

● “工業技術通訊”叢刊 ●

高速切削法參考材料

——第二輯——

拉 林 等 著
謝 研 等 編 譯

科學技術出版社



77.91

工業技術通訊叢刊

高速切削法參考材料

——第二輯——

拉林等著

謝研等編譯



科學技術出版社

1951

24 · Kg 08 - 32 K · P.70 · ¥3,000

版權所有 不准翻印

工業技術通訊網委會編輯 校對：唐佩卿

1951年4月發排(思明) 1951年5月付印(稅總)

一九五一年五月初版

北京造 0001—5000 冊

科學技術出版社出版 北京燈市口甲45號

三聯·中華·商務·開明·聯書

聯合組織

中國圖書發行公司總發行

編者的話

‘工業技術通訊’和‘機械工人’曾刊登過一些高速切削法的文章，同時還收到一些同類的稿件。為了便利學習高速切削法的同志們參考起見，因此決定將這些稿件彙編為小冊子分輯出版。

第二輯共收集了五篇文章，主要是談高速切削的車刀問題，全部是從蘇聯雜誌和書籍上譯出的。文字曾經作者和本刊編委會刪改，可能與原文不完全一致。

這五篇都曾在‘工業技術通訊’和‘機械工人’上刊登過，名辭前後不統一的地方，已儘可能修改統一。

工業技術通訊編委會 1951年4月25日

目 次

怎樣選取硬質合金刀具的前角.....	
.....蘇聯拉林著 謝研譯 (1	
介紹硬質合金車刀的刀形.....	謝 研編譯 (13
蘇聯工人高速工作的經驗.....	符其珣編譯 (21
介紹蘇聯雙刃車刀.....	
.....切爾納夫斯基 著 袁哲俊編譯 (31	
.....聶克拉索夫	
高速切削用的銑刀.....	袁哲俊編譯 (38

怎樣選取硬質合金刀具的前角

蘇聯拉林著

硬質合金刀具的前角適當與否關係極大，因為這個角度與刀具的使用壽命和它的切削效能都有密切的關係。刀具的前角應該取正的或取負的，以及度數多大，都有不同的看法。有一些實驗說明正前角的刀具，壽命最高。另外一些實驗呢，恰恰相反，證實負前角的刀具，壽命最高。

高速鋼刀具的前角

我們的研究指出：高速切削所用的硬質合金刀具，可以用正前角，也可以用負前角。這就發生一個問題，在甚麼情形下應用正前角？甚麼情形下用負前角？並且角度多大最為合適？

用高速鋼刀具加工的工作，它的切削速度常在每分鐘 80 ~ 60 公尺的範圍內，切削功的大部分是消耗在變為切屑的金屬層的塑性變形上。前角的作用主要就是減小塑性變形所消耗的功。因此材料對於塑性變形的抵抗力愈強，車刀的前角應當

愈大。因爲按切屑的收縮性 K_1 ，可以判別被加工金屬的塑性變形的性能，所以高速鋼刀具的前角可以寫做 $\gamma = f(K_1)$ 。

根據我們的研究，這個函數可以寫成下面的公式：

$$\gamma = 42 - \frac{55}{K_1} \quad (1)$$

不過公式(1)不適宜於計算硬質合金刀具的前角，因爲硬質合金刀具的切削速度比較大，可在每分鐘 300 公尺以上，此時塑性變形的功因速度提高而猛烈降低。

硬質合金刀具的前角

高速切削時，切削功不能靠前角來減低，主要要靠減少接觸表面的摩擦才能減低。

由於硬質合金的強度不夠，那末，前角還有一個新的意義。就是它可以影響硬質合金刀刃的強度。

用正前角的硬質合金刀具工作時，它的切削刃受的是彎曲應力。高速鋼所能忍受的彎曲應力可到每平方公厘 320 公斤，但硬質合金呢，例如 BK8，則只有每平方公厘 140 公斤；T15K6 祇有每平方公厘 116 公斤。不過硬質合金是善於抗拒壓力的，它所能忍受的抗壓強度是每平方公厘 450 公斤。因此很顯然的，我們需要創造這樣的刀刃，使它在切削時不受彎曲力作用，而主要受壓力作用。這樣的刀具就是負前角的刀具。

