠模銑法——5 長槽的銑法和長孔銑床——	
6 利用特種設備的銑型法	
3 銑螺旋紋	24
7 用螺旋銑刀銑短螺旋紋——8 用片銑刀銑長螺旋紋	
4 銑齒輪和銑特種齒型	31
9 單齒銑法——10 滾齒銑法	
二 銑切工作所用的工作速度和能力	41
1 工作速度的選擇	41
11 切削速度——12 行進速度	
2 銑切工作的切削力	47
13 用逆向銑法時切削力的作用情形——14 用順向銑法時切削力的作用情形	
3 銑切工作所需要的能力	53
15 利用單位切削壓力為基礎計算功率的方法——16 利用直線切削力定律為基	
礎計算功率的方法——17 利用單位切屑量為基礎計算功率的方法	
三 銑工工時的計算法	58
1 銑工工時的分類	58
18 基本設備時間——19 基本工作時間——20 損耗時間——21 全部銑工工時	
2 銑工工時計算法	60
22 基本設備時間的計算法——23 主時的計算法——24 副時的計算法	
3 銑工工時的簡單計算法	72
25 同類型機器的時間表——26 相似工件的時間表	
4 特種情形的工時計算法	75
27 銑短螺旋紋的工時計算法——28 銑長螺旋紋的工時計算法——29 銑齒輪的工	
時計算法——30 用滾齒銑法銑蝸輪的工時計算法	

四 縮短銑工工時的方法	82
1 把各種時間分別縮減.....	82
31 設備時間——32 工作時間	
2 把各種時間設法重合.....	85
33 連續施工的銑工夾具——34 往復銑法——35 特種銑切方法——36 多部機 器操作法——37 變改銑切方法也可以減縮時間	
五 銑切工作設備的選擇	89
1 銑床.....	89
38 型式——39 選擇的目標	
2 銑刀.....	91
40 鏟齒銑刀——41 尖齒銑刀	
3 冷却劑.....	94
42 使用冷却劑的目的——43 冷却劑的種類和成分——44 使用方式	
六 實用銑刀保養法	96
1 概論.....	96
2 銑刀磨口工作.....	96
45 鏟齒型銑刀的磨口工作——46 尖齒銑刀的磨口工作——47 銑刀頭的磨口 法	
中外名詞對照表	100

一 銑切方法和各種銑切工作的應用

1 銑平面

銑平面的方法共分兩種，一種是滾銑；一種是立銑。如果要判斷這兩種銑切方法，究竟是那一種好，必須根據設備條件（機器、工具、夾具、冷卻方式）和工件的性質（形狀、材料、表面品質）來決定。

只就造成切屑的情形來說，這兩種銑切方法是顯然不同的。現在要分開來研究：

1 滾銑 又叫腹齒銑法，是利用銑刀圓柱面上的齒，或是圓錐面上的齒來切削材料。這種施工方法又可以分為下面的兩種：

1) 逆向銑法 通常的銑切方法，都是把工件裝夾在銑床面上，床面移動的方向正對着銑刀轉動的方向（圖1）。這種銑法名叫‘逆向銑法’。由工件上切削下來的切屑，是帶尖頭的小捲，一端薄一端厚。它的斷面是由兩個圓弧組成（圖2）。當銑刀和工件相接觸後，銑刀的齒先在工件表面上發生滑擦現象。這種滑擦距離的長短，要看銑刀齒是否鋒利，和銑刀桿彈回多少來定。

一直到銑刀齒把材料擠到了一定的厚度，這時刀齒上的切削角才切入工件材料內，發生切削作用，而把材料屑銑下來。銑刀齒在工件上滑擦時所生出來的摩擦熱量相當的大，因此須要使用足夠的冷卻劑把它冷卻。

一片由銑刀切削下來的切屑的厚度，比一片由車刀切削下來的切屑的厚度小得多。假設用

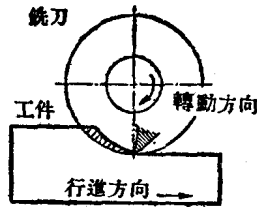


圖1 逆向銑法時銑刀轉動的方向。工件行進方向與銑刀轉動方向相反。

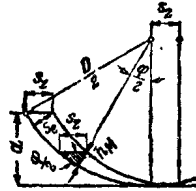


圖2 用腹齒銑法時所生成的切屑形狀。切屑的厚度 S_e 是和每個銑刀齒的行進量 S_f 、吃刀深度 a 和銑刀直徑 D 以及切觸角 ϕ 有關。

a 代表吃刀深度

s_z 代表每一個銑刀齒的行進量

D 代表銑刀的直徑

則理論上所計算出來的切屑厚度 s_e (按照圖 2 的情形) 可以用下邊的公式來確定:

$$\begin{aligned} \frac{s_e}{s_z} = \sin \varphi &= \frac{\sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - a\right)^2}}{\frac{D}{2}} = \frac{2}{D} \sqrt{Da - a^2} \\ &= 2 \sqrt{\frac{a}{D} \left(1 - \frac{a}{D}\right)} \end{aligned}$$

