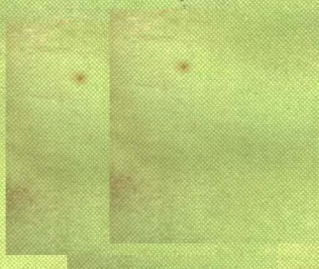


“工業技術通訊”叢刊

高速切削法參考材料

——第五輯——

工業技術通訊編輯委員會編



機械工業出版社



編 者 的 話

高速切削中的一個主要問題就是刀具問題。‘高速切削法參考材料’的前三輯都是圍繞這一問題來談的；現在這一輯還要繼續談它。

這一輯一共選了七篇文章，內容包括三個方面。第一、第二兩篇是刀具的一般問題；其次三篇是非金屬刀具的介紹；最後兩篇是磨刀的方法。

這七篇當中，前三篇曾在‘工業技術通訊’上發表，後四篇曾在‘機械譯叢’上發表。

編者：工業技術通訊編輯委員會 責任校對：應鴻祥

1952年11月發排 1953年2月付印 1953年3月初版
書號：0131-4-20 $31 \times 43\frac{1}{32}$ 47印刷頁 1-5,300冊 定價4,200元(乙)
機械工業出版社(北京亞甲廠17號)出版 中國圖書發行公司總經售

目 次

硬質合金車刀的設計和製造	陳耀君 (17)
不等前角的刀具	
..... 留波米爾斯基著 安殿英譯 (27)	
石質刀——硬質合金刀的代用品	蒲益彰 (34)
燒結材料的刀具	
..... 伊薩也夫、左列夫、古秋瑪著 范國寶譯 (38)	
熱壓鋼玉車刀的金屬切削	
..... 古達索夫著 汪仲蘭、吳兵譯 (45)	
硬質合金刀具的刃磨與光磨	
..... 卡爾舒諾夫、莫古卓娃著 李德廣譯 (49)	
刀具的集中刃磨制	伊歐法著 安殿英譯 (69)

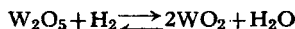
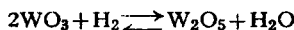
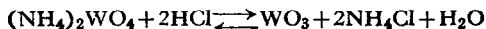
硬質合金車刀的設計和製造

陳 耀 君

一 硬質合金是怎樣製成的

很多人把硬質合金叫做‘磁鋼’，因而就說它是一種特別硬的鑄料，這種說法是完全錯誤的；硬質合金不但在它的成分上是幾乎不含有鐵的元素，而且在它的製造上也與銹鋼有基本的區別。我們知道鋼是由鐵冶鍊出來的，而硬質合金則是把幾種非鐵金屬的元素和碳化物混合在一起，用高壓壓成形，然後在高溫下鍊成的。現在把硬質合金的製造過程概略地介紹如下。

首先用物理選礦法將鎢礦中較純粹的鎢塊選擇出來，然後把這些鎢塊碾碎到 200 網眼細度的粉末，接着將粉末放入鹽酸 (HCl) 中令其溶解，此後再用氫氧化銨 (NH₄OH) 中和，使其成為鎢酸銨 (NH₄)₂·WO₄，這時不純粹的雜質如二氧化矽 (SiO₂)、氧化鐵 (FeO)、二氧化鈣 (CaO₂) 等也被分離出來。然後再用鹽酸洗滌，使成三氧化鎢粉末，最後用氫還原，即得灰色鎢粉。其化學方程式如下：



然後將鎢粉與碳粉混合，加熱至 1,500°C，經二小時後即成碳化鎢 (WC)。再把碳化鎢塊放入研磨機中磨成極細粉末，同時按一定比例參入鈷塊，再進行研磨，這樣磨成的粉末，如果愈細，製出來的硬質合金的性質也就愈好。然後再在碳化鎢和鈷的混合物中加入橡膠溶液（以汽油為溶劑），使粉末的混合物成為泥糰一樣的東西，最後又將它放在每平方公分 1,500 磅壓力的強力水壓機中壓成長方塊，這長方塊須在 1,200°C 左右的溫度下烘數小時，過後用小砂輪切磨成單個小塊，這種小

