

機械製造叢刊

高速切削特輯

第一輯

機械製造雜誌社出版

機 械 製 造 叢 刊

高 速 切 削 特 輯

第 一 輯 *

機 械 製 造 雜 誌 社 出 版

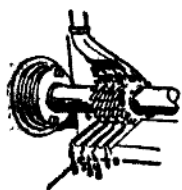
一 九 五 一 年 十 二 月 初 版

第一輯

目 錄

頁數

參觀高速切削表演後的傳達報告.....	莊國紳.....	1
怎樣提高金屬的切削速度.....	本社.....	9
炭化錳合金的認識及使用.....	郭衍漢.....	18
車刀硬質合金刀具刀桿的配製與刀頭的焊接.....	蘇鍾中.....	29
高速度銑切工作的發展.....	周善鈞.....	35
硬合金刀具的高速度銑切.....	莊國紳.....	37
負傾角硬合金銑刀之應用.....	邵 詒.....	39
螺紋的高速切削.....	魏雲松.....	42
硬合金刀具的修理和檢查.....	莊.....	51



參觀高速度切削表演後的 傳達報告

莊國紳

這次中央重工業部在北京舉辦高速度切削表演會，全國各大行政區均派有技術人員及工友同志們去參觀；有從上海、山東、廣州、江西、漢口等地遠道的。參加表演的人員是蘇聯專家在東北所訓練的技術員工（訓練三個月），雖僅表演一星期多，但其影響及意義甚廣。筆者僅參觀了八小時，回廠後做了以下的傳達報告，內容不免有疏忽失實，甚至錯誤的地方，這當然由筆者負責，還希望讀者及前輩指正。

一 中央重工業部舉辦高速度切削表演會的意義

中央重工業部為什麼要舉行這個表演會，這要牽及到東北的關係。在東北的許多廠，增添了蘇聯戰後出品的新工具機，而這些工具機有些是為硬質合金(Cemented carbide)刀具的高速度切削法而設計的。東北的工作同志，對這些新型的工具機沒有詳細的瞭解，因之對這些機器有錯誤的批評，甚至使用得不得法而損壞了。在這樣的情況下，蘇聯重工業特地派了以布羅斯古林總工程師為首的五位工具機專家，組織了「蘇聯派華工作母機組」前來檢查東北的蘇聯機床裝置及使用的情況。專家實地表演，並幫助訓練技術員工。因之在東北高速度切削已經有了顯著的初步成效，而東北工業部也具體的指示各機械製造廠來研究、學習、及推廣這樣的先進技術，以提高效率，增加生產。

中央重工業部鑒於東北的初步成果，因之把先進技術通過表演會，初步的介紹到關內，使大家重視這個方法，在可能條件下，有計劃有步驟的推廣起來。

這個會的舉辦是收效很大的。我國人對這次表演會，有以下的幾點感想：

- (1) 打破一些技術員工的保守性及經驗主義。凡是參觀過這些類似表演的人，一定會心服的接受新的技術，因之原有保守性及經驗主義動搖了。因為表演時所用的切削速度(Cutting speed)、進刀(Feed)、及切刀深(Cutting depth)，超過自己所選用的很多。
- (2) 高速切削法對某種材料所應選擇的硬質合金、切削速度、進刀、切刀深、及刀具形狀等，多有科學的及嚴格的規定，教育了大家對這些要求的重視。過去工友同志因文化水準較低，雖有寶貴經驗，但沒有明確的概念，未能使用到機器及刀具的最高經濟價值。
- (3) 應用高速切削時，對工具設計者及操作人員有較嚴格的要求，因之應該加強技術教育。尤其對工友同志們，要加強技術教育。而管理工廠的同志們，也應隨時隨地教育及指導他們。
- (4) 現有的工廠，對機器設備及刀具的效能，還沒有充份的利用。是不是大家都已用到高速鋼（因一般工廠均採用高速鋼刀具）的最大效能？相信經過檢查後，一定在現有的基礎上能夠提高一步，把高速鋼經濟的切削速度、進刀、切刀深等重視起來。
- (5) 領導上應重視儘量發揮機器的刀具的效能，不要過份強調勞動力。因為使用機器的人，假使是很緊張很忙碌的在操作，而沒有充份利用機器及刀具的效能，其生產效率是有限的。
- (6) 施工的計劃性。工作物要事先仔細研究，規定施工程序。刀具要集中管理及集中處理。例如用剩的刀具，應向工具室掉換，由工具室用專機專人磨快。這樣才保證刀具的正確，及使用壽命可較長。
- (7) 加強政治教育。因為機械工業由高碳鋼的刀具進步到高速鋼，由高速鋼再進入硬質合金刀具，這是二個革命的階段，一定要遭遇到很多困難。因之除加強技術教育外，最重要的是加強政治教育，使技術員工在國家主人翁的立場來大力研究，推廣這種高速度切削法。有信心克服一切困難，提高生產，為人

二 何謂高速度切削？

高速度切削法除蘇聯等外，像美國英國等資本主義國家，也都很早就應用了，但本質上則有不同。資本主義國家是用來作為剝削的工具，而工友同志們在無可奈何的情況下使用着。增加生產後，與工友同志無關，只有更多的財產進入資本家的袋中。但在蘇聯完全不同；第一，上級領導上非常重視這個方法，支持研究推廣，並具體的指示，提醒大家重視起來。第二，工作同志政治覺悟性高，故毫無顧慮的響應上級的號召。因之在蘇聯有多位史塔哈諾夫運動者，在高速度切削法中有很大的成就，而榮獲斯大林獎金。並有二位貝科夫及波爾特爾維契介紹他們的經驗，寫成二本小冊子（已有中譯本，三聯書店代售）。所以蘇聯在高速度切削法上有更多的和更深入的經驗，在生產中有驚人的成果。很多車間為此而超額完成了五年計劃的任務（甚至完成五年計劃的六倍，即完成六個五年計劃）。

蘇聯拉林同志，在莫斯科全蘇機械製造科學工程技術協會莫斯科分會，及鑄工、焊工、鍛工、的全蘇科學工程協會的代表會上，提出對鋼件加工切削速度等級的草案，並規定刀具的正傾角（東北譯為正前角）或負傾角（負前角）如下：

第一級——低速切削，10 公尺/分(33 呎/分)以下。刀具用正傾角的高碳鋼及合金工具鋼。

第二級——中速切削，10 公尺/分—50 公尺/分(33—160 呎/分)，應用高速鋼及相當的正傾角。對抗拉強度(Tensile strength) 80kg./m.m.^2 ($120,000$ 磅/平方吋)以下的鋼料，亦可用具有正傾角不大的碳化鎢(Tungsten carbide, WC)硬質合金。

第三級——加速切削，50 公尺/分—150 公尺/分(160—500 呎/分)，刀具應用碳化鎢及碳化鈦的硬質合金(Tungsten-Titanium Carbide)。對強度超過 80kg./m.m.^2 的鋼料，應用負傾角刀具。

第四級——高速切削，150—1000 公尺/分(500—3300 呎/分)。對強度超過 80kg./m.m.^2 的鋼料，應用負傾角的碳化鎢碳化鈦的硬質合金刀具。

第五級——超速度切削，切削速度大於 1000 公尺/分，僅適用於輕金屬及其合金。

在蘇聯，一般工友採用第三級。優秀的史塔哈諾夫工作者，爭取掌握了第四級。我們可以檢查一下，我們的車間裏用那一級。無疑地，我們是可以提高的。但高速切削並非僅提高切削速度而已，應該有具備的條件。要應用硬質合金刀具，便要有具備條件的工具機，要有相當數量的工作物，配合切削速度，調節進刀及切刀深，才能增加生產。這裏舉個在東北表演的例子，來說明高速切削的驚人成效。

工作物：主軸

應用機器：蘇聯 1A62 車床（這點或有疑問，即是否在同式的車床上加工。）

切 削 方 法	切削速度, 公尺/分	切刀深, 公厘,	走刀, 公厘/轉	工 時, 分
普 通 切 削	40	3.5	0.2	420
高 速 切 削	180	10.5	0.9	33.5
二 者 之 比 例	1:45	1:3	1:4.5	1:12.5

