

實用工學技術指導

超硬車刀使用技術

復漢出版社印行

日本・技能教育研究會編
賴 耿 陽譯著

*Engineer's
Practical
Library*

實用工學技術指導

超硬車刀使用技術

日本・技能教育研究會編
賴 耿 陽譯著

復漢出版社印行

中華民國七十一年四月一日出版

超硬車刀使用技術

原著者：日本技能教育研究會

譯著者：賴 耿 陽

出版者：復 漢 出 版 社

地址：台南市德光街六五一號
郵政劃撥三一五九一號

發行人：沈 岳 林

印刷者：國 發 印 刷 廠

版權所有
翻印必究

元 ○ 五 - 裝 平 B
元 ○ 八 - 裝 精

本社業經行政院新聞局核准登記局版台業字第○四〇二號

序 言

最近的切削加工法急速發展，很難預測今後有何嶄新的加工法出現。另一方面，隨著電子計算機的發展，正形成一新社會，也出現了NC機械，面對這種傾向，隨著塑性加工的進步，已有人預料「將來可能沒有形成切屑的加工法」。

這實在言之過早，工具的發達、新種工具的開發確會促進切削加工法的進步，狹義的切削加工法乃用切削工具（車刀、鑽頭、銑刀、螺絲攻等）的加工。

本書展望超硬合金的前途，從各角度考察超硬車刀的法，期與讀者共同研究更良好的作業。

工作母機誠然已高速化（高性能化），這又離不開切削工具材種、切削油劑、工具形狀等。

從熱處理的高碳鋼發展為高速鋼、超硬合金、陶瓷工具、陶性合金、鑽石等，品質大獲改進。

20世紀初，以每分20～30 m的切削速度切削鋼或鑄鐵，切削速度快可增大切削效率，切削效率高也會提高作業者的士氣。

現在切削速度已達每分100 m，1931年Salomon博士實驗最高達16000 m/每分；本書旨在研討如此超高速切削的實用性；承蒙東芝Tungalloy提供不少資料及照片等，特此致謝。

著 者

HW 1032107

超硬車刀使用技術／目次

第一章 超硬合金	1
1-1 工具的歷史	1
1.1.1 切削工具的歷史	1
1.1.2 超硬合金的歷史	2
1.1.3 切削工具材料的分類	2
1-2 超硬合金的性質	3
1.2.1 物理性質	3
1.2.2 機械性質	4
1.2.3 動性性質	6
1-3 超硬合金的製造法	9
1.3.1 超硬合金的燒結	9
1.3.2 超硬合金的製造法	10
第二章 被削性	13
2-1 被削性的概念	13
2-2 精密加工的條件	13
2-3 切削理論的介紹	14
2.3.1 切削理論	14
2.3.2 二次元切削與三次元切削	15
2.3.3 切削的生成機構	15
2.3.4 基本理論	18
2.3.5 切削理論的介紹	19
2-4 切削溫度	22
2.4.1 切削熱的發生	22
2.4.2 切削溫度的測定	22
2.4.3 切削溫度的理論	24
2.4.4 切削溫度的實驗式	23
2-5 切削光製面	25
2-6 加工變質層	26
2-7 切削時的振動	26
2-8 構成刃尖	27

2.8.1	構成双尖概論…	27	2.8.4	避免構成双尖的 方法……………	30
2.8.2	構成双尖的發生 條件……………	28	2.8.5	利用構成双尖的 方法……………	31
2.8.3	構成双尖的生成 機構……………	28			
2-9	摩耗與缺損……………				31
2.9.1	車刀損傷的本質	31		類……………	36
2.9.2	摩耗與對策……	33	2.9.4	熱龜裂的種類與 發生方向……	37
2.9.3	破裂、缺損的種				
2-10	切削動力的測定法……………				37
2.10.1	應變計……………	39	2.10.4	應力環……………	42
2.10.2	惠斯登電橋回路	40	2.10.5	車床用工具動力 計……………	46
2.10.3	應變計的接着法	41			

第三章 超硬車刀的規格…………… 49

3-1	車刀用車刀片的規格……………	49			
3-2	標準形超硬車刀的規格……………	53			
3-3	轉塔車床用超硬車刀的規格……………	60			
3-4	夾緊車刀的規格……………	60			
3.4.1	車刀片的規格…	60	3.4.2	保持器的規格…	69
3-5	超硬車刀的切削試驗法……………	71			
3-6	車刀用語的規格 (JIS B 0107)……………	73			