因此
$$s_e = 2 s_z \sqrt{\frac{a}{D} \left(1 - \frac{a}{D}\right)}$$

由此可以算出來在切屑中段部分的厚度 h_M 爲:

$$h_M = s_z \sin \frac{\varphi}{2}$$

但是
$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \varphi}{2}}; \quad \cos \varphi = \frac{\frac{D}{2} - a}{\frac{D}{2}} = 1 - \frac{2a}{D}$$

因此
$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{a}{D}}$$

所以
$$h_M = s_z \sqrt{\frac{a}{D}}$$

在圖 3 中是把 $\frac{s_e}{s_z}$ 和 $\frac{h_M}{s_z}$ 的值用圖解方法畫出來。

例如: $a = 3$ 公厘, $D = 60$ 公厘, $s_z = 0.2$ 公厘 = 200μ

$$\left(\mu = \frac{1}{1,000} \text{公厘} \right)$$

$$\frac{a}{D} = \frac{3}{60} = 0.05$$

由圖 3 中底邊橫座標線上查到 $\frac{a}{D} = 0.05$ 的位置，垂直往上走，遇到的第一條斜線是代表 $\frac{h_M}{s_z}$ 的數值線，再往上走，遇到的第二條斜線是代表 $\frac{s_e}{s_z}$ 的數值線。我們分別的查出

$$\frac{h_M}{s_z} = 0.223; \quad \text{因此 } h_M = 45 \mu$$

$$\frac{s_e}{s_z} = 0.435; \quad \text{因此 } s_e = 87 \mu$$

但是實際上所切削下來的切屑還要比這理論的數值小得多，這是因為以下的幾種原因造成的：

(1) 銑刀齒和工件相接觸時，先把材料擠壓，而不發生切削作用，這種擠壓的情形與材料的硬度、延伸率、以及銑刀口的角度有關。

(2) 每個銑刀齒與銑刀桿軸心的距離並不是很精確的一樣遠近，銑刀桿本身轉起來也有跳動，所以每個銑刀齒的吃刀深度有深有淺。

(3) 當銑刀齒吃刀受力時，銑刀桿被頂彎曲，因之不能達到規定的吃刀深度。

由於以上的幾種原因，每個銑刀齒的受力就不是完全一樣的了。在工件行進量很小時，竟至有個別的刀齒根本沒有與材料接觸。為了避免這種情形，而使每個刀齒都受到力，所以不應該把工件行進量選得過小，最好要使切屑中段的厚度不小過 10μ 。最小的行進量極限，在圖 4 中加以規定。如果銑刀的直徑、齒數、吃刀深度等都已確定，則可以由圖 4 中選出銑刀每轉的最小工件行進量。例如

