



先進經驗叢刊

黑色金屬高速切削 刀具的新型構造

巴拉諾夫著 志明譯



機械工業出版社

出版者的話

刀具的構造對於黑色金屬的高速切削有很大的關係。這本小冊子敘述各種新型構造的刀具，包括車刀、鉋刀、端銑刀、三面刃盤銑刀、鑽頭、劃鑽、鉸刀等。文中對於刀具齒數的選擇、刀齒的刃磨角度以及其他應注意的事項都有很詳細的敘述。這些新型構造的刀具都有許多優異點，可供刀具設計者和製造者們參攷研究，並進而改進，以提高生產率。

本書是蘇聯國防出版社出版的‘金屬高速切削法’一書中的一篇。

本書根據蘇聯 И. Г. Баранов 著 ‘Скоростная Обработка Металлов Резанием’ (金屬高速切削法) 的 ‘Современные Конструкции Режущего Инструмента для Скоростной Обработки Черных Металлов’ (Оборонгиз 1951 年第二版) 一篇譯出

*

*

*

著者：巴拉諾夫 譯者：志 明

文字編輯：陳心鈔 責任校對：俞治本

1953 年 6 月發排 1953 年 8 月初版 1—6,500 冊

書號 0253-11-07 31×43¹/₃₂ 34 千字 20 印刷頁 定價 2,000 元(乙)

機械工業出版社(北京壓甲廠 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲 1 號)印刷

中國圖書發行公司總經售

前 言

黑色金屬實行高速切削法的成功，不但與正確的決定切削用量和刀具切削部分的幾何參數有關，而且與刀具的構造有很大的關係。因此在生產時必須應用新型構造的刀具，以保證：

- (1) 高的生產率；
- (2) 使用時的可靠性、穩定性與方便；
- (3) 減少刀具掉換、定位與調整時的輔助時間；
- (4) 減少硬質合金的消耗率；
- (5) 製造與刃磨的方便。

這樣，就必須研究現在所應用的刀具構造，並確定它的基本原理，作為設計具有高生產率而且製造方便的刀具構造的根據。

一 車刀、鉋刀

車刀的構造主要是由切削部分的幾何參數和固定在機床刀架上的條件來決定。

但在設計車刀的工作圖樣與規格時，必須考慮許多其他因素以使刀具的壽命增長和製造方便。

爲了減少車刀刃磨所須的勞動力，以及減少硬質合金的消耗量，刀片的陷入角 (угол врезки) (在法面上測量的) 必須是正數值，大約等於 $15 \sim 18^\circ$ ，而與前角的絕對數值無關 (圖 1)。

這樣，刀片在刃磨過程時便形成雙前面。而且在刃磨過程中，刀片的厚度是不變的。這樣就可以使用厚度不大的硬質合金刀片，約等於刀桿高度的 $0.18 \sim 0.20$ 倍。

爲了避免刀桿的撓曲和振動，而因此使硬質合金刀片的刀刃崩裂，必須注意：

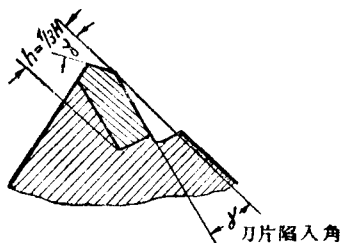


圖 1

(1) 外圓車刀、剖面車刀和自動機床車刀的刀桿應該選用方形截面的，而不用矩形截面的，因爲即使截面具有同樣的面積，方形刀桿所能承受切削力的垂直分力要大得多。根據碩士依諾謝莫采夫 (Иноземцев) 的數據，用 5 號鋼製成的刀桿所能承受的垂直分力，由於跨度與截面的不同，可以根據下列公式來決定 (表 1) ①。

由表 1 可知，當跨度相同時，方形截面刀桿的強度比矩形截面刀桿強度來得大。

① 見 Г. Р. Иноземцев, Прочность резцов, Машгиз, 1943.