負前角的缺點

這樣看來，應用負前角的刀具在任何情形下都很有利了，並

且是負的角度愈大應該愈好；不錯，如果負前角刀刃沒有其他的缺點，這個想法是完全正確的；可惜它有三個很大的缺點，因而限制了它的應用範圍：

第一，用負前角的刀具工作時，增大向心的切削力。根據 С. П. Камешкович 的實驗，應用前角 $\gamma = -10^\circ$ 的車刀，切削速度在每分鐘 90~275 公尺的範圍內，向心切削力 P_y 比 $\gamma = +10^\circ$ 的車刀增加了半倍到一倍左右。

第二，隨着負前角度數的增大，塑性變形功和接觸表面的摩擦功也隨之增大，這引起圓周切削力的增加，因此增加了動力的消耗。特別是非剛性製件的加工，和利用不堅強的車床來加工時，大的向心力很容易頂彎製件。

銑刀的正前角每減少 1° 時，消費的動力要增加 1.5~2%。

第三，用前角 $\gamma = -10^\circ$ 的車刀工作時，切削部位的溫度要比用 $\gamma = 10^\circ$ 的車刀增高 15% 左右。

所有這些原因，都限制了負前角硬質合金刀具的應用範圍，於是就不得不把負前角定得最小，甚至仍用正前角，以便維持刀刃的必要強度。因此，硬質合金刀具的前角問題，還是要看具體情況纔能決定。

影響前角的因素

我們不要忘記，每一個實驗所得的結果，只在實驗時的條件或近似的條件下是真實的。若條件相差懸殊時，最精確的實驗結果，也不可能合用。

實驗指出影響前角的主要因素是切削速度 v ；切屑厚度 a ；刀頭的彎曲應力 $\sigma_{\text{нз}}$ ；和製件的極限強度 σ_b 。前角角度雖然受這樣多因素的影響，但我們要分辨那些是主要的，那些是次要的。

切削速度：切削速度愈大時，切削刀具頂面的磨耗愈重。這使硬質合金刀刀的強度減低。所以切削速度增大時，負前角的角度也應該加大，但是根據 С. П. Каменкович 副教授的實驗，對於切削速度在每分鐘 170~240 公尺的範圍內，適宜負前角的角度並不需要改變。若是超過每分鐘 300 公尺時，負前角的角度應該稍大一些。這就可以這樣說：切削速度在實際最常應用的範圍內，適宜負前角的角度，並無太大的影響。

切屑厚度：切屑厚度增大時，刀刀吃進鋼件的部分受力也加大了，所以使負前角的角度增大。

但是，鋼在高速切削時，切屑的厚度增加（因為灼熱關係變成可塑狀態），這樣，從刀刀的強度上看，可以把負前角需要的角度減小。不過，高速工作法多用於切屑較薄的工作，那末這些因素在某一度內互相抵消了。所以在實用的範圍，切屑厚度在 $a=0.04\sim0.1$ 公厘(mm.)時，可以說（近似的）切屑厚度對於適宜前角度數的影響很小。

刀頭的彎曲應力：各種 TK 系硬質合金（主要成分是鈦、鉍）的彎曲應力相差很小（每平方公厘 90~119.4 公斤）；同樣 BK 系硬質合金（主要成分是錫、鉍）也是這樣（每平方公厘 100~120 公斤）。如果製件全用 TK 系硬質合金刀頭的刀具來加工的話，那末也可以說：彎曲應力對於適宜前角角度的影響很小。所以這