$$\text{吃刀深度 } a = 1 \text{ 公厘}$$

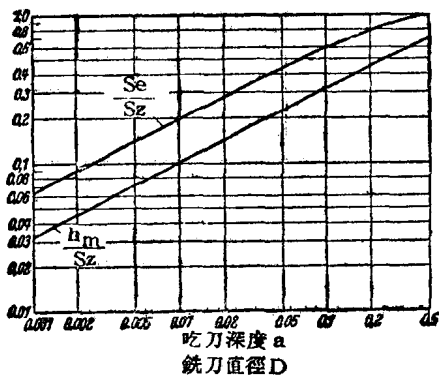


圖 3 確定理論切屑厚度和切屑中部厚度的曲線。

銑刀直徑 $D = 110$ 公厘

銑刀齒數 $z = 10$ 齒

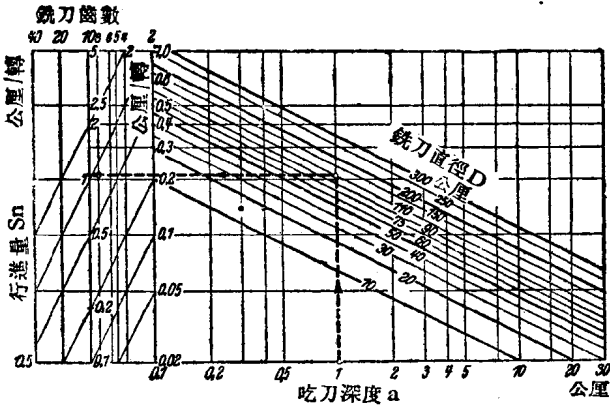


圖 4 使用最小的工件行進量(切屑中部厚度 10μ)
可以保證銑刀的耐久度。

則由圖 4 中的橫座標軸上先找到 $a=1$ 的位置，由此垂直向上走，與代表銑刀直徑的斜線 $D=110$ 相遇，由這交點向左走，和左邊代表銑刀齒數的垂直線 $z=10$ 相交，再由此交點依照代表工件進程的斜線方向向左下方走，到和工件行進量的立座標軸相交，而讀出所求到的最小工件行進量 $s_n = 1.1$ 公厘/轉。

2) 順向銑法 施行這種銑切方法時，床面移動的方向是和銑刀轉動的方向相同的，如圖 5 的情況。這樣有一種危險，就是銑刀容易把工件由夾具中拉出來，或者是把床面拉向銑刀自身，因此銑刀有往工件上爬上去的可能。

採用順向銑法時，必須把一切可能的空隙預先排除(例如床面推動螺桿的空回，工件與夾具間的空隙)。對於富有彈性的工件，必須用適當的夾具夾得十分牢靠。工

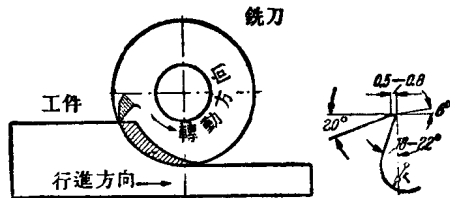


圖 5 順向銑法時銑刀轉動的方向。工件行進方向與銑刀轉動方向相同。銑刀要有尖銳的齒。

作時要用堅強的銑床和粗壯的銑刀桿。切削下來的切屑，照理論上說起來是和逆向銑法相同。不過在切削過程中切屑是先由最厚的一端被切下來，這樣銑刀口在工件表面上的滑擦路程很短，所以銑刀齒須要很鋒利的尖口。順向銑法最適用於吃刀很深的銑毛坯工作。這時可以避免一切使用逆向銑法時可能發生的缺點，例如薄的工件有從床面上被拉起來，以及容易發生震動而把夾具震鬆等現象。

例 1、逆向銑法(圖 6)

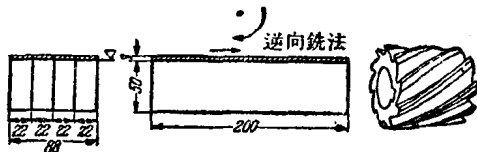


圖 6 吃刀很小的滾銑工作(逆向銑法)。

工件：扁鋼條四件，每件尺寸是 22×50 公厘，長 200 公厘。

材料是碳鋼（抗張強度是 60 公斤/公厘²）

工序：四塊工件的窄邊一次夾緊粗銑平面

工具：高速鋼製的輓銑刀，寬齒距，外徑 60 公厘，長 100 公厘，孔徑 27 公厘

機器：平銑床，機器功率是 2.5 仟瓦

裝夾方式：工件夾在機器虎鉗內，銑刀裝在直徑 27 公厘的銑刀桿上，一端插入支架內

施工條件：吃刀深度 $a = 3$ 公厘 銑切寬度 $b = 88$ 公厘

切削速度 $v = 18$ 公尺/分 工件行進速度 $s' = 95$ 公厘/分

冷卻劑：調水油（乳狀油 1:20）

例 2 順向銑法(圖 7)