這事實是很令人佩服的。但在高速切削法所完成的工作品是否精緻呢？事實上比普通方法的結果還要好，這問題將在以下提到。

三 何謂硬質合金？

硬質合金是非鐵金屬合金，種類很多。但現應用最廣的是指鎢、鈦碳化物再加鈷(Cobalt)的黏質製成的。牠的特性如下：

(1) 有很高的硬度。蘇聯的產品，硬度在 $80.5-90 R_A$ (R_A 比 R_c ，前者試驗時用 50 公斤負荷，後者用 150 公斤。其相當值為 $R_A 80.5$ 相當於 $R_c 59$ ， $R_A 87$ 相當於 $R_c 71$)。高速鋼的硬度為 $R_c 62-66$ 。

(2) 有很高的熱硬性(Red hardness)。刀具的要求，不僅是通常的硬度，而且在切削中溫度增高時，仍須維持其硬度，這叫熱硬性。高碳鋼在 $200-250^\circ\text{C}$ 時硬度開始下降，高速鋼在 600°C 變化，而硬

質合金可高到 900°C。這特性很重要，可以相當高速切削。這次參觀中見到刀頭上發生火花，並且到發紅，仍照常工作。

• (3) 耐磨性(Wear resistance)。刀具的耐磨性也很重要，僅有熱硬性而無耐磨性，則刀具容易鈍。這樣不但使用壽命短，並且影響加工面的光潔。

這裏再舉個例子來說明硬質合金的經濟價值：——

工作物：硬度為 H_B 140—160 的生鐵(皮氏硬度)。

條件：發揮三種刀具最大效能，由鋒利到鈍了。

結果：硬質合金刀具的使用時間，比高碳鋼高 9 倍。

切屑重多 90 倍。

硬質合金刀具的使用時間，比高速鋼高 5 倍。

切屑重多 9.5 倍。

刀 具	使用時間(分)	切 屑(公斤)
高 碳 鋼	1.7	0.65
高 速 鋼	3.2	6.1
硬 質 合 金	16.5	58

在蘇聯，後二者價格雖為一比三，但還是有很大的經濟使用價值的。

硬質合金主要的成份是碳化鎢、碳化鈦，以鈷為黏質，用結合法(Sinter)製造成的。將三種成品用球磨機磨成粉狀，分二步結合而成。初次是加溫 1000—1400°C，結合成的刀頭硬度並不高，可以加工，如鋸、車、銼、等方法，以改變其形狀。第二步結合溫度為 1800—1900°C，並加 2—3 噸/平方公分的壓力。這次大約體積要縮小 20—30%。(此種溫度是德國的記錄，蘇聯的書上載為 1400°C，很有出入的)。製成品再磨到所需的形狀及尺寸。硬質合金的熔點在 2000°C 以上，結合溫度低於熔點。

幾種成份的特性：(1) 碳化鎢硬而脆，有高的熱硬性及耐磨性。

(2) 鈷的作用是黏結，以增加其強度，但也減低其硬度。

(3) 碳化鈦有比碳化鎢更高的硬度和脆性，而具有更高的耐磨性。

因之對這三種性質熟悉後，即可順利的選擇硬質合金了：對鑄鉄、有色金屬、或非金屬加工時，因這些材料比較脆，抗拉強度不大而切屑是不連續的(Discontinuous chips)，故可選用強度及耐磨性稍低的含有碳化鎢及鈷的硬質合金。而假使這些工作物是毛坯、偏心、或不連續切削而有衝擊作用的，則應選擇含鈷較高者，取其強度。反之，如果是精加工，切刀淺，並是連續切削，則應選擇含鈷較少者，取其硬度。

對鋼件加工，因其抗拉强度高，切屑連續，刀具磨耗大，故需要取耐溫耐磨的碳化鎢、碳化鈦、及鈷的硬質合金。假如是不連續的、有衝擊作用的工作，應取鈷較多者。反之，精加工則可取含鈷較少者。

硬質合金的用途還不限於刀具上，有時利用其特性在分厘卡的卡頭(Micrometer anvil)，拉鋼絲的模子(Drawing die)，探鑽用的鑽頭，及割玻璃等等用途。今就各國用的硬質合金種類，列表如下：

[第一類]用於鑄鉄，有色金屬及非金屬的碳化鎢(WC)和鈷(Co)硬質合金：

國 別	蘇 聯			德 國			美 國	
牌 號		BK ₉	PK ₉	BK ₉	Widia N ₁ H	Widia G		
成 分	WC	92	94	97 ^①	C	6	5.4	WC
	Co	8	6	3	Co	6	11	87
					W	88	83.6	Co
比 重		13.35	14	14.9	14.7	14		
抗拉強度 Kg/m.m. ²		130	120	100				
硬 度		89.5 R _A	90 R _A	91 R _A	1500 H _B	1500 H _B		87—87.5 R _A
用 途		粗 車	粗 車	精 車	粗 加工	精 加工	木 工 刀 具	磨 削 加 工

備註(1) 美國的產品亦分多類，因手頭資料少，表中僅指一般性。

(2) 蘇聯的牌號以 BK 代表。K 代表鈷，其下之指數表 %。B 代表碳化鎢，其量即除去鈷%之餘數。

我國大通亦能製成此種硬質合金，其性質類似 BK₁ 型。

[第二類]用於鋼件的碳化鈷、碳化鈦、及鈷、鈦硬質合金

國 別	蘇 聯				德 國			美 國	
牌 號	T ₂ K ₁₀ T ₁₅ K ₆ T ₂₀ K ₄				Widia X		Widia XX	Titanium Carbide	Tantalum Carbide
成 分 %	WC	85	79	66	C	7	8	WC	13
	TiC	5	15	30	Co	5.5	5.5	TiC	74
	Co	10	6	4	Ti	7	12	Co	12
比 重	12.2		11	9.5	12.3		11.1		
抗拉强度 kg/mm ²	115		110	90					
硬 度	89.5 R _A		90 R _A	91 F _A	1800 H _B		1800 H _B	90 R _A	88 R _A
用 途	粗車銑 光車銑		精車銑		粗車銑 精車銑		精車銑	用於含碳量 0.45—0.75 鋼料 200— 250 H _B	鎢鋼，鍛鋼 500 H _B

由表中看出，美國的硬質合金是以碳化鈦 (TiC) 或碳化鋇 (TaC) 為主，碳化鈷為副，因之鈷的含量比其他國多。因碳化鈦比碳化鈷脆，故多加鈷以得其強度。以筆者推想，或因該國內礦產及原料供應有關，以他物代替，故有別於其他國家。

四 高速度切削下的熱量問題

在高速度切削下，因刀頭與工作物摩擦，切屑自身分子與分子間的被擠，及切屑與刀具間的摩擦，一定發生熱量。假使刀具使用到最高效率的話，其溫度可高至 700—800°C。在這樣高溫下工作物，是否變形呢？但事實上溫度高的，並非工作物而是切屑。因為切削速度高，切屑的熱量來不及傳到工作物就帶走了。這次參觀時曾以手去摸工作物，在高速銑切的工作物上溫度如常，似無感覺。車床工作物稍有溫度，切屑已經變色了。

據蘇聯專家的說明，高速切削時，切屑分子間互擠而生的熱量，比刀具與工作物摩擦及刀具與切屑摩擦所生的熱高 6 倍。換言之，主要的熱量在切屑中。這些熱量的分配，約切屑帶去 75%，刀具傳去 20%，工作物傳去 4%，空氣傳去 1%。切屑的溫度增高，是有利於切削的。因為鋼的溫度增高，剪應力 (Shearing stress) 減低，即切削省力。