塊即現用的各種尺寸的刀片。但是這時刀片的硬度和抗壓力還不够強，須將它放在電爐中焙燒，加熱到 $1,400^{\circ}\text{C}$ ，把包圍在碳化鎢四周的鈷粉焙化開來，經適當時間後，取出冷卻。它們就緊緊地凝結着碳化鎢，這種焙烘後的刀片，就是我們所使用的硬質合金刀片。

二 目前所使用的硬質合金刀的類別

東非過去在日僞時代留下來的硬質合金刀片，名目很多。如德製的維狄亞 (Widia)、梯吞尼脫 (Titanit)，美製的香格勞埃 (Tungaloy)、卡婆勞埃 (Carboloy) 等等。但是這些刀片現在市面上很少有賣，工廠裏雖還有一些，但數量也是極少的，所以在這裏就不多談了。我們現在最常用的硬質合金刀片是蘇聯製的，因此關於它們的性質和使用方法必須要了解透澈，在使用時才能運用如意，不致遭遇意外損失。

蘇聯的硬質合金刀片可以分為‘TK’和‘BK’兩大類。‘TK’類是加工鉗料用的，‘BK’類是加工生鐵和非金屬材料用的。在‘TK’類中又分成很多類別，如 T5K7, T5K10, T14K8, T15K6, T30K4 等，‘BK’類也同樣分成很多類別，如 BK8, BK6, BK6a, BK3, BK3a 等。在它們之間所以要分成很多類別，就是因為它們的成分各不相同。由於成分不同，因此其性質和使用範圍也各不相同，詳細情況見表 1。

從表 1 中知道‘TK’類的成分是由碳化鎢、碳化鈦及鈷燒結而成的；‘BK’類只是碳化鎢及鈷燒結而成的。但是‘TK’類裏面的 T5K10、T15K6、T30K4 和‘BK’類裏面的 BK8、BK6、BK3 等等字母下面的阿拉伯字是什麼意思呢？說出來很簡單，而且對使用硬質合金刀的人也很有用處。比如 T5K10，它的意思是含碳化鈦 5% 含鈷 10%，其餘則為碳化鎢。T15K₆ 也是一樣，它裏面含碳化鈦 15% 含鈷 6%，其餘為碳化鎢。再如 BK3，它的意思是含鈷 8%，其餘全是碳化鎢。所以從上面的幾個例子中，我們可以看出 T 即代表碳化鈦，K 即代表鈷。它們右下角的阿拉伯字母即代表其合成元素的含量。又從表 1 中知道，凡含鈷愈多的硬質合金，性質就愈強韌，而抗磨性能則愈差；但含碳化鈦愈多的硬質合金，性質却愈脆弱，而抗磨性能却愈強。所以我們只要知道硬質合

表1 硬質合金的物理性質、化學成分和應用範圍

加工材料	牌號	化學成分%			比重	硬度 R _A	抗張力 公斤/公厘 ²	性質	應用範圍
		WC	TiC	Co					
鋼	T3K10 T5K7	85 88	5 5	10 7	12.5 12.9	89.5 90	115 115	最強韌，能受強烈的衝擊和振動。	粗車、粗銼、走刀深、走刀快、可加工不連續或吃刀深淺不一的工作。
	T14KS	78	14	8	11.1	89	115	強韌性比T5K10稍差，但抗磨性則較強。	粗車、吃刀深、走刀快、可加工深淺不一的工作，但切削速度可較T5K10快25%。 在車光車時，用T3K10不適合工作母機的速度，如果用T15K6強韌度又不夠時，也可選用它。 銼、銹。用於切削量不變時。
	T15K6	79	15	6	11.1	90	110	強韌性較T5K10更差，但抗磨性則更強，稍能承受衝擊和振動。	光車或半光車。用於連續切削和切削量不變時。 光銼、銼、刮、車絲。
生非鐵金屬，非鐵金屬，鋼	T30K4	66	30	4	9.5	92.5	95	最硬，最耐磨，完全不能承受衝擊和振動。	精車、精銼、精銹、刮、車絲（可代替金剛鑽銼刀）。
	BK3	92		8	14.4	88	130	最強韌，能承受強烈的衝擊或振動。	粗車。吃刀深、走刀快、可加工不連續的切削或深淺不一的工作 刨、銹、銼、刮。
	BK6	94		6	14.5	88.5	120	強韌度較BK3稍差，但抗磨性較BK3強。	粗車。吃刀深、走刀快、切削量不變的工作。 光車、半光車、銹、銼、刮、車絲。
	BK3	97		3	14.9	90	100	最硬，最耐磨，完全不能承受衝擊或振動。	鋼以外的各種材料精車、車絲、刮、非金屬精加工。