個因素的作用可以不去計較。

製件的極限強度：這樣看來影響硬質合金刀頭前角的最重要因素可以說是鋼件的極限強度了，即 $\gamma = f(\sigma_b)$ 。

爲了證明這關係的正確性，現在把蘇聯研究工作者對於硬質合金銑刀和車刀適當前角的試驗結果列表於後，然後再把試驗的結果 $\gamma = f(\sigma_b)$ 畫到圖1的對數坐標上。從圖中我們可以看

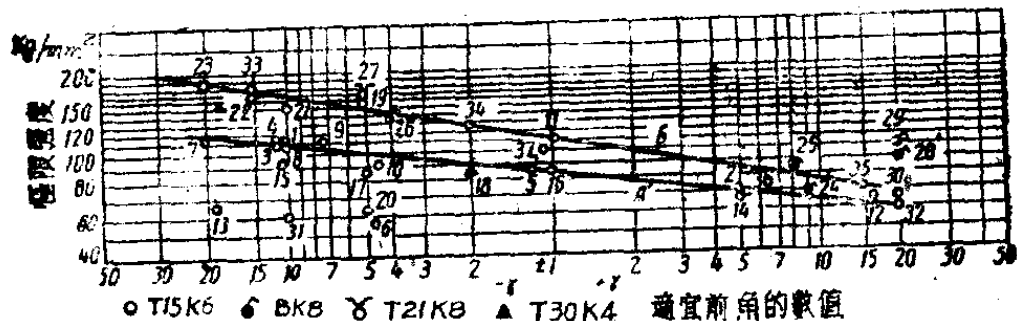


圖 1

出：對於鋼的加工，試驗求出來的前角數值全在一條直線 A 上。這表示上述的法則是正確的。試驗數值全靠近直線 A 又意味着切削速度、切屑厚度和硬質合金質量都不是影響前角數值的主要因素。

表中第6、13、20、31的試驗結果，距直線 A 很遠，這不但說明試驗有了錯誤，而且是表示它的前角在切削過程中已經生出了月牙窪，使前角劇烈增加。這在車削工作中尤爲顯著。

圖 2 表示車削鉻鋼(含碳 0.40%， $\sigma_b = 77 \sim 88 \text{ kg/mm}^2$)的實驗結果。應用的車刀刀頭是 T15K6 的硬質合金，前角 $\gamma = -10^\circ$ ，切削刃傾斜角 $\lambda = +10^\circ$ ，導角 $\varphi = 60^\circ$ ，離角 $\varphi_1 = 60^\circ$ ，主開隙角 $\alpha = 12^\circ$ 。車製件毛胚的切削速度是每分鐘 130 公尺。切削深度 $t = 4$