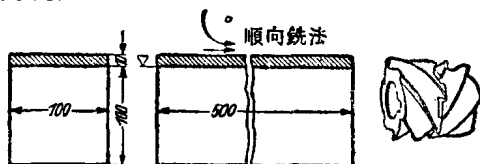


圖 7 吃刀很大的滾銑工作(順向銑法)。

工件：鋼塊一件，尺寸是 100×100 公厘，長 500 公厘，材料是合金

鋼，經過調質後的抗張強度是 120 公斤/公厘²

工序：各面粗銑平

工具：組合的順向輓銑刀，高效率高速鋼，交錯開齒，外徑 110 公厘，長 125 公厘，孔徑 60 公厘

機器：順向平銑床，功率 5 仟瓦

裝夾方式：工件用壓鐵壓在床面子上，銑刀裝在直徑 60 公厘的銑刀桿上，一端插入支架內

施工條件：吃刀深度 $a=10$ 公厘

銑切寬度 $b=150$ 公厘

切削速度 $v=13$ 公尺/分

工件行進速度 $s'=30$ 公厘/分

冷却劑：切削油

2 立銑 又叫底齒銑法，是利用銑刀頂面上的齒（圓柱形或錐形的銑刀底齒在底圓面上）來切削材料。底齒銑法比腹齒銑法有很多的優點。當銑刀底齒和工件相接觸後，立刻就切到材料內而生切削作用，切下來的切屑形狀和車刀切下來的切屑相似，斷面平均厚度比腹齒銑法的切屑大得多，並且每片切屑本身沒有很大的厚薄差別（圖 8）。因此銑刀受力情形很均勻。銑刀齒在材料上沒有滑擦情形，所以銑刀發熱情形也比腹齒銑法良好，銑刀的耐用時間也可以提高。使用底齒銑法時，銑刀可以裝在很短的刀桿上，所以刀桿的擺動很小，而每個刀口上所受的震動力是直接和切屑的厚度有關。使用底齒銑法時，切屑的厚度只與工件行進速度有關；而使用腹齒銑法時，刀口所受的震動還與工件表面的高低有關，所以用底齒銑法比較用腹齒銑法可以得到較好的表面。

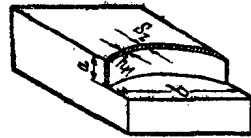


圖 8 用底齒銑法時所生成的切屑形狀。吃刀深度 a 和銑切寬度 b 與用腹齒銑法時相反。因此切屑厚度較大。

底齒銑法既然有以上所說的各種優點，因此在施行銑平面工作前，應考慮儘可能的用底齒銑法來施工。

例 1 用有底齒的輓銑刀來施工（圖 9）

工件：銑刀桿螺母，外徑
58公厘，高45公厘，
材料是低碳鋼
工序：銑兩邊的平口（螺
絲扳手口寬50公厘）

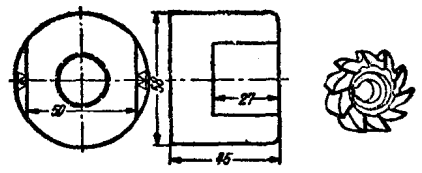


圖9 用底齒輓銑刀銑小平面。

工具：有底齒的輓銑刀，材料是高速鋼，銑刀外徑50公厘，厚25公厘，孔徑22公厘，寬齒距

機器：平銑床，功率是 2.5 仟瓦

裝夾方式：銑刀裝在刀桿上，單邊插在銑床主軸孔內，工件裝在夾桿上，插入分度盤內

施工條件：吃刀深度 $a=4$ 公厘
銑切寬度 $b=27$ 公厘
切削速度 $v=22$ 公尺/分
工件行進速度 $s'=95$ 公厘/分

冷却劑：調水油(1:15)

例2 用銑刀頭來施工(圖10)

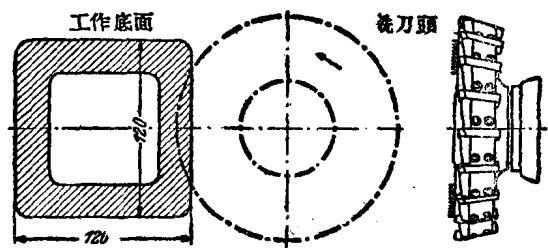


圖10 用底齒銑刀頭銑大平面。

工件：布氏硬度 180 的鑄鐵底座

工序：銑平底面

工具：銑刀頭，外徑 150 公厘，刀片材料是高速鋼或硬質合金

機器：立銑床，功率 5 仟瓦

裝夾方式：工件裝在夾具內，夾具裝在銑床面上，銑刀頭直接裝

在銑床主軸上

施工條件：吃刀深度 $a=4$ 公厘 銑切寬度 $b=120$ 公厘

高速鋼刀片

硬質合金刀片

切削速度 $v=18$ 公尺/分

$v=60$ 公尺/分

工件行進速度 $s'=125$ 公厘/分

$s'=150$ 公厘/分

冷卻劑：不用

表1 銑平面所用的切削速度和行進速度(逆向銑法)