這件事實與極普通的觀念相抵觸，因為根據刀桿平面彎曲的計算，矩形截面刀桿的強度要比方形為大，但是這樣計算的根據是不正確的。實際上應根據複雜的抗力計算，因為在工作過程中，有 P_x 、 P_y 及 P_z 三個力作用在車刀上。

表 1

跨 度 $\frac{l}{H}$	刀桿強度所允許的垂直分力 P_z (公斤) 的計算公式					
	方形截面刀桿			矩形截面刀桿		
	$\varphi=90^\circ$	$\varphi=45^\circ$	偏頭車刀 $\varphi=45^\circ$	$\varphi=90^\circ$	$\varphi=45^\circ$	偏頭車刀 $\varphi=45^\circ$
1	$1.21H^2$	$1.58H^2$	$2.560H^2$	$0.578H^2$	$0.822H^2$	$1.145H^2$
1.5	$0.82H^2$	$1.18H^2$	$1.475H^2$	$0.396H^2$	$0.59H^2$	$0.693H^2$
2	$0.605H^2$	$0.856H^2$	$1.030H^2$	$0.30H^2$	$0.45H^2$	$0.517H^2$
3	$0.40H^2$	$0.58H^2$	$0.641H^2$	$0.20H^2$	$0.305H^2$	$0.328H^2$

註 φ —主偏角；

H —刀桿的高度，公厘；矩形截面刀桿的高度與寬度的比例為 1.5:1；

l —刀桿的跨度長，公厘；

(2) 鉋刀需要用直桿的刀身，而不用彎背的刀身，因為直桿的要比彎背的強 20%。而且在加工時，直桿鉋刀的跨度可以更小，因此也就延長刀具的壽命和提高生產率。

直桿鉋刀比彎背鉋刀比較容易製造，而且直桿刀又可再次鉗上硬質合金刀片。

(3) 製造刀桿的材料應選用拉力強度不低於 60 公斤/公厘² 的鋼料；並且應該考慮到，刀具的熱處理（硬度至 $R_c=35\sim40$ ）不但可以提高強度，而且有助於保持刀具的外形。

(4) 刀片的陷入深度 b （圖 1）不應超過刀桿高度 H 的 $\frac{1}{3}$ 。如果不能合於這個條件時，便需要減少陷入角。刀頂高度亦可以超過刀桿高度 1~2 公厘。

爲了避免刀刃的崩裂，一般用途的割斷車刀與起槽車刀的狹部的跨度，應該是它的高度的 $1 \sim 0.8$ 倍。

硬質合金車刀的刀片若用機械方法固定，就可以大大地減少廢品（就是在鉚接時產生裂縫），並且在重新刃磨時減短重新調整車刀所須的輔助時間。根據車刀切削部分對於工件的位置的不同，切削部分以機械方法固定的車刀可分爲徑向車刀（圖 2）與切向車刀（圖 3）兩種。

在徑向車刀上應用標準形狀的刀片，而在切向車刀上應用柱狀刀片（刀柱）。這種刀柱的截面有圓形的、三角形的、四角形的和五角形的，刀柱的尺寸見表 2。

柱狀車刀的構造特點如下：

- 1) 刀具的切削部分安置成與三個互相垂直的平面各成一定的角度，這樣所構成的幾何參數，保證能適合於高速切削的要求；
- 2) 切削部分用一塊小板來固定，這個小板同時又當作斷屑器，當 $s > 0.2$ 公厘， $v = 50 \sim 180$ 公尺/分時，它能很可靠地把切屑折斷；
- 3) 刀具兩次刃磨之間的壽命顯著延長（由於刀柱可繞自己的軸心線迴轉）；
- 4) 柱狀刀刀的切削部分，在粗加工時（當後表面磨損 1.2 公厘），可允許重複刃磨 22~24 次；在精加工時（磨損 0.7~0.8 公厘），可允許重複刃磨 35~37 次。這樣重複刃磨的次數，包括將 10 公厘長的刀柱的殘餘