第四章 超硬車刀的選法…………… 81

4-1	超硬車刀片的選法……………	81			
4.1.1	車刀片的材種…	81	4.1.3	車刀片厚度……	88
4.1.2	車刀片的大小 (4.1.4	車刀片寬度……	88
	標準形)……………	88			
4-2	超硬車刀柄的選法……………	89			
4.2.1	車刀柄的大小…	89	4.2.2	車刀柄的材質…	91
4-3	超硬車刀双尖角度的設計……………	91			

4.3.1 車刀刃尖角度的 基準.....	91	4.3.2 斷屑口的大小...	93
4-4 特殊形狀的車刀.....	93		
4.4.1 SWC 車刀.....	94	4-12)	96
4.4.2 克若福金車刀 (圖4-8)...	94	4.4.7 圓形車刀(圖 4-16)	98
4.4.3 柯烈索夫車刀(圖 4-9)	95	4.4.8 刃尖旋轉式車刀	99
4.4.4 板車刀(圖 4-10)	95	4.4.9 精密龍門刨削用 刀具.....	101
4.4.5 圓割車刀.....	96	4.4.10 螺紋車刀.....	102
4.4.6 圓柄車刀(圖		4.4.11 彈筒型工具.....	103

第五章 超硬車刀的用法.....105

5-1 所用機械的必要條件.....	105		
5-2 切削條件的選法.....	106		
5-3 超硬車刀使用上的注意事項.....	114		
5-4 切削處理法(斷屑口).....	117		
5.4.1 斷屑口形狀的種 類.....	117	5.4.2 夾緊式車刀.....	120
5-5 顛動對策.....	121		
5-6 改善光製面的條件.....	122		
5-7 切削油劑的用法.....	123		
5.7.1 切削油劑的種類 選定	123	5.7.2 超硬工具用切削 油劑.....	125
5-8 超硬車刀使用實際.....	125		
5.8.1 標準形超硬車刀 的一般使用法...	125	5.8.3 技士1級車床作 業實務.....	142
5.8.2 「技能檢定」車 床作業的一般注 意事項.....	139	5.8.4 技士2級牛頓刨 削作業實務.....	155

第六章 機械與工具的檢查・整備.....164

- 6-1 機械(車床)的檢查・整備.....164
 - 6.1.1 每日檢查.....164
- 6-2 工具的整備.....166
 - 6.2.1 工具管理的進步 166
 - 6.2.2 工具管理的內容 168
 - 6.2.3 集中研磨.....169

第七章 超硬車刀的研磨.....170

- 7-1 磨床.....170
 - 7.1.1 桌上磨床.....170
 - 7.1.2 超硬車刀磨床...172
- 7-2 乾式研磨與濕式研磨.....173
- 7-3 研磨用砂輪.....173
 - 7.3.1 粗磨用砂輪.....173
 - 7.3.2 鑽石砂輪.....177
- 7-4 砂輪的處理.....179
 - 7.4.1 砂輪的安裝.....179
 - 7.4.2 砂輪的平衡.....179
 - 7.4.3 砂輪的修整與整
 - 7.4.4 手磨石.....182
- 7-5 超硬車刀的研磨.....182
- 7-6 陶瓷車刀的研磨.....192
- 7-7 車刀刃尖的搪磨.....193
 - 7.7.1 斷屑口與搪磨寬度.....193
- 7-8 研磨後的刃尖檢查.....195
 - 7.8.1 破裂、刃崩的檢
 - 7.8.2 刃尖角度、形狀
 - 查.....195
 - 的檢查.....195
- 7-9 研磨破裂與對策.....196
 - 7.9.1 微裂.....196
 - 7.9.2 急冷破裂.....196
- 7-10 再研磨的時期.....197
- 7-11 再研磨的要領.....199

第八章 超硬車刀的焊接.....200

8-1	焊接用加熱方法的種類	200
8.1.1	焊材	201
8.1.2	溶劑	203
8-2	焊接作業	203
8.2.1	焊接的準備	203
8.2.2	焊接作業	204
8.2.3	焊接後的檢查	206
8-3	焊接應力與焊接強度	206
8.3.1	焊接應力	207
8.3.2	焊接強度	208
8.3.3	焊接破裂與原因	208