公厘,進度是每轉 0.23 公厘。

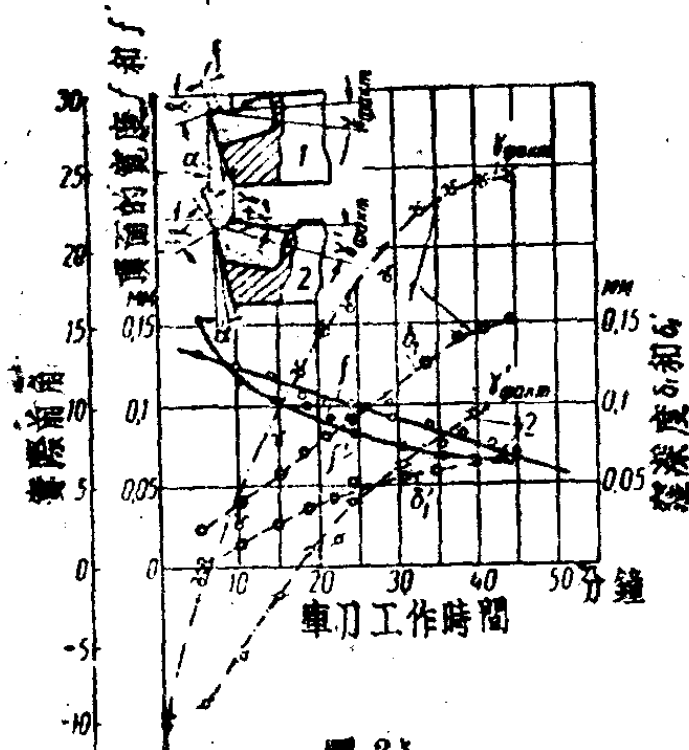


圖 2*

在車刀磨耗的過程中,隨時做以下的測驗;月牙窪深度 δ_1 , 月牙窪寬度 δ_2 和刀頭頂面上的斜稜面寬度 f 。測驗它們的目的是求切削過程中實際前角 ($\gamma_{\phi km}$) 與月牙窪深度及月牙窪寬度變化的關係。

我們可以從圖 2 看出,車刀在切削前,它的前角 $\gamma = -10^\circ$, 在切削開始 6 分鐘以後,由於在刀頭頂面上發生了磨耗,前角就增到 0° ,而經過 30 分鐘後,前角便成了 $+15^\circ \sim +20^\circ$ 。