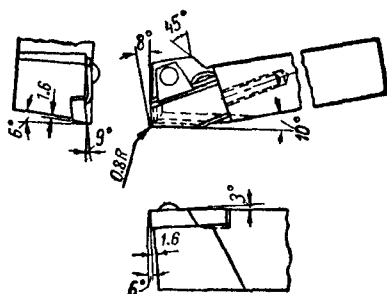


圖 2

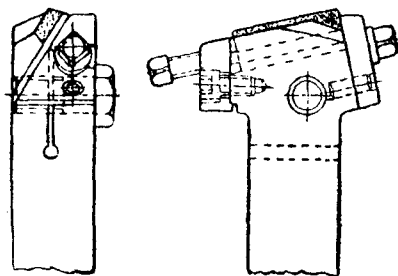
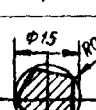
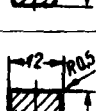
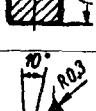


圖 3

表 2

次序	切削深度	角柱的形狀與尺寸	長度公厘	硬質合金的牌號	重量(公分)	應用範圍
1	3公厘以下		25	BK8	21.3	車床、轉塔車床、多刀車床和半自動機床上粗加工、半精加工和精加工(兼切入進給和無切入進給)
				T5K10	18.2	
				T15K6	16.2	
2	4.5公厘以下		30	BK8	36.7	
				T5K10	31.3	
				T15K6	28.0	
3	6公厘以下		30	BK8	57.2	
				T5K10	48.8	
				T15K6	43.6	
4	4公厘以下		25	BK8	22.9	與上述同樣的機床上的精加工和半精加工(兼切入進給)
				T5K10	19.5	
				T15K6	17.4	
5	5.5公厘以下		30	BK8	42.9	
				T5K10	36.6	
				T15K6	32.7	
6	7公厘以下		30	BK8	61.8	
				T5K10	52.7	
				T15K6	47.1	
7	6公厘以下		30	BK8	37.5	在與上述同樣的機床上,車削至肩階處、粗加工、半精加工與精加工(兼切入進給和無切入進給)
				T5K10	31.5	
				T15K6	27.9	

部分銲接到同樣截面的金屬桿上之後的各次重複刃磨。

表 3 列出固定刀柱的合理化的角度。

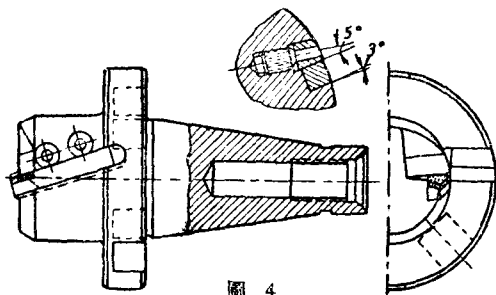
表 3 刀柱固定的角度

角 的 名 稱	符 號	四 角 或 五 角 刀 柱		三 角 刀 柱
		第 1 種式樣	第 2 種式樣	
法截面上的前角	γ	-6	-7	-7
縱向前角	γ_1	-12	-8	-10
橫向前角	γ_2	0	-3	-7
主後角	α	6	7	7
主刀刃斜角	λ	10.5	6	10

除了帶有孔的圓形刀柱以外，柱狀刀都有一個缺點，就是不能合理地應用正前角的刀尖。

二 端銑刀

基本參數 直徑 75~110 公厘的端銑刀，平常是製成帶有錐形尾桿的型式(圖4)，而直徑在 130 公厘及以上的銑刀便製成套裝式(圖5)。



一般用途的銑刀，其直徑可做照高速鋼鑲齒銑刀的辦法來分級，但直徑為 175 和 225 公厘者，由於不常使用，所以例外。

在大部分銑床上，主軸的轉數是有限制的，如果使用直徑小於 75 公厘的銑刀，就不能達到最恰當的切削速度，因此只有在很特殊的情形下，才可以使用這樣小的銑刀。

爲了使直徑為 130、150 和 200 公厘的套裝銑刀，能够在具有 2 號與 3 號主軸（ГОСТ 836-47）的銑床上使用，則必須利用過渡接頭（圖 5 及圖 6）。接頭的一面具有與銑床主軸同樣直徑的套合孔，在另一面有引導圓緣，圓緣的直徑等於銑刀套合孔的直徑。