金的成分，也就知道它的性質，也就知道它的使用範圍。因此硬質合金的類別既然是說明成分的，那末它對我們使用上就有莫大方便了。

三 硬質合金車刀的設計

1 硬質合金車刀的要求 設計單刃硬質合金車刀的基本要求與碳鋼或速度鋼的車刀沒有什麼兩樣，總而言之，它們都應具有獨立的切削性能，充分的強度，足夠的剛性和最適宜的工作的切削角度。

雖然現在硬質合金刀已廣泛地在機器工業中被應用着，但是對它的設計及製造問題却並沒有普遍地徹底弄明白。要是刀具設計者或工程師在設計時和技工在製造刀具或安裝刀具時，對刀具的基本知識能全部瞭解的話，那末就能增長刀的壽命和發揮高度的使用效能。下列諸條件就是設計和製造硬質合金刀時的主要因素。

1. 加工材料的物理性質和金相性質；
2. 吃刀深度和走刀量；
3. 切削速度（如果所要求的切削速度並不高，那末用硬質合金刀來代替高速度鋼車刀，是得不到任何好處的）；
4. 機床的有效功率；
5. 機床的剛性；
6. 工件本身的剛性；
7. 加工性質（車圓，切面，鏤孔，銑，鉋或其他）；
8. 連續切削或間斷切削；
9. 機床的能力已足夠在高速度條件下工作，而硬質合金刀是否能保證不超過其應力和磨損；
10. 硬質合金刀的類別；
11. 銅焊的有效性能；
12. 磨刀的有效性能；
13. 作用於車刀上的壓力；
14. 要有最適宜於切削工件的車刀角度。

另外，在設計時應選擇車刀刀片的尺寸，刀桿的尺寸，刀桿鋼料的

規格，熱處理(當必要時)和車刀上所要求的光製程度。

2 車刀上作用力的計算 當車刀開始切入材料的時候，由於材料分子間的牽引，產生一種抗拒車刀切入的力量。這種力量在切削時有三個分力：(1)切線方

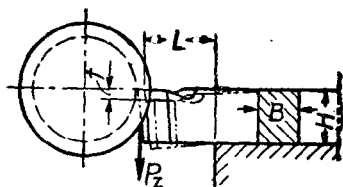


圖1 車刀尺寸圖

向阻力，亦即切削阻力(P_z)。(2)輻射方向阻力，亦即吃刀阻力(P_y)。(3)軸方向阻力，亦即走刀阻力(P_x) (見圖1)。在這三個力中間，切削阻力是真正消耗機床動力的，其他兩力則能影響工件機床等的穩固性和刀具壽命長短等等。因此我們在計算機床功率和刀具強度時，只是計算切削阻力(P_z)的。下式就是切削阻力的一個近似計算公式：

$$P_z = stk \dots \dots \dots (1)$$

式中 P_z =切削阻力(公斤)

s =走刀量(公厘/轉)

t =吃刀深度(公厘)

k =切削係數(由表2中查得)。

表2 切削係數表

加工材料	抗張力 σ_b (公斤/公厘 ²)	布氏硬度 H_B	切削係數 k
機械鋼	80	—	130
機械鋼	60	—	160
機械鋼	70	—	200
機械鋼	80	—	230
機械鋼	90	—	270
灰生鐵	—	150	70
灰生鐵	—	170	90
灰生鐵	—	190	100
灰生鐵	—	210	110
青銅	—	—	60~110

表 3 硬質合金車刀的刀片和刀桿所能承受的允許切削阻力

按硬質合金刀片和車刀刀桿的強度所允許的切削阻力									
I. 按硬質合金刀片的強度									
刀片厚度 (公厘以下)	吃刀深度 t (公厘)								允許切削阻力 P _a (公斤)
	1	2	3	4	6	8	12	15	
4	90	180	270	360	540	720	1080	1350	
6	190	385	580	770	1150	1540	2300	2880	
8	330	660	990	1320	1975	2630	3950	4940	
10	500	995	1500	2000	2980	4000	5960	7450	