因此,如果把第 30、32 試驗結果移到線圖中(圖 1)並計其工作時間正在一半時實際生成的前角,則此值正靠近基本直線 A。

在圖 2 中表示出頂面為平面形的刀頭和二重頂面刀頭的實

* 圖 2 中頂面的寬度應為斜稜面的寬度,窪深度應為月牙窪深度。

求硬質合金刀具適當前角的各種試驗結果

第號	製件材料的特性	工作種類	適當的前角 γ	切削刃的傾斜角 λ	導角 ρ	前刀面的磨耗 δ mm	走刀量 S_z mm	切削速度 V 公尺/分鐘	硬質合金
1	鉻鋼 $\sigma_b = 118 \text{ kg/mm}^2$	立 銑	-10°	$+15^\circ$	60°	3.5	0.09	216	T15K6
2	碳素鋼含碳量0.40%者; $\sigma_b = 70 \text{ kg/mm}^2$	"	$+5^\circ$	$+15^\circ$	60°	2.0	0.15	264	T15K6
3	特殊洋火鋼; $\sigma_b = 110 \text{ kg/mm}^2$	"	$-12^\circ 10'$	$+6^\circ$	75°	—	0.105	113.5	T15K6
4	" $\sigma_b = 115 \text{ kg/mm}^2$	"	$-12^\circ 10'$	$+6^\circ$	75°	—	0.1	113.7	T15K6
5	鋼經熱處理者; $\sigma_b = 88 \text{ kg/mm}^2$	"	$-1^\circ 15'$	$+4^\circ 15'$	75°	0.75	0.095	100	T15K6
6	碳素鋼(含碳量0.40%者) $\sigma_b = 87 \text{ kg/mm}^2$	"	$-4^\circ 45'$	$+1^\circ 15'$	75°	0.75	0.095	200	T15K6
7	鉻鋼 $\sigma_b = 115 \text{ kg/mm}^2$	"	-20°	$+15^\circ$	90°	整個磨耗	0.122	81.6	T15K6
8	鉻鋼 $\sigma_b = 115 \text{ kg/mm}^2$	"	$-11^\circ 18'$	$+6^\circ 31'$	75°	2	小於0.085	150	T15K6
9	" $\sigma_b = 115 \text{ kg/mm}^2$	"	$-7^\circ 20'$	$+13^\circ 34'$	75°	2	大於0.085	—	T15K6
10	鋼 $\sigma_b = 90 \text{ kg/mm}^2$	"	$-4^\circ 20'$	$+3^\circ 30'$	75°	3	0.074	170	T15K6
11	耐熱鋼 $\sigma_b = 110 \text{ kg/mm}^2$	"	$+3^\circ 10'$	—	60°	1.5	0.04	153	T15K6
12	碳素鋼 $\sigma_b = 64.7 \text{ kg/mm}^2$	"	$+16^\circ 50'$	$+9^\circ 10'$	75°	1.5	0.147	238	T15K6
13	" $\sigma_b = 67 \text{ kg/mm}^2$	"	-19°	$+10^\circ$	60°	1.0	0.15	256	T15K6
14	碳素工具鋼含碳0.60~0.74%者; $\sigma_b = 67 \text{ kg/mm}^2$	在自動車床上車削	$+5^\circ$	0°	90°	—	0.012	100	T15K6
15	合金鋼 $\sigma_b = 92.4 \text{ kg/mm}^2$	薄的平銑	$-10^\circ 35'$	$+9^\circ 40'$	90°	1.5	0.043	294	T15K6
16	" $\sigma_b = 85 \text{ kg/mm}^2$	立 銑	0°	$+10^\circ$	30°	—	0.25	—	T15K6
17	洋火鋼 $\sigma_b = 87 \text{ kg/mm}^2$	車	-5°	—	—	—	—	—	T15K6
18	鋼 $\sigma_b = 87 \text{ kg/mm}^2$	車內孔	-2°	$+39^\circ$	60°	0.45	0.06	150	T30K4
19	特殊合金鋼 $\sigma_b = 160 \text{ kg/mm}^2$	車 削	-5°	0°	10°	—	0.21	100	T15K6
20	碳素鋼 $\sigma_b = 60 \sim 64 \text{ kg/mm}^2$	"	-5°	—	—	—	—	—	T15K6
21	特殊鋼 $\sigma_b = 150 \text{ kg/mm}^2$	"	-10°	$+4^\circ$	$45 \sim 90^\circ$	—	—	—	T15K6
22	" $\sigma_b = 170 \text{ kg/mm}^2$	"	-15°	$+4^\circ$	$45 \sim 90^\circ$	—	—	—	T15K6
23	" $\sigma_b = 190 \text{ kg/mm}^2$	"	-20°	$+4^\circ$	$45 \sim 90^\circ$	—	—	—	T15K6
24	不銹鋼 $\sigma_b = 70 \text{ kg/mm}^2$	"	$+9^\circ$	—	—	—	—	—	BK8
25	" $\sigma_b = 87 \text{ kg/mm}^2$	"	$+8^\circ$	—	—	—	—	—	BK8
26	" $\sigma_b = 135 \text{ kg/mm}^2$	"	-4°	—	—	—	—	—	BK8
27	特殊合金鋼 $\sigma_b = 169 \text{ kg/mm}^2$	"	-5°	—	—	—	—	—	T21K8
28	鋼 $\sigma_b = 90 \text{ kg/mm}^2$	車削, 刀頭為平面並帶斜後面	$+20^\circ$ $\gamma_1 = 0^\circ$	0°	45°	1.0	0.24	116	BK8
29	" $\sigma_b = 100 \text{ kg/mm}^2$	"	$+20^\circ$ $\gamma_1 = 0^\circ$	0°	45°	1.0	1.0	22.6	BK8
30	" $\sigma_b = 65 \text{ kg/mm}^2$	"	$+20^\circ$ $\gamma_1 = -5^\circ$	0°	60°	0.25	—	—	T15K6
31	" $\sigma_b = 60 \text{ kg/mm}^2$	車削, 刀頭頂面為平面者	-10° $\gamma_1 = -20^\circ$	0°	60°	-1.0	0.17	170~240	T15K6
32	" $\sigma_b = 60 \text{ kg/mm}^2$	"	$+20^\circ$ $\gamma_1 = -20^\circ$	0°	60°	1.0	0.17	240	T15K6
33	高質特殊合金鋼 $\sigma_b = 170 \sim 180 \text{ kg/mm}^2$	立 銑	-15°	$+6^\circ$	60°	1.2	0.095	138.2	T15K6
34	鋼 $\sigma_b = 120 \sim 140 \text{ kg/mm}^2$	車 削	0° 到 -4°	0°	45°	0.8	0.5	79	T15K6
35	耐熱鋼 $\sigma_b = 67 \text{ kg/mm}^2$	立 銑 $f = 0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$	$+15^\circ$ $\gamma_1 = -7^\circ$	—	—	—	0.15	152	T15K6
36	特殊合金鋼 $\sigma_b = 70 \text{ kg/mm}^2$	"	$+5^\circ$	$+11^\circ$	30°	—	0.1	93	BK8
37	" $\sigma_b = 95 \sim 100 \text{ kg/mm}^2$	車 削 $f = 1 \sim 1.5 \text{ mm}$	$\gamma_1 = -5^\circ$ $\gamma + \delta^\circ$	0°	45°	0.4~0.5	0.2	175	T30K4