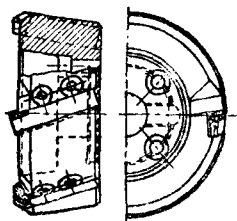


圖 5

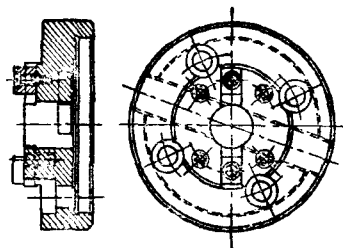


圖 6

銑刀套合孔與尾桿的尺寸，必須按照 ГОСТ 836-47 的規定。

在選擇銑刀的直徑時，如工件的寬度為 B ，則根據 $D:B=1.7\sim1.4$ 的比例來選擇銑刀直徑。

齒數 多刃刀具（包括銑刀在內）的生產率可由每分鐘的進給來表示，它的關係如下：

$$S = S_z Z \frac{v \cdot 1000}{\pi D} \text{ 公厘/分}, \dots\dots\dots (1)$$

式中 S_z —— 一個齒的進給，公厘；

Z —— 齒數；

v —— 切削速度，公尺/分；

D —— 銑刀直徑，公厘。

由式(1)可知，當加工時，一切其他條件都保持相等時，銑刀的齒數

愈多，則刀具的生產率愈高。

根據以上所述，以生產率來說，構造最良好的銑刀，應該沿圓周上排列着最多的齒數，同時有足夠的地位（孔隙）容納切屑。

這裏應當注意，使用其構造上所容許的最多齒數的銑刀，對於刀具的壽命與切削速度是毫無關係的。

銑刀的齒數愈多以及加工材料的硬度愈大，則有效動力也需要愈大。這樣，如果某種銑刀在某部機床上加工某一 定的零件是有效的；但是這個銑刀用來加工材料更硬的零件，或者是在動力較小的機床上加工同一零件時，在齒數上來說是不適宜的。

由於大部分的銑床的設計是適用於高速鋼刀具的，若採用硬質合金銑刀加工一定的零件時（在成批生產與大量生產的條件下），應當根據充分利用銑床動力與電動機所容許的過載係數的計算，來確定硬質合金銑刀應有的齒數。

必須用計算的方法來確定銑刀的齒數，是有它的必要的，因為在使用硬質合金銑刀時，把它的齒數按高速鋼銑刀任意減少，則在個別的情形下，特別是在加工中等硬度的鋼與鑄鐵時，生產率非但不能提高，反而降低，它的原因可說明如下：

1) 當加工中等硬度的鋼時，硬質合金銑刀每一齒所允許的進給，比高速鋼銑刀為小；

2) 銑刀的齒數較少，實用上所採取的齒數，要比高速鋼銑刀少 2~3 倍；

3) 機床主軸以及銑刀本身不能達到必須的轉數（由於 S_z 和 Z 已經減少，為了使銑刀的生產率比高速鋼銑刀更大，則它的轉數至少要增加 4~6 倍以上）。

一般用途的銑刀的構造，應該分為兩類：第一類適用於鋼的加工，第二類適用於鑄鐵的加工。這樣劃分的好處，是由於銑刀齒的幾何形狀上的不同，並且加工鑄鐵的銑刀，其齒數需要增多。一般用途的銑刀的齒數，可根據以下各式來決定：