蘇聯專家又提供實例，說明切速、進刀、切刀等變化時，對所生溫度的變化：

如果切速增加一倍，其他條件不變，溫度增 40%。

如果進刀增加一倍，其他條件不變，溫度增 25%。

如果切刀深增加一倍，其他條件不變，溫度增 10%。

當然上面的例子沒有說明更具體的情況，仍有比較的價值。所以如果單考慮溫度的話，那末增加切刀深最有利，因其溫度變化小。但是實際操作中，切速、進刀、切刀、三種，要靈活應用的。利用硬質合金切削與高速鋼不同，一定要在高速度下切削才有威力，否則反而吃力。

提高生產也可以說就是提高單位時間內的切屑量，是與切速、進刀、切刀有關，但同時要兼顧刀具磨一次後的使用時間。進刀的大小有關工作物的光潔及刀具壽命；切速如提高太大會影響刀具壽命；增加切刀深度所影響刀的壽命較小，但切刀深度又有關刀具的強度。說起來，沒有一個具體的原則，最好還是查看實本上一些已經採用的數字，（除以上的關係外，並與工作物材料種類及機器情況有關），或者在實際操作中去尋求最好的解答。

五 刀具形狀

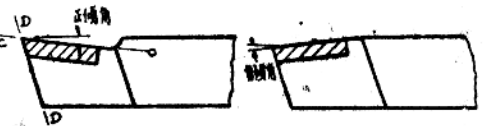
高速切削刀具的形狀很重要（其他刀具亦然）。各種角度因材料的不同而異，與切削馬力、工作面的光潔、及刀具壽命亦有關。歷來各國使用的經驗，在書本中均有介紹，這裏一般的不談了。但蘇聯的規定，硬質合金對鋼料強度超出 80 kg/mm^2 時，應用負傾角（或負前角）刀具，因之這裏來談談負傾角。（圖一）為正傾角刀具，（圖二）為負傾角刀具。究竟負傾角有什麼優點及缺點？

優點：

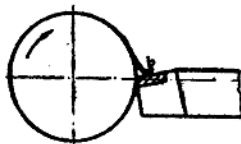
（1）參考（圖二），刀具的強度增加了；同時參考（圖三）及（圖四）。（圖三）表示正傾角車刀切削時，切屑與刀具面接觸在 a 點。在（圖四）中負傾角時，接觸點向後移到 b 點。這樣刀頭受力不在尖端，因此增加強度，同時散熱面也增大了。

（2）負傾角刀頭所受力為壓力，因硬質合金的壓力強度甚高（ 450 kg/mm^2 ），拉力強度較弱，約 120 kg/mm^2 左右，（高速鋼拉力強度為 320 kg/mm^2 ）；同時負傾角切削時切屑是剪斷的（受的是剪力）。正傾角切削時，切屑是折斷的（受的是彎力 Bending force）。

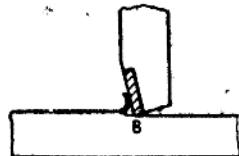
（3）負傾角刀具切削出來的加工面很光潔，其原因如（圖五）所示。因很硬而耐磨的硬質合金 B 點，



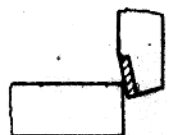
圖三



圖四



圖五



圖六

在工作面上有冷壓 (Burnishing) 的作用，故工作物有光潔的平面。這次參觀銑床工作表演，證實了這點。

（4）負傾角刀具宜於不連續及有衝擊作用的切削。如（圖六），刀具與工作物最初接觸點不在刀尖上而在上面，這樣不致折斷刀尖。正傾角刀具沒有此情形。

但是負傾角刀具亦有以下的缺點：

（1）使用負傾角刀具在車切 (Turning) 時，半徑方向的切削力 (Radial cutting force) 大，故對剛性不夠的工作物（如細而長的）、剛性不夠的工具機、和軋不準的工作物，工作時增加困難。

（2）負傾角刀具在切削時，所需的動力增大。

（3）負傾角刀具在切削時，切屑溫度增高，流出速度快，容易傷人，故須加注意及安全裝置。

因之，負傾角要定得小，而用於抗拉強度大於 80 kg/mm^2 的鋼料及有衝擊作用的工作物。

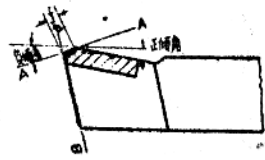
在蘇聯，由於政府的支持及推廣，工程師及工友們的努力研究，已經創造出多種很有價值的硬質合金刀具，在生產中起了很大的作用。這裏介紹幾種：

（A）二重傾角刀具

上面已經談過了負傾角的缺點，而這種二重傾角刀具便可克服這些缺點。所謂二重的意思，即有正傾角也有負傾角，如（圖七）在刀頭部份有一段很短的負傾角後面，其長 $f = 0.5 - 1.5 S$ (S 表示進刀)。東北的訓練班是全採用這型刀具的，其優點如下：

（1）使用時期較長，因鈍後磨利時是沿 AA 線及 BB 線。普通刀具，多照（圖一），是沿 CC 及 DD 線，當然前者較經濟。

（2）切削馬力較單純負傾角刀具為小。



圖七

(3) 據講解員的回答，所有主要滑動面(Sliding surface)均由高速度銑切而成，並不再經過磨或刮平(Scraping)的手續，精密度亦相當高。

(4) 據講解員的報告，停車及換齒輪均有特殊裝置。停車繼電鈕時，附帶的使馬達電線瞬間的調換線頭，這樣使馬達有利車的作用。換齒輪時，不一定馬上就能換上，能使齒輪稍微的轉動以便容易搭牙。當然觀察得不夠仔細，齒輪箱內未能一探。

(B) 車床 紅色無產者工廠 1950 年出品，1A62 型。

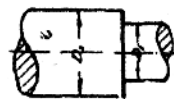
規 格	
頂尖高度.....	200 公厘
最大轉徑:	
自床身上.....	410 公厘
自拖板上.....	210 公厘
最大加工長度.....	900 公厘
主軸轉速:	
正轉.....	24級, 11.5—1200 r.p.m.
反轉.....	12級, 18—1500 r.p.m. (車螺絲退刀用)
主軸孔徑.....	38 公厘
前頂尖斜度.....	摩氏 #5
車螺絲範圍:	
公制.....	43 種, 1—192 公厘螺距
英制.....	20 種, 24—2 牙/吋
模數 (Module).....	38 種, 0.5—48
徑節 (Diametrical Pitch).....	37 種, 96—1
馬達.....	220/300 伏特, 3 相, 50 週, 7.8 Kw (約 10.5 H.P.), 1500 r.p.m.
走刀, 35 種:	
縱走刀.....	0.082—1.58 公厘/轉
橫走刀.....	0.027—0.52 公厘/轉
車刀最大尺寸.....	25×25 公厘
刀架迴轉角度.....	±45°
小刀架行程.....	100 公厘
大刀架行程.....	290 公厘
大刀架橫行程.....	650 公厘
刻度盤每格切刀深.....	0.05 公厘
橫刀架手輪每轉行程.....	3.00 公厘
尾架頂尖斜度.....	摩氏 #5
尾軸最大行程.....	150 公厘
尾座偏心.....	15 公厘
體積.....	2650×1580×1210
淨重.....	2,000 公斤

表演切削的工作物是一根鑲絲鋼的主軸，直徑約 65φ，長約 600 公厘，有二個肩級，已經打好了中心眼。粗車在一部床子上進行，用 T₁K₁ 硬質合金刀具。切削速度最快 87.5 公尺/分（因有肩級），切刀深 4.5 公厘，進刀 0.6 公厘/轉，9 分鐘即完成（普通要三小時）。光車在另一部床子上進行，用 T₁K₁ 刀具。切速最快 292 公尺/分，切刀深 1.5 公厘，進刀 0.4 公厘/轉，2 分鐘完工，（普通要一個半小時）。

操作中有一個特點，他們節省輔助時間，不常停車來量工作物。例如車（圖十）的工作物時，先車 D，量準後再車 D₂ 時，不再停車及量工作物，完全靠橫進刀的刻度盤切刀，其長度亦靠縱進刀的刻度盤。據蘇聯專家說，熟練工友在粗車時，直徑偏差不過 0.2 公厘，長度不超過 0.5 公厘。