1) 輓銑刀、底齒輓銑刀、大型帶柄銑刀。刀口材料是高速鋼。平均吃刀深度 $a=3-5$ 公厘，銑切寬度 $b=100$ 公厘

工 件 材 料	粗 銑		精 銑	
	切削速度 公尺/分	行進速度 公厘/分	切削速度 公尺/分	行進速度 公厘/分
軟鋼	16—20	90—112	20—25	50—63
調質鋼(抗張強度110公斤/公厘 ²)	10—13	56—71	13—16	32—40
鑄鐵(布氏硬度180)	13—16	112—140	16—20	63—80
輕金屬	200—300	250—400	250—335	100—200
黃銅	32—40	180—220	40—45	100—125

2) 銑刀頭，刀片材料是高速鋼(高)，或硬質合金(硬)。平均吃刀深度 $a=3-5$ 公厘，銑切寬度 $b=0.8 D$ (刀頭直徑)

工 件 材 料	刀片 材料	粗 銑		精 銑	
		切削速度 公尺/分	行進速度 公厘/分	切削速度 公尺/分	行進速度 公厘/分
軟鋼	(高)	20—25	90—140	25—32	45—56
	(硬)	—	—	—	—
調質鋼(抗張強度 110公斤/公厘 ²)	(高)	13—16	56—90	16—18	28—36
	(硬)	32—40	80—90	40—45	56—71
鑄鐵(布氏硬度180)	(高)	16—20	125—180	20—25	56—71
	(硬)	50—63	140—200	63—71	125—180
輕金屬	(高)	250—335	280—400	315—400	100—180
	(硬)	400—500	355—408	500—630	250—355
黃銅	(高)	50—63	280—315	50—63	90—112
	(硬)	—	—	—	—

使用硬質合金刀具時，必須同時使用很堅強有力的機器，才能把切削速度提到很高。如果仍然使用普通機器，則因為機器本身強度和能力不夠，不能把切削速度提得過高（由上面例子中可以看出來， v 由 18公尺/分提高到 60公尺/分）。

表 1 是銑平面工作時的各種工作速度。

2 銑槽子和銑型面

槽子和型面可以用各種方法銑出來。如果產品的數量不大，多半都是用普通的銑床來完成這種工作，這時所用的銑刀要與工件形狀相同。在大量生產作業中，或是對於特別複雜的工件形狀，則應當改用特種的銑床，或是在普通銑床上加裝專用的工件夾具，而用簡單形狀的銑刀來代替複雜的型銑刀。這種辦法在銑刀的消耗上是很經濟的。

3 用型銑刀或聯裝銑刀施工

1) 直槽或直縫 工件上的直槽或是直縫，多半是在平銑床上用片銑刀銑出來的。這樣銑出來的直槽，兩端都有斜坡（是由銑刀的圓周所生成的）。如果直槽的兩端不許有斜坡，則要用帶柄銑刀在立銑床上來施工（參看第 5 節）。對於淺而短的直槽，可以用圖 11 I 所示的兩面平，無旁齒的片銑刀來施工，或是用鑷齒銑槽刀（圖 12）。對於一定寬度的槽子必須採用鑷齒銑槽刀，因為這種銑刀在磨刀口時不影響銑刀的寬度。

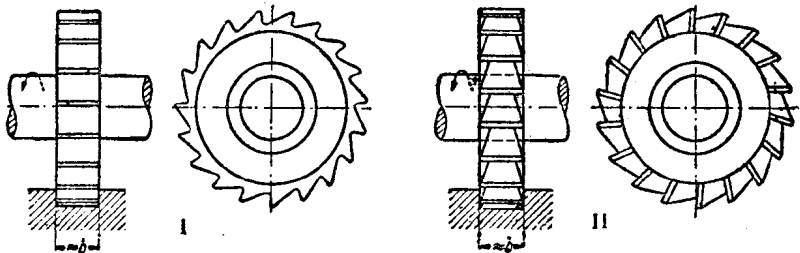


圖 11 銑淺槽。

I 槽子銑刀，兩側面向中心凹進。

II 三面開口的片銑刀，刀齒是銑出來的，繼續磨刀口時寬度逐漸減少。

對於深而長的直槽子，最好是用圖 11 II 所示的三面開口的片銑刀來施工。使用這種銑刀吃大刀時應該把刀齒距離加大，並且把旁齒交錯的開在左右兩側（圖 13）。銑寬槽子可以使用兩片合成的銑刀（圖 14）。調整