1) 用於鋼加工的

當 $D \leq 200$ 公厘時, $Z = (0.04 \sim 0.06) D$; (2)

當 $D > 200$ 公厘時, $Z = (0.04 \sim 0.06) D + 2$; (3)

2) 用於鑄鐵加工的

$Z = (0.08 \sim 0.1) D$, (4)

式中 D ——銑刀的直徑, 公厘。

基洛夫工廠 (在采良賓斯克城) 於高速切削時, 使用齒數為 $Z = 0.06D$ 的銑刀, 結果很為滿意。

根據上式計算而得的齒數, 不一定需要取它最相近的偶數值。

在決定銑刀的齒數時, 除了上述以外, 必須注意: 假如在切削過程中有兩個或兩個以上的刀齒在工作, 則加工過程要比只有一個齒在切削的情形下要平穩得多。

因此不論在決定加工該零件所用的銑刀的齒數時, 或在選擇一般用途的銑刀的直徑時, 均需要驗算同時在工作中的齒數。端銑刀上同時工作的齒數 (Z_p), 可由下列各式決定:

1) 在對稱銑削時

$$Z_p = \frac{\Theta Z}{360} + 1; \dots\dots\dots (5)$$

2) 在不對稱銑削時

$$Z_p = \frac{(90 + C) Z}{360} + 1, \dots\dots\dots (6)$$

$$\sin \frac{\Theta}{Z} = \frac{B}{D} \text{ 與 } \cos C = \frac{2B}{D} - 1;$$

式中 B ——加工表面的寬度, 公厘;

D ——銑刀直徑, 公厘;

Z ——銑刀齒數。

銑刀齒與加工表面成階梯狀排列 當銑床動力不足時, 如使用多齒銑刀進行一道銑削, 不可能把全部加工餘量削光。在這種情況下, 則可使用刀齒與加工表面成階梯狀排列的銑刀。

這樣排列的四齒的原理如圖 7 所示

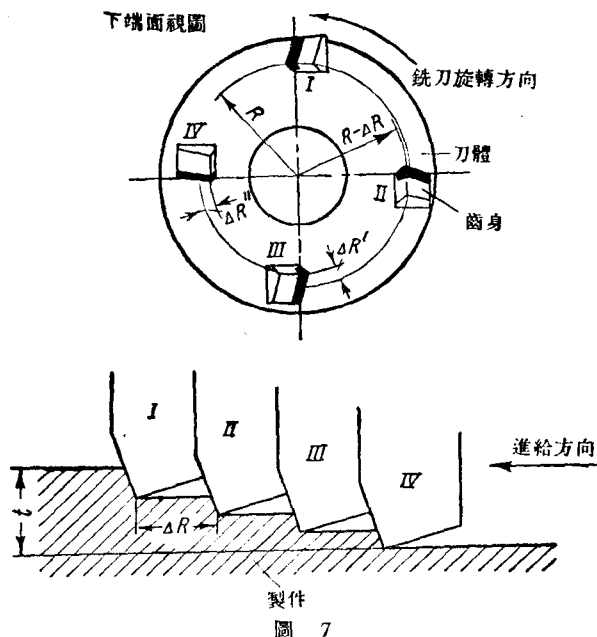


圖 7

齒 I 頂點的位置是在半徑最大的圓周上，該齒削去工件上的餘量的一部分，齒 II 頂點的位置是在半徑較小的圓周上。該齒亦和齒 I 一樣，也僅僅削去餘量的一部份，但是離加工表面就較遠了，其他兩齒，便可依此類推。

最後一齒(IV)所削去一層的深度，宜等於 1.0~1.5 公厘。

可換刀片和齒身的推出方向的選擇 無數次銑刀試驗與實際使用的經驗，確定了：銑刀磨損主要是沿着主刀刃的後表面，一部分是沿着副刀刃。

因此，爲了補償磨損與減少再次刃磨時應削去的一層厚度，刀片或齒身的推出方向應該這樣選擇，就是使主刀刃推出最多，副刀刃推出最少。並且在再次刃磨過程中，主刀刃的長度應當是不變的。