據個人的觀察，這車床的特點是：

- (1) 馬力大，10.5 H.P.
- (2) 轉速高，1200 R.P.M.
- (3) 進刀箱 (Apron) 內有保險裝置，當過負荷時，能自動停止進刀。
- (4) 車螺絲範圍廣，可車公制及英制螺絲，模數及徑節螺桿，並不用掉換掛輪 (Change gear)，僅需在變速箱 (Norton box) 中移動手柄位置。
- (5) 尾架之頂針用活頂心。



(6) 據講解員說明，車床面經熱處理（火焰法，Flame hardening；或高週率感應淬火法，High frequency induction hardening）後，再高速銑切完成，不再經磨或刮平(Scraping)。

(7) 車頭箱中牙輪均經火焰淬火或高週率感應淬火，因此有顯明的變色外圈。

(8) 多梢軸 (Spline shaft，亦名花梢軸) 經淬火後磨製。

(9) 照圖解說明，主軸之二端用斜錐滾柱軸承 * (Taper roller bearing，亦名帶梢軸承)，中間安置三個推力軸承 (Thrust ball bearing)。據蘇聯專家說明，軸承是採用 A 級的，能保證偏差 (Run out) 小於 0.005 公厘，而此車床是按照二級精密度製造的。（* 斜錐滾柱軸承可能有誤，與專家的說明有出入。）

怎樣提高金屬的切削速度

本會機械技術討論會記錄

黃希平 錄整



自從1950年的11月間，蘇聯派了專家到我國東北來作高速切削表演之後，他們給我國帶來了先進國家在大戰期中所勃起的新興技術，使我國的機械製造工作者對此都有了認識，認為是配合大量生產的最有效方法。

目前上海設備較好的公私機器廠，均在著眼於採用這種高速切削方法和改善工具機的配合問題；而特產的工具機製造者，在設計上也必然地會走向這方面發展。

本會為了適合當前的需要，也應時地會同上海市機器業同業公會，聯合舉辦了一次關於高速切削的技術討論會，是日到會人數二百餘，情況熱烈。事前並約定了各有關方面的專家和各廠的實際工作者，作專題講述，內容包括了高速切削工作的介紹，目前國內工廠所用的切削速度、進刀速度、切削深度等的實際情形；以及基於現有設備和材料供應上，如何改進切削方法來提高切削速率的可能性，如何改良工具機以配合高速切削的要求，和刀具本身的製造及供應等。

我們經過了一個相當時間的整理，並得到各發言人的協助和補充，還算會議的記錄，得以順利完成。現在我們把它發表出來，以供讀者們參考。在高速切削中所用的名詞及譯名，為求劃一計，文中一律採取了：硬合金刀（Carbide tool），和負傾角（Negative rake angle）；而不用其他的譯名（如金鋼刀，鑽鋼刀，和負前角等）。至於文中所發表的資料、數字、圖表等，雖經原發言人過目，但恐難有不詳盡處，尚乞讀者們多所指正。

一 高速切削工作的簡單介紹

周善鈞（本會）

我們今天大家在一起，來討論這個關於高速切削的問題，這可以包括兩方面來講，就是：（1）蘇聯等先進國家對這方面的進展情形，（2）目前我國國內的一般採用高速切削情形。現在我先把國外的進展情形報告一下，以作這個問題的開端。

連在第一次世界大戰以前（1912年以前），切削的刀具尚未採用到高速鋼，而僅用高炭鋼，其速度僅及前者的一半。在第一次和第二次世界大戰之間才開始採用高速鋼。在第二次世界大戰時期，又向前推進了一步，而用碳化鎢。在1939年蘇聯便開始用硬質合金刀具。1942年，美國的飛機製造廠亦大量採用，使切削速度又增加了許多。其他歐洲的各國，在這時期也有很大的進展。

1950年的十一月間，蘇聯派了專家到我國東北來表演高速切削，使我國內的一般機械工作者對此也有了深刻印象，認識到高速切削在先進國家裏已發展到了怎樣的程度。我們知道所謂硬質合金，主要的成分是碳化鎢和碳化鈷等，是一種粉狀的東西，在高溫和高壓下製成，其硬度可與金鋼鑽相近，可至 $R_{\alpha} 88-93$ ；而高速鋼經過淬火後的硬度

僅為 $R_{\alpha} 61-63$ ，相當於 $R_{\alpha} 81-83$ 而已。這種硬質合金除了硬度高之外，更能忍受高溫，并在高溫下保持其切削力，其耐溫溫度可達 $600-800^{\circ}\text{C}$ 。其切削速度，根據蘇聯史塔哈諾夫工作者的應用，切削鋼料的最高速度達 1000 公尺/分鐘，切削非金屬（如鋁及鎂等）達 10,000 公尺/分鐘；而一般高速鋼的切削速度僅 100—300 公尺/分鐘，切削鎂及鋁等亦僅 1000—2000 公尺/分鐘。硬質合金的切削速度較高速鋼的切削速度高出四倍以上。

反過來說，這種硬質合金却不能用作低速切削，不然則反有損害。在應用時進刀及切削深度均要大，而且更可切削很硬的金屬。因其能耐磨擦，經過長時間的使用而形狀不變，所切削出來的表面光滑度亦佳。所以如要切削成很光和很準確的東西，而不想時常更換刀具的話，則以用硬合金的刀具為最好。

總括起來說，使用硬質合金刀具的優點有：

（1）切削速度高，（2）成品表面光滑，（3）能切削硬度高的材料，（4）刀具的壽命長，節省磨刀時間，（5）切削時所消耗的動力比較小（指切削單位體積工作物所耗的動力而言）。

在使用時所應具備的條件，則為（1）工具機要穩固而高速，（2）夾具要穩固而使用便捷，（3）要

配有磨刀設備，(4)因為刀具的本身很脆，須防止斷刀，要有相當的使用技術。

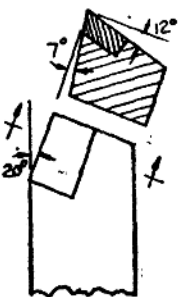
在蘇聯的經驗，舊的工作母機，亦可利用改裝為高速切削之用。在上海方面，目前已有許多工廠在採用高速切削。現在希望出席的同志們提出討論，并把廠內的經驗提供給我們。還有許多工廠尚在使用高速鋼刀具的，亦請提出討論，是否其切削速度已達到了最適當的程度。

二 實際工作情況的報導

金以廣(中機二廠)

担任高速切削的車床，馬力須比一般的大；車頭應準確，轉速要高。裝刀要堅牢，刀頭不宜伸出太多。拖板鎖條收緊，儘可能減少震動。工作物要夾牢，長而細的工作物不容易做，應有特種裝置。現在把我廠的試驗報告如下：

車製的材料為含少量錳的中炭鋼，其硬度為 $R_b=82$ ，即拉力 = 56 kg/mm^2 。所用母機為 Pratt & Whitney 8 呎車床，重 2.5 噸，馬力 7.5。刀具用硬質合金，Carboly 廠 78B 刀片，其硬度為 $R_c=74$ ($R_A=89$)。刀桿為 $\frac{7}{8}$ " 方之中炭鋼。刀的角度，隙角 $\alpha=7^\circ$ ，傾角 $\gamma=12^\circ$ ，刃口角 $Einstellwinkel=20^\circ$ ，如(圖一)。



圖一

第一次試驗，粗車，工作物直徑為 58 mm，長 450 mm。車頭轉速 610 轉/分，切削速度 110 公尺/分鐘，切削深 6 mm，進刀 0.03 mm/轉。這次的車製過程很好。