註：以上 P_a 為 BK₆ 和 BK₈ 的値，若用於 T₅K₁₀ 和 T₁₅K₆ 時，應按上值減去 10%。

II. 按車刀桿的強度

車刀伸出部分 L	刀桿尺寸 (公厘)												
	正 方 形 剖 面						矩 形 剖 面						
	6×6	10×10	12×12	16×16	20×20	25×25	30×30	10×16	12×20	16×25	20×30	25×40	30×45
1.5H	80	220	320	570	890	1385	2000	355	535	890	1330	2220	3000
2H	60	165	240	425	670	1040	1500	265	400	665	1000	—	—

允許切削阻力 P_z (公斤)

註: H為車刀高度

車刀伸出部分 L	圓形刀桿尺寸 d (公厘)									
	允許切削阻力 P_z (公斤)									
	10	12	16	20	25	30	40			
3d	65	95	170	265	415	600	1070			
4d	50	70	130	200	310	450	800			
5d	40	60	100	160	250	360	640			
6d	35	50	85	135	210	300	530			
7d	30	40	75	115	180	255	455			
8d	25	35	65	100	155	225	400			

大家都知道機床的動力與切削阻力直接有關，若切削阻力過大，那末電動機就要過負荷。如果機床的動力已足夠在高速下工作，那末硬質合金刀和車刀刀桿是否能承受得了呢？這個問題在前面已經提起過，而且也是我們設計刀具者必須要考慮的條件。表3就是說明硬質合金刀的刀片和刀桿所能承受的允許切削阻力。

3 刀桿強度的計算 由於切削阻力作用於車刀上，因此使刀桿產生應力。

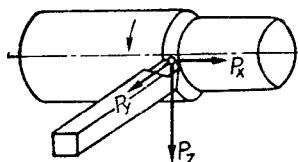


圖2 車刀受力圖

普通在車刀上受應力最大的地方是在刀架支持部分。而撓度最大的地方則在刀頭與工件接觸部分。在計算的時候，一般就將 P_2 力集中在刀頭上的，所以即能得出車刀支持部分的彎曲力矩（見圖2）。

$$M_b = P_2 L \dots\dots\dots (2)$$

式中 M_b = 彎曲力矩(公分公斤)

P_2 = 切削阻力(公斤)

L = 車刀伸出部分，亦即 P_2 力量刀架支持部分的距離(公分)

彎曲力矩是由於材料強度的抗拒所產生的，所以材料的抗力矩必須等於彎曲力矩，抗力矩求法如下：

$$R = \sigma_b W \dots\dots\dots (3)$$

式中 R = 抗力矩(公分公斤)

σ_b = 抗彎應力(公斤/平方公分)

W = 剖面係數(立方公分)

$$(一) \text{ 矩形刀桿時: } W = \frac{BH^2}{6} \text{ (立方公分)} \dots\dots\dots (3_a)$$

$$(二) \text{ 正方形刀桿時: } W = \frac{B^3}{6} \text{ (立方公分)} \dots\dots\dots (3_b)$$

$$(三) \text{ 圓形刀桿時: } W = \frac{\pi d^3}{32} \text{ (立方公分)} \dots\dots\dots (3_c)$$

將(3_a), (3_b), (3_c)代入(3)式, 得:

$$(一) R = \frac{\sigma_b B H^2}{6} \dots\dots\dots (4_a)$$

$$(二) R = \frac{\sigma_b B^3}{6} \dots\dots\dots (4_b)$$

$$(三) R = \frac{\sigma_b \pi d^3}{32} \dots\dots\dots (4_c)$$

因爲

$$M_b = R$$

$$\text{所以: } (一) P_z \cdot L = \frac{\sigma_b B H^2}{6} \dots\dots\dots (5_a)$$

$$(二) P_z \cdot L = \frac{\sigma_b B^3}{6} \dots\dots\dots (5_b)$$

$$(三) P_z \cdot L = \frac{\sigma_b \pi d^3}{32} \dots\dots\dots (5_c)$$

$$\text{移項得: } (一) \sigma_b = \frac{6 P_z L}{B H^2} \dots\dots\dots (6_a)$$

$$(二) \sigma_b = \frac{6 P_z L}{B^3} \dots\dots\dots (6_b)$$

$$(三) \sigma_b = \frac{32 P_z L}{\pi d^3} \dots\dots\dots (6_c)$$

$$\text{再由}(6_a)\text{得: } (一) H = \sqrt{\frac{6 P_z L}{\sigma_b B}} \dots\dots\dots (7_a)$$

$$B = \frac{6 P_z L}{\sigma_b H^2} \dots\dots\dots (7_a)$$

$$\text{再由}(6_b)\text{得: } (二) B = \sqrt[3]{\frac{6 P_z L}{\sigma_b}} \dots\dots\dots (7_b)$$

$$\text{再由}(6_c)\text{得: } (三) d = \sqrt[3]{\frac{32 P_z L}{\sigma_b \pi}} \dots\dots\dots (7_c)$$