際前角、月牙窪深度和刀頭頂面上斜稜面的寬度，我們應當注意：在斜稜面的前角為 $\gamma_1 \approx -10^\circ$ 時，二重頂面刀頭比頂面為平面形的刀頭生成的月牙窪要小得很多。例如切削開始30分鐘後，No.2 車刀生出的月牙窪深是 0.052 公厘，而 No.1 車刀是 0.112 公厘；No.1 車刀在切削開始30分鐘以後 $\varphi_1 = 18^\circ \sim 20^\circ$ ，而 No.2 車刀只有 $+6^\circ$ ，月牙窪生成很慢。這表示 No.2 車刀的强度高過 No.1 車刀。

刀 頭 形 狀

車刀應用愈久，斜稜面寬度 f 和 f' 就愈減小。但 No.2 車刀的磨減比 No.1 車刀小。由此看來，在刀頭上具有負前角的斜稜面寬度 $f' = (1.5 \sim 2)S$ ，有增強刀刃強度的作用。而在大的頂面上，具有正前角，正可以減少變形功能和摩擦功能，也便是可以減低切削力和生成月牙窪的性能。這些都是在切削上有很重要的意義的。因此硬質合金車刀二重頂面的刀形在高速切削法中應列為最基本的刀形。至於負前角的切削工具，它的斜稜面的寬度應大於 $2S$ ($f = 1.5 \sim 2$ 公厘)。並且在高速銑製工作中，為減低切削力和切削馬力，最好也應用二重頂面的銑刀。

對於特殊高級合金鋼的加工，通常都是選取較小的切屑厚度和切削速度，以便減小月牙窪的生成；這時磨耗主要發生在刀頭的主前刃面。在刀刃單位長度內荷重甚小的情況下，不致很快的出現月牙窪，這樣便使刀刃在較小負前角和很大正前角的情況下，仍保持足夠的強度（在鋼的抗張力 σ_b 不變的條件下）。

將表中的試驗數值移至圖中的線圖中時，可得出直線 B。它和直線 A 成一個傾斜角度。所以在切削普通鋼和特殊高級合金鋼中，抗張力愈小時，它們所用的硬質合金適宜前角的數值愈為接近。