第二次粗車試驗，切削深改為 8.5 mm，進刀為 0.15 mm/轉，刀具亦無損壞。

第三次粗車試驗，切削深改為 8 mm，進刀為 0.25 mm/轉，馬達拖不動，發叫聲。照計算，假定切削壓力為 145 kg/mm^2 ，已有 10 匹馬力。

以上三次試驗，都用調水油冷卻。調水油同水的比為 1:10。以下的二次試驗，則不用調水油，乾切削。

第四次粗車試驗，工作物直徑為 58 mm，長 450 mm。車頭轉速 610 轉/分，切削速度 111 公尺/分鐘，進刀 0.3 mm/轉，切削深 7 mm。這時鉄屑發淡藍色；因為溫度高，馬力反而較小，馬達也

不叫。

將車頭轉速增加到 788 轉/分，切削速度增至 143 公尺/分鐘，切削深 7.5 mm，進刀 0.22 mm/轉，成績仍很好。

我們又做了一次細車試驗，工作物直徑為 45 mm，長 450 mm。車頭轉速 1000 轉/分，切削速度 140 公尺/分鐘，切削深 1.5 mm，進刀 0.2 mm/轉，結果很光滑。

又一次細車，工作物直徑 45 mm，長 450 mm。車頭轉速 1000 轉/分，切削速度 135 公尺/分鐘，切削深 1 mm，進刀 0.2 mm/轉，結果很光。細車時切削速度還可再高，但因為母機的轉速最高為 1000 轉/分，所以不能再增高了。

切削時有一點必須當心，在開車時應先停走刀，再停車頭，否則刀子必致損裂。

因為試驗時工作物不多，不能得出二次磨刀當中所需要的時間(Standzeit)。現在本廠所用的切削速度如下表：

所用工具	工作物名稱	材料	工作物直徑 (mm)	工作物長度 (mm)	每分鐘轉速	切削速度 (公尺/分鐘)	切削深度 (mm)	進刀 (mm/轉)
硬質合金	鐵機另件	鐵粗 GL23	135	1100	205	87	4.0	0.8
	鐵機另件	鐵粗 GD5F	460	—	38	55	3.2	0.4
	鐵機另件	鐵粗 Gr21	54	—	450	78	3.2	0.25
	球鐵車	—	240	—	276	208	2.5	0.22
	(淮河水閘)	鋼車	240	—	357	270	0.5	0.22
	鋼車	—	—	—	—	—	—	—

鑄鐵工件的車製，係本廠經常工作，車刀約每天磨一次。

從前在兵工廠車 3.7 平射砲外砲筒，材料為調質(Vergütet)之線路鋼，拉力為 100 kg/mm^2 。用硬質合金車刀，噴肥皂水。切削速度為 50 公尺/分鐘，切削深 5 mm，進刀 0.5 mm/轉，結果很光滑。

郭衍濤(國營二機)

我廠自從去年進入專業化生產以後，切削速度逐漸提高。但因所製機件多係小件產品，雖車頭速度儘可能加快，尚談不到高速切削。現就錠子工場之切削情況報告出來，以供大家參考，並請批評指教。

(A) 車錠脚外圓：

(1) 車制尺寸：如(圖二)，將錠脚毛坯外圓

(螺紋處) $30\phi \times 36$ ，一刀加工車成 $23.6\phi \times 34$ 。

(2) 鉋脚材料：鑄鐵，皮氏硬度 150—170。

(3) 使用機器：中機公司製造的專用六角車床，馬力為 2 匹。車頭三檔，為 140、450、630 轉/分；使用 630 轉/分。

(4) 刀具材料：Carboloy 硬質合金，(883 Grade，硬度 $R_A 90$)。

(5) 切削深度：2.2 mm。

(6) 進刀速度：車 36 mm 長，費時 10 秒鐘，每轉進刀 0.35 mm。

(7) 切削速度：轉速為 630 轉/分，切削速度可算得為 59.5 公尺/分 (或 197 呎/分)。

(8) 磨刀時間：每車 800 至 900 只磨刀一次。平均 6—8 天磨礪一次。

(B) 車鉋脚螺紋：

(1) 車削尺寸：如 (圖二)，車 $1''\phi \times 16$ 牙螺紋。

(2) 鉋脚材料：全 (一)。

(3) 使用機器：全 (一)，車速為 450 轉/分。

(4) 刀具材料：Carboloy $\frac{3}{8}'' \times \frac{1}{4}'' \times 1''$ 硬質合金 (883 級，硬度 $R_A 90$)。

(5) 切削深度：共車六刀，其每次吃深情況如下：
— 0.006"， 0.006"， 0.0035"，
0.0035"， 0.002"， 0.001"。

(6) 切削速度：36 公尺/分 (或 118 呎/分)。

(7) 磨刀時間：每車 1200—1500 只磨刀一次。

(C) 鑽鉋脚斜孔：

(1) 切削尺寸：如 (圖二)，鑽 $12.7\phi \times 120$ mm 深的斜孔。

(2) 鉋脚材料：鑄鐵，皮氏硬度 150—170。

(3) 使用機器：二機自製 $1''\phi$ 電鑽，2 匹馬力。

(4) 刀具材料：高速鋼鑽頭。

(5) 鑽頭轉數：970 轉/分，鑽孔時間 33 秒。

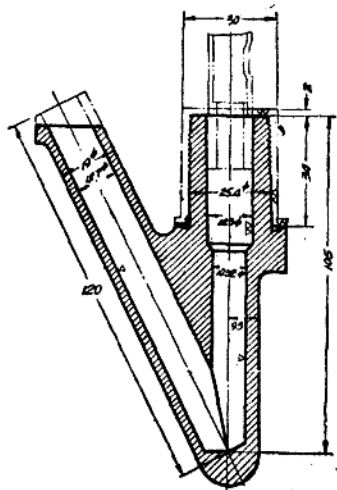
(6) 進刀速度：0.009 吋/轉。

(7) 切削速度：每分鐘 48.7 公尺 (或 127 呎)。

(8) 鑽頭壽命：每磨一次，可鑽 1500—1700 件。

(D) 在舊的四呎輕式小車床車削的情況：

(1) 車削尺寸：車鉋胆毛胚，由 $11.5\phi \times 14\phi$



圖二 鉋脚

$\times 110$ mm 車成 $10.5\phi \times 12\phi \times 110$ mm。

(2) 鉋胆材料：鑄鐵，皮氏硬度為 180—200。

(3) 使用機器：四呎輕式小車床 (South Band 型)，馬力為 $\frac{3}{4}$ 匹。

(4) 刀具材料：Carboloy 硬質合金，44A 級。

(5) 切削速度：車頭轉速為 720 轉/分，車削速度為每分鐘 31.7 公尺，(或 105 呎)。

(6) 吃刀深度：1 mm。

(7) 進刀速度：0.4 mm/轉。

(E) 銑鉋胆油槽：

(1) 銑削尺寸：3.2 (寬) $\times$ 1 (深) $\times$ 81 (長) mm。

(2) 鉋胆材料：鑄鐵，皮氏硬度為 180—200。

(3) 使用機器：輕式三號平銑床。

(4) 刀具材料：18—4—1 高速鋼銑刀，尺寸為 $63\phi \times 3.2$ mm，30 齒，硬度 Rc 63。

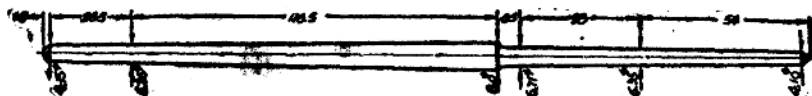
(5) 吃刀深度：1 mm。

(6) 切削速度：每分鐘 52 公尺，(或 170 呎/分)。

(7) 進刀速度：每齒為 0.045 mm。

(8) 刀具壽命：約十天磨刀一次，每次可銑製 4000—5000 只。

(F) 車製合金鋼鉋桿情況 (如圖三尺寸，



圖三 鉋杆

車棧放座位 0.35—0.45 m, m.) :