第九章 其他的切削工具鋼.....211

9-1	碳工具鋼	211
9-2	合金工具鋼	212
9-3	史斗鉻鈷	214
9-4	高速鋼	216
9-5	陶瓷車刀	218
9.5.1	陶瓷工具的性質	219
9.5.2	陶瓷車刀磨耗與損傷	220
9.5.3	陶瓷刀片的保持	222
9.5.4	陶瓷車刀的切削條件	222
9-6	陶性合金車刀	226
9.6.1	陶性合金車刀的性質	226
9.6.2	陶性合金車刀片	226
9.6.3	陶性合金車刀的保持	228
9.6.4	陶性合金車刀的切削條件	229
9-7	鑽石車刀	231
9.7.1	鑽石的結晶	231
9.7.2	鑽石工具	231
9.7.3	鑽石車刀	234
9.7.4	鑽石車刀雙尖形狀	235
9.7.5	鑽石車刀的切削條件	236
9.7.6	鑽石車刀片的保持	237
機械工技能檢定・學科試題總匯		239
附圖		245
附錄		250

1. 超硬合金

1.1 工具的歷史

1.1.1 切削工具的歷史

英國名詩人 Carlyle 曾說「人類是使用工具的動物，由此證明人類的全知全能」，石器時代以後，工具的進步促進機械工作的近代化，今天優良的機械只要求開發新工具。

切削工具仍始自史前人類生活所用的石器，18世紀～19世紀初才有機械工作用工具，不過從世界各國的遺跡或遺物看來，埃及早期的王朝古墳（BC 4500年）已步入青銅器，BC 600～700年頃步入鐵器時代。

1868年英國人 Robert Mushet 鑄造錳合金，不必急冷或熱處理，即可在空氣中硬化（自硬性鋼），原因是其中混有鎢，連同其他成分有適當的配合量時，鋼的性質大獲改善；也發見以熱空氣急冷取代徐冷時，鋼的性質也更好。

其實驗數據是

錳	5.44 %	碳	2.15 %	鉻	0.39 %
錒	1.58 %	矽	1.04 %	其餘鐵	

1890年工廠開始用碳鋼為切削工具材料，當時的切削速度為11～14 m/min。

1900年美國人 Taylor, White等發明高速鋼，刃尖紅熱、切屑成茶、藍色時，仍能切削，頗受各國重視，此種高速鋼後來也藉熱處理大幅改善性能。

1915年發明以鈷、鉻、鎢為主成分的鑄造合金（Stellite，史斗鉻鈷），完全不含鐵，可說是超硬合金的前輩。

在高溫（820°C）也不改變硬度，優於高速鋼，但很脆，不過其

耐摩耗性、耐熱性很適用為切削工具。

1928年高速鋼添加鉍，顯示更優秀的性能，同一時期也以粉末合金法作成燒結碳化物。

1.1.2 超硬合金的歷史

粉末合金是1909年W.D. Coolidge（美國）製造電燈的燈絲用鎢時，無法以高溫熔融，故將鎢作成粉末，將之壓縮，並在低於融點的溫度燒結，作成錠塊，抽成燈絲用細線，此為粉末冶金技術的開端。

在德國，第一次大戰末期作成超硬合金，以Widia之名稱首用於抽線眼模，Widia的原意是說像鑽石（dia）那麼硬（Wie）。

美國受德國研究的刺激，開始研究製造超硬合金，其他各國也跟進，二次大戰時，因缺乏鎢、鉍而停止研究。

1950年後，各國又盛用切削工具用超硬合金，在M.C. Shaw（1956年）的論文中，已指出「超硬合金品質的改善與夾緊式車刀的出現，造成劃時代切削速度的增大與有效性」。