可換刀片或齒身的排列，與銑刀的軸心線所成的角度 μ 等於主偏角 φ 時（圖 8），這樣構造的刀具就能符合上述的要求。在這種情形下，當主刀刃的移動距離等於 f 時，副刀刃的移動距離 $b_1 < f$ ，即

$$b_1 = f \cos(\mu + \varphi_1) = f \cos(\varphi + \varphi_1) \quad (7)$$

如刀片或齒身的排列，與銑刀的軸心線相平行時（圖 9），或與它形成一個不大的角度（ $\mu = 10 \sim 15^\circ$ ）時（圖 10），則副刀刃移出的距離更大。在第一種情形下（圖 9）：

$$b_2 = \frac{f \cos \varphi_1}{\cos \varphi} \quad (8)$$

而在第二種情形下（圖 10），

$$b_3 = \frac{f \cos(\mu + \varphi_1)}{\cos(\varphi - \varphi_1)} \quad (10)$$

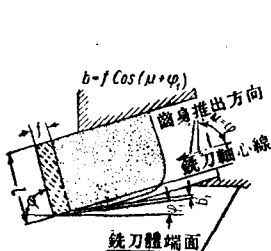


圖 8

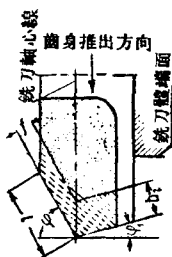


圖 9

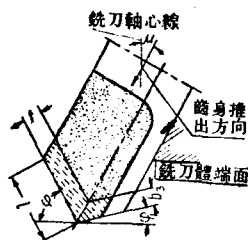


圖 10

設取 $f = 0.3$ 公厘（大約相當於後表面磨損 1 公厘）， $\varphi = 75^\circ$ ， $\varphi_1 = 5^\circ$ ， $\mu = 15^\circ$ ，則可得

$$b_1 = 0.052 \text{ 公厘}; b_2 = 1.15 \text{ 公厘}; b_3 = 0.56 \text{ 公厘}。$$

計算的結果，證明了以上的結論——即根據硬質合金的消耗率來看，構造最合理的端銑刀，是齒身或刀片的排列與銑刀軸心線所成的角度，等於主偏角 φ 。

齒身或刀片的固定方法 端銑刀的構造，必須能夠使單獨刃磨好的硬質合金齒身或刀片能準確地固定在刀體上，而主刀刃與副刀刃的擺幅不致超過許可的限度。並且刀具的構造應適宜於製造。

達到以上所述的對於端銑刀的要求，便可保證：

1) 齒身或硬質合金刀片可以與銑刀體分開，而獨立刃磨，而且可以準確地安裝在刀身上，因此顯然減少刃磨操作所耗的勞動力；

2) 齒身或刀片能够準確地安裝在刀體上，使刀刃的擺幅在容許範圍以內(0.03~0.05 公厘)，因此可以減少銑刀拆下和重新安裝在機床主軸上所需的輔助時間；在立式銑床上使用大直徑的銑刀時，這點尤有特殊重要的意義。

齒身用綫邊楔形固定的銑刀的構造(圖 11)，完全不能滿足以上的條件，這種固定法不能將齒身作準確的調整。因為這種構造的銑刀，其齒身推出的最小距離，以綫紋的間距而定(通常間距等於 1.5 公厘)。並且要刀身上各個槽的綫紋邊距銑刀軸心線能有相等的距離，在工藝技術上是有很大的困難。假如再考慮槽與齒身的尺寸的偏差，則齒身若用這種方法固定時，它們距離銑刀端面的跨度(在銑刀裝配時)，即使是在成批生產的條件下，也會達到 2~3 公厘。因此楔形綫邊連接的構造是不適宜於在工業中應用的。