(1) 銼子材料: $\frac{3}{8}$ " ϕ S.A.E. 52100, 皮氏硬度 215。

(2)使用機器：輕式四呎皮帶車床。

(3) 刀具材料：超高速鋼 $\frac{3}{8}'' \times 3''$ 方刀條，硬度 Rc 64—66。

(4) 切削深度：1.5 m.m.。

(5)進刀速度：0.242 mm/分，車頭速度爲810 轉/分。

(6) 切削速度：每分鐘為 24.3 公尺，（或 80 呎）。

(7)磨刀時間：粗車爲一至二天磨一次，精車二至三天磨一次。

。 李彼得（虬江機器廠）

我廠在壘製淮河水閘工程中，製造油壓筒的工作經過如下：

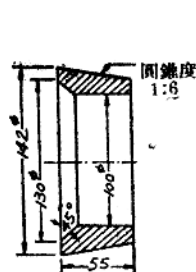
工作物為鑄鋼件，長 1870 mm，外圓直徑 490 mm，內圓直徑 330 mm。車外圓時所用切速為 80 公尺/分，切深 20 mm，進刀 1.6 mm/轉。所用刀具為 V.R. 牌硬合金刀，刀頭尺寸 $\frac{3}{4}'' \times 1'' \times 1''$ ，刀桿尺寸 $2'' \times 2\frac{1}{4}'' \times 7''$ 至 $8''$ 。

銼裏圓用銼刀，刀桿為 $\frac{1}{2}$ "方，鍍硬合金刀頭。在中型車床上進行，車床馬力7.5，切速80公尺/分，切深1mm，進刀0.016"/轉，需1小時完成。所銼出的孔退拔（Taper），為0.04—0.08mm。

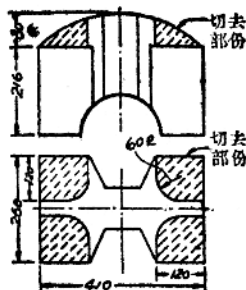
鍾曾興（新中工程公司）

(1)本廠試製石油公司的閥座 (Valve seat) , 其工作經過如下:

工作物如（圖四），材料爲鎳鉻鋼鍛坯，硬度爲皮氏300—350度，在Lodge Shipley車床上用硬合金刀加工。車床馬力5匹，車面轉速540轉/



圖四 四座



圖五 岩柱蓋(即連綿蓋)

分，爲該車末最高轉速。切深 1.5 mm，進刀 0.5 mm/轉，工作速度較之高速鋼要快一倍。

(2) 銑製淮河水閘的密柱箍（密柱即連桿，Connecting rod）：

工作物如(圖五),材料爲鍛鉄,用高速鋼刀每天能銑一只,改用硬合金刀後則 $2\frac{1}{2}$ 小時可銑一只,快三倍。銑刀轉速 450 轉/分,爲該銑床最高轉速。馬力 $7\frac{1}{2}$ 匹,切深 3.8 mm,進刀每分鐘 146 mm。

(3) 銑淮河水閘斜柱六角螺絲帽，對角為 156 mm，厚 75 mm，用 100 mm 直徑銑刀，轉速 860 轉/分，每小時能銑 7—8 只，共 30 只。雖工作為二天完成，但實際工時只有約 5 小時。

以上三項工作均用 1G³ 負傾角刀，刀片為 Carboly 78B。

三 工具機的配合問題

雷天覺（虬江機器廠）

工具性能對工具機設計的影響很大。使用硬質合金的工具機和使用高速鋼的工具機在設計上是有相當分別的。在中國目前使用硬質合金可能最廣的工作似乎是車床，所以我們可姑就車床來談一下。

硬質合金的使用最早在德國。大約在第一次世界大戰後(確實時間不詳)，在德國便有一類照辦到硬質合金的車床出現。可能在那一時期使用硬質合金最大的困難，是在它質地脆，受震動易於折斷，所以這種使用硬合金車床設計的目的是要在高速轉動時沒有震動。設計的特點可以歸納到三點：

(1) 車頭轉速高，一般在 1000 轉/分或以上。

(2) 在高速轉動時主軸不用齒輪傳動而用皮帶。一般的佈置，齒輪箱不在車頭裏，而放在車腳裏面，再用無接頭的皮帶傳動到主軸。這樣，由於齒輪發生的震動都可和主軸隔離了（但低速仍用 Rack gear）。

(3) 在這樣高的轉速下，主軸承不用球軸承而用銅布司。大概就那時期的球軸承製造技術而論，在高速時是有震動的。

這種車床設計，似乎對馬力大這一點并不十分注意，小車床的馬力約不過五匹上下。這種類型的車床，據最近查得在捷克有廠家製造，並且可以出口。

美國工業採用硬質合金很晚，約在1924年才開始製造，對於車床的設計也發生很大的影響。大

約在 1930 年前後，幾個較重要的廠家都把小車床（八呎及以下）主軸的最高速度由 500 轉/分上下提高到 1000，但主軸却仍用齒輪傳動，主軸承多用精密球軸承預加負荷。一般趨勢，對減少震動的設計似不甚重視，而偏重於加大機器的強度和馬力。

這裏可看出德國和美國發展路線的不同。為什麼會發生這分別呢？這可能有兩個原因：

第一，美國工業採用硬合金較晚，在那時期技術進步了，硬合金不像以前那樣脆，車床可以容許一點震動。

第二，由於做齒輪和球軸承的進步，由齒輪和球軸承發生的震動也減少了。

在這兩條不同的路線裏，在中國應當走那一條呢？要決定這問題，我們先要看清兩點情況：（1）普遍使用高級齒輪和精密球軸承，在短時間是不可能做到的。（2）以前在大連製造的硬合金，據初步試用質地較脆。是否在短期可以做出韌性較大的合金，這點我個人很外行。不過就目前論似乎走德國的老路線比較現實。但德國的設計有一個重大的缺點，就是它由齒輪箱到主軸的傳動，用平皮帶很容易打滑，因此馬力也不能很大。後來在日本有用三角皮帶代替平皮帶的，這點好得多了。這點在我國無疑是可以採用的。

還有在用高連切削時，鉄屑下來很快，因此車床鉄屑的清除，也很重要，這點在設計時也必須要照顧到。

磊運新（工業部技術室）

採用硬合金刀具，可以提高產量。對於工具機的要求，應注意下列幾點：

- （1）增加馬力。
- （2）增高速度。
- （3）機器強度（Rigidity）。
- （4）軸承問題——在採用鉅軸承來講，如果製造不良，反不如用球軸承。當然它的製造，應求其特別精確。

- （5）材料問題。
- （6）精確度問題。
- （7）機器的保護問題。

關於馬力與切削的關係，有下式可供參考：

$$HP = \frac{T \times d \times w \times f \times N}{K} \quad (\text{錄自 Cincinnati Co.})$$

其中：T=鉄刀之齒數

d=切削深度

w=切削寬度

f=每齒進刀吋數

N=鉄刀每分鐘轉數

K=切削係數，即每分鐘每馬力所能除去之切屑體積（立方吋）

K 與硬度的關係，如下表所示：

硬度（皮氏）	K
鋼：	
100	0.80
150	0.70
200	0.65
250	0.60
300	0.55
400	0.50
生鉄：	1.25

關於材料硬度與切削速度的關係，下表可供參考（錄自 Cincinnati Co.）

皮氏硬度	平均可測速度（呎/分）	標準材料
110	750	SAE 1020
165	630	SAE 1112
180	600	經退火之合金鋼
200	570	
220	540	
250	500	
300	450	經淬硬之合金鋼
325	425	
350	400	
400	360	
150-220	350-250	生鉄

該公司所介紹之進刀速度如下：

- （1）鋼：進刀、吋/牙
 平面鉄切（Face Milling）..... 0.006" - 0.012"
 側鉄（Side Milling）..... 0.008" - 0.012"
 插（Slotting）..... 0.006" - 0.010"
 鋸（Saw）..... 0.003" - 0.006"
- （2）生鉄：
 各種刀具（薄鋸片除外）..... 0.008" - 0.020"

徐獎矯（中機）

關於高連切削配合工具機的問題，照目前工廠一般的現有設備來說，都似嫌太小。照中機現有的車床馬力來看，只有 7½，方才適合於用硬質合金刀具。如果要將現有的工具機來改裝的話，下面的