超硬合金最初為單一碳化鎢系，現在已改善成包含鈦、鉭等的2元、3元複碳化物。

1.1.3 切削工具材料的分類

圖1-1為切削工具用材料的分類。

這是H. Opize的合理分類法。

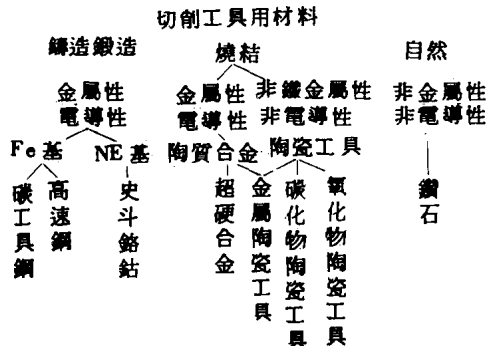


圖 1-1 切削工具用材料的分類

1.2 超硬合金的性質

1.2.1 物理性質

超硬合金的主成分為碳化鎢 (WC)，以鈷 (Co)、鎳 (Ni) 等結合元素周期表第 4a, 5a, 6a 族金屬的碳化物。

表 1-1 為超硬合金的主要物理性質，碳化鎢的融點、硬度差些，不過，有楊氏係數高、電阻小、熱傳導率良好等特色，碳化物的楊氏係數，在燒結合金時關連到機械性強度（抗拉強度、抗折力、壓縮強度等）。

表 1-1 第 4, 5, 6 族金屬碳化物的物理性質

性質	結晶形	融點 °C	電阻抗 $\mu\Omega\text{cm}$	熱傳導率 $\text{cal/cm}^2\text{sec}$ °C	熱膨脹率 $\times 10^{-7}$ /°C	硬度 Knop H	楊氏係數 psi	
4a 族	TiC	面心立方	3160	68	0.19	74	3200	45.8×10^6
	ZrC	面心立方	3530	42	0.10	67	2600	19.9×10^6
	HfC	面心立方	3890	37	0.07	69.5	2700	—
5a 族	VC	面心立方	2830	51	0.09	—	3000	37.0×10^6
	NbC	面心立方	3500	35	0.04	70	2400	49.3×10^6
	TaC	面心立方	3780	25	0.04	63	1800	56.8×10^6
6a 族	Cr ₃ C ₂	正 方	1895 *	119	—	103	2300	—
	Mo ₂ C	六 方	2400 *	133	—	78	2000	—
	WC	六 方	2600 *	22	0.47	60	2100	102×10^6

* 在此溫度分解

例如以 Co 為結合劑作成燒結合金時的抗折力是 WC-Co 合金為最大，ZrC-Co 合金最小。

結晶構造的 WC 為六方晶形，結晶粒內的滑動面少，TiC 為面心立

方形結晶，滑動面的數目多，所以WC很耐塑性變形或劈開，亦即韌性耐壓縮、衝擊，所以WC與TiC用為切削工具材料的適應性自有不同。

由表1-1可知，熱傳導率因Co量而異，所以與加工物相互擴散所致的變質或熱衝擊所致的破壞等，也因超硬合金材種而有差異，不過，為了防止局部溫昇的熱梯度所致的熱應變，宜用熱傳導率良好者。

熱膨脹率約為一般鋼材的 $\frac{1}{2}$ ，焊接所致的應變等為一大問題，碳化物的熱膨脹率大致很低，Co為結合劑，Co與WC或TiC等的熱膨脹率也有差異，內部的殘留應力也大；此應力抑制Co相的塑性變形，提高機械性強度，但不耐熱衝擊。

1.2.2 機械性性質

① 硬度

一般認為超硬合金很硬，其實依材種而有高硬度到低硬度者，硬度的調節主要依據碳化物的粒度和Co量，Co量一定的話，碳化物的粒度愈細愈硬，粒度愈大者愈軟質。

硬度為耐摩耗的判定基準，愈硬時，摩耗愈少，摩耗機構因用途而異，硬度一定時，摩耗程度也因切削諸條件而大有差異。

圖1-2為Co量與硬度的關係。

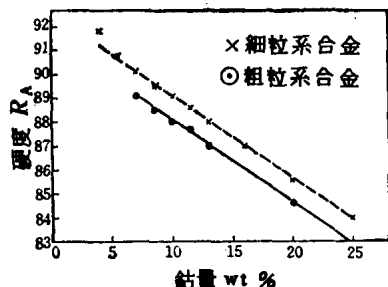


圖 1-2 WC-Co系合金的鈷量與硬度關係

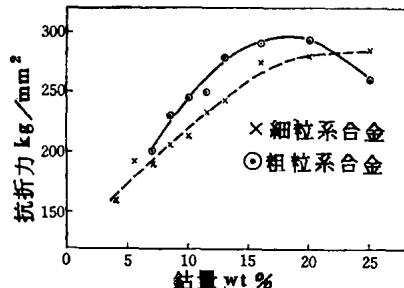


圖 1-3 WC-Co系合金的鈷量與抗拉強度的關係

② 抗折力

抗折力與硬度同樣，由碳化物的粒度與Co量調節，但如圖1-3所示，傾向與硬度相反，Co量愈多時，抗折力愈大，碳化物粒度愈大時愈大，特色是粒度愈大時曲線愈有最大山，其值約在17%處。