計算前角的公式

將試驗資料做一數學的分析時，可以得出下列的關係。

對於普通鋼的加工：

1) 鋼的抗張力 $\sigma_b < 80 \text{ kg/mm}^2$ 者，

$$+\gamma = \frac{25 \times 10^{14}}{\sigma_b^8} \quad (2)$$

2) 鋼的抗張力 $\sigma_b = 80 \sim 120 \text{ kg/mm}^2$ 者，

$$-\gamma = 5 \times 10^{-16} \sigma_b^8 \quad (3)$$

對於特殊性質的高級合金鋼：

1) 鋼的抗張力 $\sigma_b < 110 \text{ kg/mm}^2$ 者，

$$+\gamma = \frac{50 \times 10^{10}}{\sigma_b^{5.7}} \quad (4)$$

2) 鋼的抗張力 $\sigma_b > 110 \text{ kg/mm}^2$ 者，

$$-\gamma = 0.22 \times 10^{-11} \sigma_b^{5.7} \quad (5)$$

這就發生一個問題，如果為增強刀刃的強度而做出負角 ($\gamma_1 = -5^\circ, -10^\circ$) 的斜稜面，寬度 $f = (1.5 \sim 2)S$ ，那麼鋼的抗張力對於刀具的適宜前角發生甚麼影響呢？按試驗 28、29、30、32 證明，這時製件材料的抗張力都低於每平方公厘 80 公斤，而適宜前角的大小是和製件材料的質量無關的。

對於 $\sigma_b = 50 \sim 80 \text{ kg/mm}^2$ 的鋼件，二重頂面的車刀，它的適宜前角 $\gamma = +20^\circ$ 。

結 論

總括以上所述，可以得出如下的結論：

1. 要磨耗在刀頭的主前刃面時，硬質合金刀具的適宜前角對於普通鋼製件可按公式(2)、(3)計算；對於特殊性質的高級合金鋼按公式(4)、(5)計算。

2. 硬質合金刀具（包括銑刀和車刀）在切削過程中，刀頭頂面上發生強烈磨耗時，應做成二重頂面刀形，斜稜面的前角 $\gamma_1 = -5^\circ, -10^\circ$ ； $f = (1 \sim 2) S$ 和 $\gamma = 15^\circ \sim 20^\circ$ ；如 $\sigma_b > 85 \text{ kg/mm}^2$ 時， $f = 1 \sim 3$ 公厘。

3. 在精銑和精車工作中，為得出高級光潔的表面，對於 $\sigma_b < 80 \text{ kg/mm}^2$ 的普通鋼，要使硬質合金刀具的頂面帶着負前角 $\gamma = -5^\circ$ ，而切削刃的傾斜角為 $\lambda = +10^\circ$ 。

4. 在銑製灰鑄鐵和可鍛鑄鐵時，銑刀的前角 $\gamma = +5^\circ$ ，如導角 $\varphi = 60^\circ$ 時，切削刃的傾斜角 $\lambda = +10^\circ$ ；如導角 $\varphi = 45^\circ$ 時，切削刃的傾斜角 $\lambda = +20^\circ$ 。

5. 對於輕合金和有色金屬的加工，如果切削速度超過每分鐘 1000 公尺時，則 $\gamma = +3^\circ, +5^\circ$ ； $\lambda = +5^\circ$ 。

6. 在平皮帶帶動的立銑床上工作時，銑刀只能做成正前角（在 $\lambda = +10^\circ, +15^\circ$ 時，前角是 $0^\circ \sim 15^\circ$ ）。因為若用負前角的銑刀，則皮帶常常滑掉，使銑刀顫動並減低銑刀的壽命。

7. 對於 $\sigma_b < 80 \text{ kg/mm}^2$ 鋼件的加工，如果製件是沖壓或鍛件的毛胚或是鑄鋼毛胚時，為增強刀具切削刃的強度起見，在切削刃傾斜角 $\lambda = +10^\circ \sim +15^\circ$ 的情形下，它的前角應取 $\gamma = -5^\circ$ 。

8. 為保證切屑的碎斷，車刀最好在頂面上做出一個月牙窪，它的深度取 $0.1 \sim 0.15$ 公厘，寬度 $2 \sim 2.5$ 公厘，月牙窪底的圓半徑為 $4 \sim 5$ 公厘。頂面和月牙窪研磨好以後，做出負角的斜稜面，它的寬度取 $0.2 \sim 0.5$ 公厘，負角 $\gamma_1 = -5^\circ$ 。

9. 為切屑碎斷或打捲起見，在二重頂面車刀的正前角 ($10^\circ \sim 12^\circ$) 的頂面上，要做出適當的隆台(或月牙窪)。

謝研譯自 'Вестник Машиностроения' 1960 年 2 月號。