幾個要素是值得我們考慮的：

(1) 倘使是接貨多，大量生產的話，可以考慮用硬質合金刀。

(2) 原來用實塔皮帶輪拖動的車床，可以直接配用馬達拖動。用硬合金刀切削常在 100 公尺/分以上，而皮帶速度為 600 公尺/分，即皮帶速度祇切削速度之六倍。若工作物直徑在皮帶輪直徑 $\frac{1}{6}$ 以下時，工作物的線速度已够慢了，毋須再用齒輪變慢，祇需皮帶够寬即可。如用三角皮帶，則根數够多就好了。

(3) 校準軸承的銅瓦，使其不致在高速下震動或發熱。

魏 如 (新中工程公司)

徐燮達先生所提出的意見很對。上海一般工廠的工具機都不很好，但將來採用高速切削是必然的趨勢。所以為了適應這個要求，對現有的工具機必須加以改良一下。例如牙齒箱的鬆動，都應修正。

我們更希望製造工具機的廠家，亦應儘量向高速切削的方向發展。如機器的馬力、強度、及精確度等，應儘量提高，因為工廠中要增加生產，用高速切削實在是一個最方便和最有效的辦法。

又關於碳化鎢的製造，方才雷天覺先生曾經提及，我國目前已有地方能够製造。就本人所知，大冶鋼鐵廠已能自製，本人亦曾參觀過。他們做碳化鎢的工作人員祇有 20 人左右，先將鎢砂及鈷的鹽經過化學處理一下，再放在玻璃管中，通以氫氣，以後出來的便是粉狀的純鎢及純鈷，然後置模中加壓成形，送電爐中加熱，溫度約為 1700°C 。製成品的使用情形，據東北方面反映，情況很好。

四 硬合金刀具性能的研究

李壽雲 (新業機器廠)

關於使用硬質合金刀具，本人有一點意見補充。記得還在 1936 年間，上海一般鍊鋼廠對於鑄鋼的退火技術還沒有控制得好。我們的製品中有一只汽缸，不易加工。後來聽說德商德和洋行有硬合金刀，便去借來使用。不料借來的刀具雖然硬度很高，但極脆，結果不能切削。所以我們覺得在製造刀具時，應注意以下各點：

(1) 要硬，但同時要沒有脆性。

(2) 要耐磨擦，因為在切削的時候，切屑與刀刃及刀面間磨擦得很利害。

(3) 要耐高溫。

(4) 對於刀具的形狀及角度，應加以研究。採用負傾角的原因，便是在加增其力量，防止折斷。

(5) 硬合金刀的切削速度，本來要比高速鋼刀具快多倍，但現在市上所能買到的，往往不知其化學成份，難使其發揮最高效能。

計兆麟 (經緯紡織機廠籌委會)

關於硬合金刀具的脆性，本人於 1942 年曾作一個簡單的試驗。將一塊 Carboloy Co. 出品的 Grade No. 883 的刀頭 (Tip)，其尺寸為 $\frac{1}{8}$ " 厚 $\times \frac{1}{2}$ " 寬 $\times \frac{1}{2}$ " 長，平放於桌上 (木製)，用木槌 (約 3" 直徑，4" 高) 輕輕一敲 (約用 2-3 磅力)，其刀頭即斷裂成二三小塊。

斷屑槽 (Chip breaker) 的作用大致為 (1) 減低刀頭在切削時所產生的溫度，免使鉻鉍部分 (Blazing Portion) 因受高溫而溶落；(2) 切削成長條形鉄屑，使工作增加困難，並使工作者易受意外之燙傷情事發生；(3) 使切削後之屑末 (Chips) 易於運送。因此必要時在工作台上部安裝透明之罩蓋，免使屑末飛揚。同時有必要時可將刀頭倒裝，而使屑末在切削時直接跌落於屑盤中。

五 刀具的磨礪問題

雷天覺 ((虹江機器廠)

刀具磨礪對使用硬質合金關係極大。很多地方使用硬合金，幾乎完全受這問題的限制。我們必須明瞭兩點：

第一：使用硬合金想達到高效率，刀具必須常磨。刀具每磨一次的使用壽命并不比高速鋼長，在機器震動情況嚴重時，可能反比高速鋼短。

第二：刀具壽命長短和刀具磨礪的光滑程度極有關係，刀口磨得愈光，壽命也愈長。

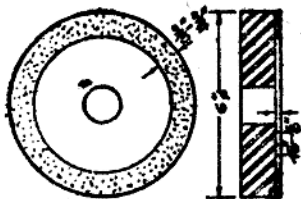
質地硬的硬合金用普通砂輪是磨不動的。質地較軟的一種有時磨得動，但磨出的刀口光度不够，結果多不能滿意。磨硬合金合用的砂輪有兩種：

第一種是用一種特種炭化砂所製的砂輪。這種炭化砂顏色是綠的，所以有時稱為 Green Crys-tolon。照蘭登公司的符號，這種砂輪的規範應為

毛坯：80 H 8 VBE

光坯：120 I 8 VBE

第二種是用金鋼鐵屑製成的砂輪，最合用的規範為：



圖六

扁平形（見圖六），金鋼屑厚度 $\frac{1}{16}$ — $\frac{1}{8}$ ，金鋼屑寬度 $\frac{3}{8}$ — $\frac{1}{4}$ ，粒度240，金鋼屑濃度C50，用有機質或金鋼粉膠合，裝在銅質或瓷質底上。

此外還有一種用金鋼磨屑研磨方法，但只能用於最後光胚，現在多用金鋼磨屑砂輪代替。

在這兩種砂輪裏，金鋼磨屑砂輪無疑是較好的一種。第一，磨得快。第二，磨得可以像鏡面一般光，增長工具壽命。第三，價格雖貴（每只美金一百至三百元），但使用壽命極長，每件可用至數年之久。所以從長遠着想，反而經濟。但是使用時也須極小心；這種砂輪磨硬質合金雖好，但是不可和普通金屬接觸，否則極易損壞。所以在用金鋼屑砂輪磨硬質合金之前，最好用“通砂輪或碳化砂砂輪將硬合金下的鋼柄（Steel Shank）磨低。金鋼屑砂輪使用時，應加少量的火油，以免砂輪變黑。

硬合金刀具的各種角度相當重要，各種文件上所介紹的角度，必須嚴格磨準。這在普通火車上無法做到，應該用特製的簡單工具磨床。

六 刀具的鋼錐，淬火，及其他

徐發爐（中機）

這裏只談高速鋼刀。市面上所出售的白鋼刀，其實是淬火的高速鋼刀，不過是在國外淬好後運來出售的。其淬火方法如用電爐，脫碳作用可以好些。我廠的設備，是用三極電爐。溶鹽用氯化鉍，加一些硼砂，可熱至1350°C。

其法先將高速鋼預熱，然後在電爐中熱至1350°C，在油中淬硬。另有一種叫做 Quenching salt 的，如在其中淬硬，則不易裂碎。普通退火的溫度在：00—600°C。

現在將我廠的一個實例記錄介紹於後：

鋼的成份與 18—4—1 鋼差不多，另加 8% 鉍，其配合成份是 18% 鉍，4% 鉍，1% 鈦，8% 鉍。

這種刀具經過淬火後，即用來作車削試驗。所車的工作物為 2" 長， $\frac{1}{2}$ " 毛胚外徑；撥車至徑 $\frac{1}{2}$ "。

車床的車頭速 710 轉/分，切速 58 公尺/分，進刀 0.2 mm/轉，工作物的硬度為 Rc 85—88。車畢 80 件之後，刀仍未有損壞。我們相信如果在市上可以買到好的高速鋼的話，經淬火後可以代替舶來品。