抗折力在實用上代表超硬合金的韌性，不過，抗折力的試驗為剪斷

力、拉張力、壓縮力的合成結果，所以以彎曲應力為主用途時，可用為判定性能的基準，但造成龜裂的熱裂或疲勞等與抗折力的關係很少。

在超硬合金的使用技術上，正確求知實用上的硬度或韌性甚為重要。

③ 抗磁力

抗磁力取決於C_o量與碳化物粒度，與硬度有密切的關係，圖1-4為硬度與抗折力的關係。

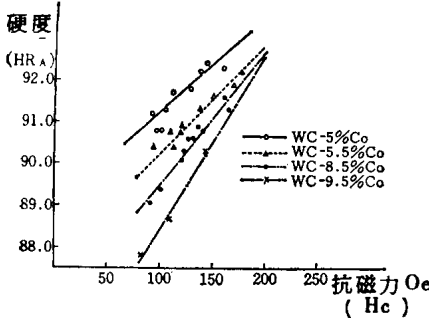


圖 1-4 WC-Co系合金的硬度與抗磁力的關係

表 1-2 高溫硬度

合 金	750°C的H _v 30
高 速 鋼	350
WC + 6 Co	900
WC + 5 TiC + 6 Co	950
WC + 16 TiC + 6 Co	1,050