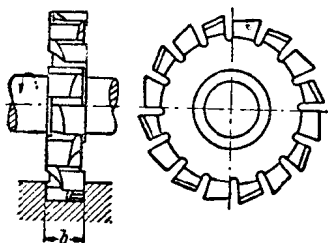


圖 12 用銑齒銑槽刀銑切寬度須十分準確的工件槽子。繼續磨刀口不影響銑刀寬度。

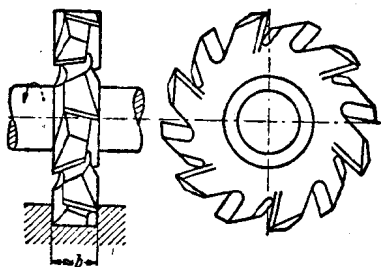


圖 13 使用兩側交錯開齒的片銑刀銑深槽。對於韌性材料尤其適宜。

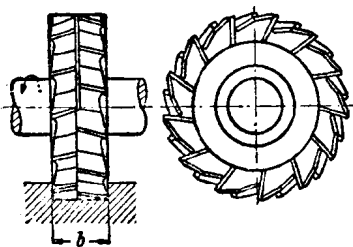


圖 14 使用兩半結合的片銑刀銑切寬度須十分準確的工件的深槽子。繼續磨刀口之後可用中間墊圈來調整準確的寬度。

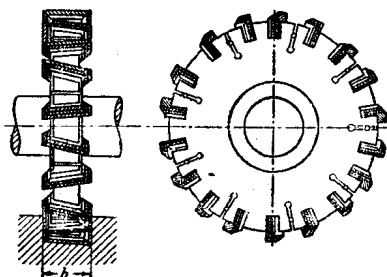


圖 15 鑲刀片的銑刀頭（寬度可以調整）。對於容易磨損刀口的材料最好使用硬質合金。

整個銑刀的寬度時，要先在兩片銑刀中間加上一個薄墊圈，然後再把銑刀口磨成需要的寬度，因此可以永遠保持一定的寬度。很大的片銑刀也有用刀片鑲成的（圖 15），刀片的材料有用硬質合金的。至於用高速鋼製成的直槽銑刀的各種性能數值見表 2。

例

工件：鋼板一塊，材料的抗張強度 50 公斤/公厘²，槽子尺寸 17 × 28 公厘（圖 16）

工序：銑槽子

工具：交錯開齒的片銑刀，外徑110公厘，寬17公厘，孔徑32公厘，銑刀材料是高速鋼

機器：平銑床，功率2.5千瓦

裝夾方式：用壓鐵把工件壓在床面子上

上，銑刀裝在直徑32公厘的銑刀桿上，一端插入支架內
 施工條件：吃刀深度 $a=28$ 公厘 銑切寬度 $b=17$ 公厘

逆向銑法

順向銑法

切削速度 $v=25$ 公尺/分

$v=35$ 公尺/分

行進速度 $s'=40$ 公厘/分

$s'=71$ 公厘/分

冷卻劑：調水油(1:20)

如果使用順向銑法時，則銑刀的切削角要照前面圖5的尺寸來確定，銑刀的孔徑也要增大(例如增大成40公厘)。

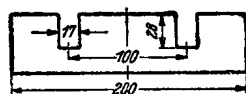


圖16 在鋼板上銑槽子。

表2 直槽銑刀的切削速度和行進速度(逆向銑法)

工件材料	粗 銑		精 銑	
	切削速度 公尺/分	行進速度 公厘/分	切削速度 公尺/分	行進速度 公厘/分
軟鋼	18—22	50—71	22—25	32—40
調質鋼(抗張強度 110公斤/公厘 ²)	12—14	32—45	14—16	20—25
鑄鐵(布氏硬度 180)	16—18	71—90	18—22	40—50
輕金屬	200—250	180—220	250—315	90—120
黃銅	32—40	112—140	40—50	63—80

註：表中數值合用於 $a=b=0.2 D$ (銑刀外徑)。

2) 直線為界的型面 稜槽面、角狀槽、屋脊狀滑導面等都是直線為界的型面，它們可以用型銑刀銑出來(圖17、18)。由多個這些直線為界的型面組合而成的大型面，同樣可以用聯裝的銑刀銑出來，每一套聯裝銑刀是由輓銑刀、片銑刀等組合而成的(圖19)。

例 1

工件：在一塊滑動平面裏開有 50° 角的稜槽，材料是高碳鋼(抗