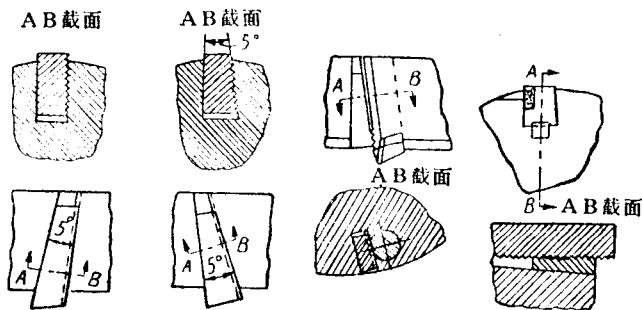


圖 11

‘銑刀’工廠的銑刀構造(圖 12)，固定刀齒的方法是用平邊的楔，這種構造的銑刀同樣完全不能滿足上述的條件，因為不可能利用楔把齒身固定在已經安裝在銑床或工具磨床主軸上的銑刀上。此外，當楔鬆時，刀齒已達到的安裝精度，在釘緊楔時一定要失效。這種構造以固定

程度來說是特別可靠的，並且還允許將獨立刃磨過的齒身安裝在刀體上，僅僅留下極小的加工餘量以供裝配完之後作最後的刃磨。機床製造部全蘇工具研究院(ВНИИ МС)設計的構造(圖13)就沒有以上的缺點，它是用兩個圓柱形的楔來固定齒身的，在楔上，齒連接的表面處

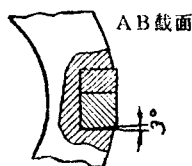
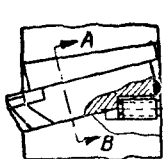


圖 12

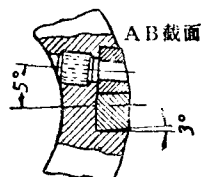
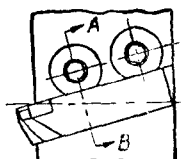


圖 13

截成平面，此平面與圓柱體軸心線成 5° 的角。平邊槽(非絨邊槽)可以製造得很準確，即離軸心線有同樣的距離。有了這樣的槽和獨立刃磨成的齒身，在裝配之後，就不需要刃磨。因為齒身可以利用千分錶或特殊的磁鐵樣板(本文作者所創)就能足夠準確地安裝在刀身上。圖14所示端銑刀的構造，是機床製造部全蘇工具研究院所設計的構造改變而來，這種構造是基洛夫工廠和 Оргтрансмаш 所設計的。這種新型構造(圖14)與機床製造部全蘇工具研究院的構造相比較，它的優點是楔的平面可以與槽同時加工，因此大大簡化了楔和槽的加工，並且提高了楔的精度，保證楔和槽的平面能完全地接觸。

圖15是另外一種銑刀的構造，它和上述構造(圖14)不同的地方，是一個楔同時固定兩個齒身，因此可以在一個圓周上排列更多的齒。

這種構造，可使楔的平面與槽同時加工，這情形就和前一種構造一樣，大大地簡化了楔和槽的加工，並且提高楔的精度。

但是，更完善的而且能够完全合乎上述要求(即不必將銑刀體從機床上拆下，而把齒身能很精確地安裝在銑刀上)的構造是如圖16和圖17所示。前一種構造是由工具機實驗研究院(ЭНИМС)設計的，後一種構造是工程師第明斯基(Тыминский)設計的。