周永升（通用機器廠）

對於刀具的性能和硬度，以及磨礪、鋼錐等，我有下面的幾點意見，作為補充：

(1) 883 和 44A 的硬合金刀比較軟，較之 Rc 64—65 的高速鋼硬不了多少。883 比 44A 略硬，但并不脆，可間斷刻切。999 才硬而脆，用綠色的碳化砂的砂輪，磨不出好的結果，應該用金鋼磨屑的砂輪磨光。

(2) 金鋼磨屑砂輪使用時必須小心。小心時可用幾年，不小心時也許幾小時便壞了。上油現售的一種不是金屬粉膠合的，它最怕高壓與高溫。在直溫下很容易損壞，所以要加火油或柴油作冷卻，除非不可能時才用乾磨。磨時常用一種粉來擦，使之帶下切屑。總之，無論乾濕，壓力宜小，避免發熱。

(3) 鋼錐雖簡單，但亦應加注意，鋼錐愈磨愈好，刀桿要用好一點的材料，挖去的底面應弄平。

(4) 採用高速切削，應視廠中原有的設備而決定。如設備不夠堅強快速，還是先矯正傾角的高速鋼或硬合金刀具；在現在的情況下，其切削速度，還很可以提高。待將來有了合適的設備，才搞負傾角的刀具。同時採用硬合金刀具亦有人為的因素在內，應先由政治覺悟高的工友同志試用成功後，再普遍推廣。

(5) 還有在高速切削時對於削下的鐵屑，是令人頭痛的。因為它不是屑末，而是連續不斷的高溫度扁鐵，會燒傷人，也會亂繞到刀具、刀架、或工作物上，故能迫使工作者停車。因此必須設法處置，在刀口上加壓一塊鐵皮，比在刀上磨一個肩頭作鐵屑折斷器為佳。在刀架上另須夾一塊明膠板或白鐵皮，以防鐵屑跳出傷人。另備一鉄條勾子，將不就範的鐵屑勾去，這樣可解決大部份的問題。但在切削鋼料時，仍使人對鐵屑有討厭的感覺。

更正：10頁右面倒數19行：

誤：「切削鋼料的最快速度達 1000 公尺/分鐘，切削非金屬（如鋁及鎂等）達 10,000 公尺/分鐘；而一般高速鋼的切削速度僅 100—300 公尺/分鐘，切削鋁及鎂等亦僅 1000—2000 公尺/分鐘……」

正：「切削鋼料的最快速度達 1,000 公尺/分鐘，切削非金屬（如鋁及鎂等）達 10,000 公尺/分鐘，常用切削鋼料的速度為 100—300 公尺/分鐘，切削鋁及鎂等速度為 1,000—2,000 公尺/分鐘，而一般高速鋼切削鋼料的速度僅 20—65 公尺/分鐘，切削鋁及鎂等亦僅 90—450 公尺/分鐘……」。

能力，及特出的硬度。用作切削刀具，使切削速度提高到300呎以上。這種純炭化鎢加鈷燒結而成的合金，在切削鑄鐵時有顯著的成功；但在使用來切削鋼及合金鋼時，則尚有缺點。其後各國相繼研究仿造，到1931年炭化鎢及鈷之外再加入鉬（Tantalum），而成炭化鎢鉬合金；用以切削鋼料，其效率較純炭化鎢合金增加50%。到了1938年前後，研究創造出另一種新的，在炭化鎢及鈷之外加鈦（Titanium）的合金。這種合金的發明，使蘇聯金屬切削廠所發明的負傾角（Negative rake）得到廣泛的實際應用。使切削鋼及鑄鐵的速度更可提高到500呎至3000呎的紀錄。

炭化鎢合金在我國國內的最早使用時期，約在1940年，那時國內的兵工廠及大機器廠，已在開始少量使用。前委委會昆明中央機器廠所用的，是美國克納合金（Kennametal）及炭化合金（Carboly）兩種牌號，分別在重式德廠V. D. F.及American廠出品的六呎車床上，用來車削經過鍛製的車床主軸（S. A. E. 6145, 3145等合金鋼），以及其他高速鋼所不能勝任的硬質材料，均極為成功。

解放後，蘇聯把高速切削技術介紹給我們。1950年的下半年，我國東北方面便大力推廣，並舉辦了表演會、訓練班；今年五月，北京又舉辦了一次表演。經過這樣的大力推廣，使我國機械製造業對此引起了重視，而在短暫的兩三個月內，天津各廠已得到了初步的重大成果。

在上海方面，雖亦有若干廠家對炭化鎢刀具已經使用得很久了，但卻未能發揮它應有的效能。對於切削速度，還很保守。現在受了蘇聯高速切削的影響，各工業部門及技術團體，正在利用各種方式，來作普及使用知識的介紹，使切削速度，更可提高一步，以期達到高速切削的階段。

還有介乎高速鋼與炭化鎢之間的另一種切削材料，是用鈷、鎢、鉻等做原料而鑄造成的一種鑄造硬質合金。最初應用到切削方面來的，為約在1915年美國出品的一種史泰來特（Stellite）。其後有很多類似性的產品，商業名稱各異，現在統稱為鑄造切削合金（Cast cutting alloy），或生鋼刀。在蘇聯，有一種類似的切削材料，叫“四合金”型鑄造硬質合金。這種合金的應用很廣，牠是用鈷、鎢、鉻在爐內熔融後由模子鑄造出來的。其性質與炭化鎢極相似，不生銹，不易起化學變化；在常溫時抗酸性極強；切削時雖溫度高至1000°C，也不會軟

化得太利害，仍可照常切削，待冷下來的時候，又可恢復原來硬度；韌性比高速鋼差，但比炭化鎢好，適合於切削鉻鋼和不銹鋼等韌性較大的材料，切削速度可比高速鋼大一倍。

二 炭化鎢合金的製造

炭化鎢合金的製造，既不像高速鋼、高炭鋼、或其他鋼類之在煉鋼爐內燒成；也不像生鋼等各種合金之在熔融後澆鑄而成。它的主要成份是炭、鎢、及鈷。其中炭是目前在世界上所發現元素中之熔點最高者，它的熔點是3659.5°C（6829°F）。其次鎢是所有金屬中之熔點最高者，為3382°C（6120°F）；在元素中熔點之高，僅次於炭。因此鎢很難用冶煉方式在爐子中把它煉製出來，僅可能用化學的方法，以得到純粹的鎢。隨著粉末冶金技術的發展，證明物質分子間凝結力（Cohesion）的生成，不一定要將物質溶化後才能得到；用其他高溫高壓的方法，混合物也可生成。這一學說奠定了粉末冶金的基礎，炭化鎢合金就是根據這一原理來進行製造的。

在近代化的製造工廠裏，是用化學處理後所得到的純鎢，先在球形研磨機內用炭化鎢球研成細粉。研磨時加入炭粉，使先成炭鎢粉，然後再加入一定量的鈷；這鈷的用處，是一種結合劑（錄亦可代用）。繼續研磨4—6天，一面使粉末愈細愈好，一面使炭化鎢分子之外表附著上一層鈷粉。將這些研細的粉末放入一定形狀的硬模子內，用約每平方公分1.5—3公噸壓力（每平方吋10—20噸）的水壓機，壓成所需要的形狀。這時壓成的坯子呈綠色，然後進行燒結。燒結的方法與中國燒瓷器很相似：第一步壓縮成的坯子，放入特製真空電爐（Special electric vacuum furnace）內，初步燒成初坯。初步燒結溫度大約為1000—1400°C。燒出來的坯子，這時候可以用刀子或銼刀等，進行初步修整或分割。第二步將這些定形坯子，再放入爐中，進行第二次燒結。這次的溫度大約為1800°—1900°C。這樣燒結出來的坯子，就變成了我們現在所常見到的呈灰黑色的炭化鎢刀頭。將這些刀頭，用焊接方法焊在刀柄上或銼刀片上，便成為切削工具了。

這種新式的切削材料，現在世界各國如蘇聯、捷克、德國、瑞士、美國、英國、和日本等都已大量生產。在我國的大連鋼鐵廠，也已進行生產。現在已出品的，分為四大類：第一類性質極硬，用於