一般做硬質合金刀桿的材料, 大都採用抗張力 $\sigma_b = 60 \sim 70$ (公斤/平方公厘) 的結構碳鋼, 它的硬度經過鉅焊後, 爲 $R_c = 20 \sim 30$ 單位 (如果車削強度較硬的材料或間斷切削時, 也可用合金鋼來作刀桿)。

但此時的抗張力(σ_t)為極限強度,所以並不適合設計時的要求,在設計時我們應採用允許應力或謂設計應力。此應力是很小的,它是由極限強度被安全係數除所得到的。我們設計時,如果事先不知道加工情況及工件條件。那末安全係數可採用 10~20。因此無論在計算刀具的強度或計算刀桿尺寸時,我們應以設計應力來計算才對。

4 刀桿撓度的計算 在設計刀桿時,若單根據其強度而滿足它的要求,這是不常有的事情。因為要使刀桿在工作時能有足夠的強度是很容易做到的,不過在切削時還是會發生撓曲。因之就要發出吱吱的聲音,結果使工件表面的光滑度很差,同時使刀片也很快地損壞了。所以要求工件質量優良和節省刀片,那末最重要的因素就是要設計刀桿有足夠的剛性,使刀具在切削時能承受撓曲。

由圖 2 我們可以看到車刀的受力情況,那末我們在考慮這個問題的時候,就可以當它是一個懸臂樑,所以最大撓度的公式,可由下式求得:

$$f_{(max)} = \frac{P_z L^3}{3EJ} \dots\dots\dots (8)$$

式中: $f_{(max)}$ = 最大撓度(公分)

粗車時允許最大撓度 $\cong 0.1$ 公厘

光車時允許最大撓度 $\cong 0.05$ 公厘

P_z = 切削阻力(公斤)

L = P_z 力到刀架支持部分的距離(公分)

E = 彈性係數,一般刀桿鋼料為 2,000,000~2,200,000
(公斤/平方公分)

J = 刀桿斷面積的轉動慣量(四次方公分)

$$(一) \text{ 矩形刀桿時: } J = \frac{BH^3}{12} \dots\dots\dots (8_a)$$

$$(二) \text{ 正方形刀桿時: } J = \frac{B^4}{12} \dots\dots\dots (8_b)$$

$$(三) \text{ 圓形刀桿時: } J = \frac{\pi d^4}{64} \dots\dots\dots (8_c)$$

將 (8_a), (8_b), (8_c) 代入 (8) 式得:

$$(一) f_{(max)} = \frac{4P_z L^3}{EBH^3} \dots\dots\dots (9_a)$$

$$(二) f_{(max)} = \frac{4P_z L^3}{EB^4} \dots\dots\dots (9_b)$$

$$(三) f_{(max)} = \frac{64P_z L^3}{3E\pi d^4} \dots\dots\dots (9_c)$$

由 (9_a), (9_b), (9_c) 移項得:

$$(一) B = \frac{4P_z L^3}{EH^3 f_{(max)}} \dots\dots\dots (10_a)$$

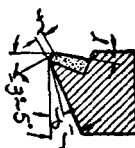
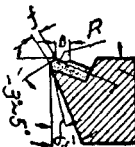
$$H = \sqrt[3]{\frac{4P_z L^3}{EB f_{(max)}}} \dots\dots\dots (10_{a2})$$