第明斯基所設計的構造是比較完善的，因為它的齒身是沿着垂直

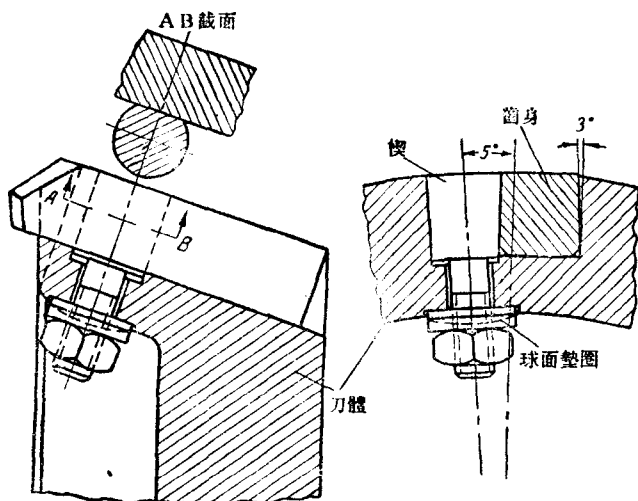


圖 14

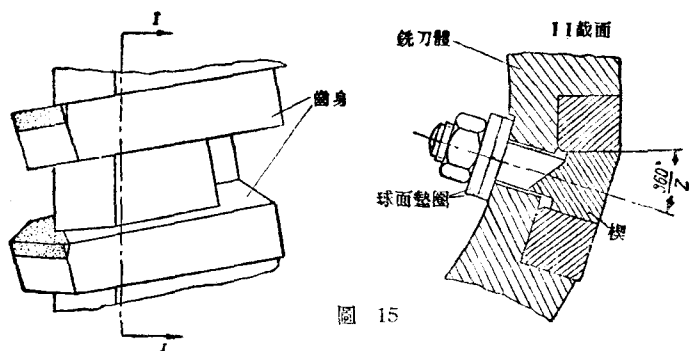


圖 15

於主刀刃的方向推出的，而且齒身可以成套的刃磨（如同菱形板的刃磨一樣）。此外，這種構造還允許用機械方法來固定刀片。

使用工具機實驗研究院的構造，非但可以使齒身（主刀刃與副刀刃）對於銑刀的幾何軸心線安裝得很精確，而且主要的是在工作過程

中，對於銑刀迴轉的實際軸心線安裝得很正確，這也就是考慮到主軸的擺幅，以及銑刀配合孔軸心線與機床主軸或心軸的引導圓緣軸心線之間的偏移。

最後所述的兩種構造(圖 16 與圖 17)，由於製造上的複雜性，所以沒有得到廣泛的應用。但是這兩種構造，可以作為例子來說明創造新型構造的端銑刀的發展方向，它不但要保證很高的生產率，而且要能顯著地減少輔助時間，如銑刀的安裝和拆下，以及更換已經使用過的齒身。

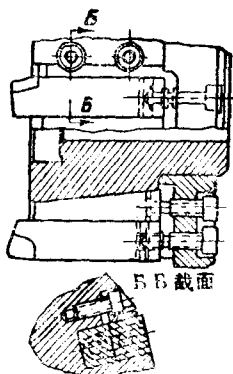


圖 16

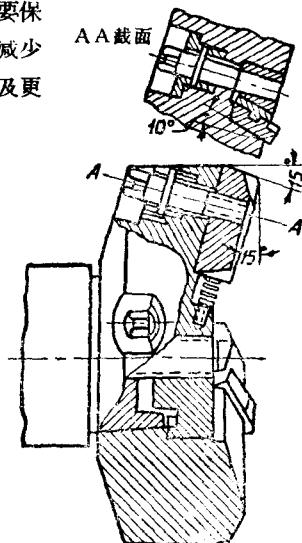


圖 17

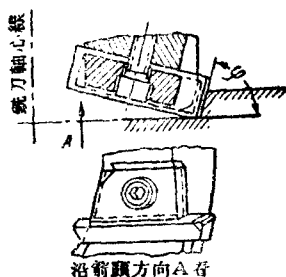


圖 18

圖18表示硬質合金刀片用機械方法固定的銑刀的構造。

槽的位置 槽在銑刀體中的位置，是以銑刀切削部分的幾何參數和銑刀的直徑而定。

決定銑刀體上槽的位置的基本參數如下：

1) ω — 槽的側壁對於銑刀軸心