$$(二) B = \sqrt[4]{\frac{4P_z L^3}{E f_{(max)}}} \dots\dots\dots (10_b)$$

$$(三) d = \sqrt[4]{\frac{64P_z L^3}{3E\pi f_{(max)}}} \dots\dots\dots (10_c)$$

四 車刀的幾何形狀和各角度的選擇

1. 車刀前面形狀的選擇

I. 正前角倒稜的	前面形狀	應用範圍	除屑平面
	平面的  $f=0\sim0.8$ 公厘	1. 加工灰鑄鐵和可鍛鑄鐵。 2. 加工抗張力 $\sigma_b \leq 80$ 公斤/平方公厘的鋼料。 3. 如加工剛性不強或易起顫動的工件時，鋼料的抗張力亦可大於80公斤/平方公厘	在加工鋼料時，必須使用斷屑器。
	帶月牙窪的  $f=0.2\sim0.3$ 公厘 $B=2\sim2.5$ 公厘 $R=4\sim6$ 公厘: 窪深$0.1\sim0.15$公厘	1. 半光車抗張力 $\sigma_b < 30$ 公斤/平方公厘的鋼料 ($t=1\sim5$ 公厘 $S \geq 0.3$ 公厘/轉) 附註：月牙窪可用電火花法形成，而不允許在砂輪上磨成。	已應用特殊的除屑方法，所以無須安排除切屑的設備。
II. 負前角的	雙重的 	1. 在車刀前面上有月牙窪時，則可加工剛性不強和易起顫動的工件，但這工件材料的抗張力應為 $\sigma_b > 80$ 公斤/平方公厘的鋼料。 2. 加工帶有衝擊性和不規則外形的鋼料。	須用斷屑器排除切屑。或者用特殊的主偏角和主刀刃斜角，使切屑成小塊斷落。
	單重的 	1. 在車刀前面上無凹槽時，則可加工剛性較強和易起顫動的工件。但這工件的材料應為 $\sigma_b > 80$ 公斤/平方公厘的鋼料 註：磨車刀時只須磨後面即成。	須用斷屑器來排除鋼料的切屑。或者用特殊的主偏角和主刀刃斜角使切屑成小塊斷落。

2. 車刀前角(γ)和後角(α)的選擇

加工材料	α (度)		γ (度)	
	走刀量	S	車刀前面形狀	
	<0.3	≥ 0.3	I	II
構造鋼 碳鋼和合金鋼	$\sigma_b \leq 110$ 公斤/平方公厘	3	15	-5
	$\sigma_b > 110$ 公斤/平方公厘	—	—	-10
灰鑄鐵	$H_B \leq 220$	6	12	—
	$H_B > 220$	6	8	—
可鍛鑄鐵	$H_B = 140 \sim 150$	8	15	—

註: 1. $\alpha' = \alpha + 5^\circ$ 2. 在研磨時, 如果該角度小於 10° 時, 允許偏差 $\pm 1^\circ$; 大於 10° 時允許偏差 $\pm 2^\circ$.

3. 車刀主偏角(φ)的選擇

φ (度)	應 用 範 圍
10~13	當加工機件時,如車床,刀具,工件的剛性特別強和吃刀深度很淺。
45	1. 當加工機件時,如車床,刀具,工件剛性足夠堅強。 2. 通常最廣泛採用的一個角度。
60~75	1. 當加工帶衝擊性的機件時,如車床,刀具,工件剛性不強。 2. 在多刀車削時。
80~90	1. 當加工細長的機件時。 2. 在多刀車削時。

4. 車刀副偏角(φ_1)的選擇

φ_1 (度)	應 用 範 圍
0~5	精車工作(刀尖半徑為最大值時,此角度亦應取最大值)。
5~10	當加工剛性較強,吃刀深度不大者。
15~30	1. 當加工剛性不強,吃刀深度不大者。 2. 當加工剛性較強,吃刀深度較大者。
30~45	當加工剛性不強,吃刀深度較大者。
註: 在研磨時,如果該角度小於 10° , 允許偏差 $\pm 1^\circ$ 。在 $10\sim 30^\circ$ 範圍內,允許偏差 $\pm 2^\circ$ 。大於 30° , 允許偏差 $\pm 3^\circ$ 。	

5. 車刀主刀刃斜角(λ)的選擇

λ (度)	應 用 範 圍
0~5	當加工沒有衝擊力且很有規則的機體時。
10~12	當採用此範圍內之值時,如使前角 $\gamma = (-5^\circ) \sim (-10^\circ)$,主偏角 $\varphi = 70^\circ$,則切屑完全能斷落。
10~30	當加工不規則和帶有衝擊力的機件時。