C_o量一定時，WC粒度愈細時愈硬，抗折力甚大，粒度增大時，兩者都減低，因而測定粒度與硬度的話，也可推定耐摩耗性，這些幾不受切削所致的溫度變化影響。

表 1-2 為德國超硬合金的高溫硬度一例，圖 1-5 為高溫的彎曲強度。

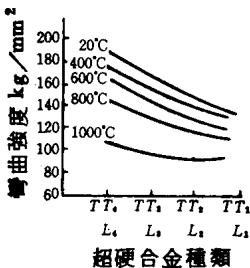


圖 1-5 超硬合金的彎曲強度

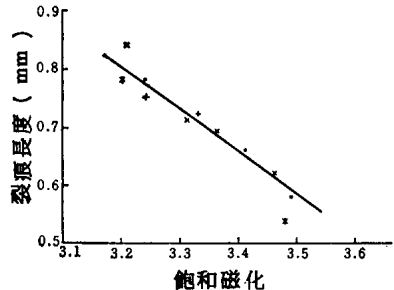


圖 1-6 WC-5.5%Co合金的飽和磁化與裂痕長度的關係

④ 飽和磁化

飽和磁化取決於C_o量及C_o相的狀態，若可推定固溶於C_o相中的

其他元素量，則可知Co相與碳化物粒的結合強度，成爲韌性的判定基準。

圖1-6例示飽和磁化與裂痕長度（Vickers）痕產生的裂痕的關係，與飽和磁化強度幾成直線重疊（此時Co量爲一定），由此事可有效判定耐chipping性。

⑤ 壓縮強度

超硬合金的壓縮強度非常高，廣用於精密測定用接觸子或鑽石合成用壓力室。

Co量與壓縮強度的關係如圖1-7所示，Co量愈少時，壓縮強度愈高；TaC、TiC系的強度減低，這源自結晶構造或楊氏係數的差異。

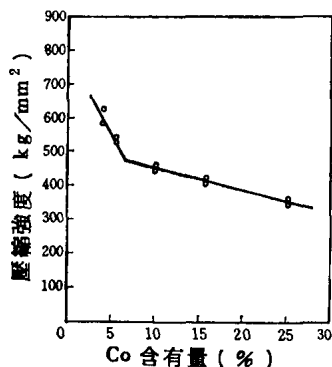


圖 1-7 WC-Co系合金的Co量與壓縮強度的關係

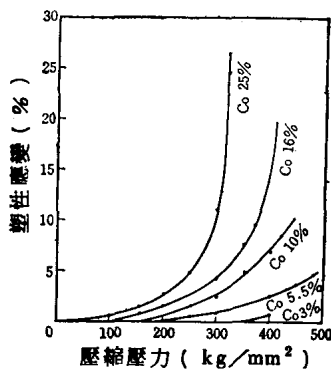


圖 1-8 WC-Co系合金的壓縮應力與塑性應變的關係

⑥ 塑性變形

不論超硬合金如何硬，只要精密測定，與其他材料同樣會因外力而引起塑性變形，當然無法用肉眼看出。

圖1-8爲壓縮壓力與塑性變形的關係。

⑦ 抗拉強度

抗拉強度一般視爲抗折力的 $\frac{1}{2}$ ，實用上對軸線用眼模等接受內壓的圓筒狀物爲重要尺度，抗拉強度量Co量愈少時愈低，Co量多到約30%時，約爲 150 kg/mm^2 （實驗結果），仍約爲抗折力之半。

表1-3爲超硬合金的成分、硬度、抗折力（JIS B 4104）。

1.2.3 動性性質

表 1 - 3 超硬合金的成分・硬度・抗折力 (JIS B 4104)

使用分類 記 號	硬度 R_{RA}	抗折力 kg/mm^2	成 分 (%) [參考]				
			W	Co	Ti	Ta	C
P01	91.5以上	70以上	30~78	4~8	10~40	0~25	7~13
P10	91	90	50~80	4~9	8~20	0~20	7~10
P20	90	110	60~83	5~10	5~15	0~15	6~9
P30	89	130	70~84	6~12	3~12	0~12	6~8
P40	88	150	65~85	7~15	2~10	0~10	6~8
P50	87	170	60~83	9~20	2~8	0~8	5~7
P10	91	100	70~86	4~9	3~11	0~11	6~8
M20	90	110	70~86	5~11	2~10	0~10	5~8
M30	89	130	70~86	6~13	2~9	0~9	5~8
M40	87	160	65~85	8~20	1~7	0~7	5~7
M01	91.5	100	83~91	3~6	0~2	0~3	5~7
K10	90.5	120	84~90	4~7	0~1	0~2	5~6
K20	89	140	83~89	5~8	0~1	0~2	5~6
K30	88	150	81~88	6~11	0~1	0~2	5~6
K40	87	160	79~87	7~16	—	—	5~6

(註) Ta的一部份可置換成Nb

下面敘述超硬合金的實際使用狀態——亦即動性性質。

1) 衝擊強度 超硬合金的衝擊強度在實用上很重要；實際上以抗折力的值代用，根據二三衝擊試驗的結果，如圖 1 - 9 所示，衝擊強度隨 Co 量成直線變化而增大，粒度愈低時愈高，不過 Co 量約 17 % 時開始緩和，20 % 以上時，衝擊強度提不高。

在實際作業中，龍門刨削、牛頭刨削作業的衝擊多於車削作業，不過，比起礦山用鑽頭等衝擊激烈的場合，實不成問題。

就材種而言，含大量TiC的材種WC-TiC-Co系或WC-TiC-TaC

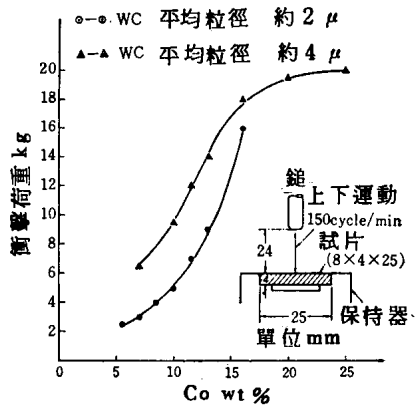


圖 1 - 9 WC - Co系超硬合金的
反覆衝擊強度

-Co 系的耐衝擊性不如 WC-Co 系，WC-Co 系中添加 TaC 約 5% 時，很可能提高耐衝擊性。

2) 刮擦摩耗與熱摩耗 刮擦摩耗的試驗結果已有多項報告，例如抗拉強度約 70 kg/mm^2 的碳鋼摩耗量為 220g 時，高速鋼為 115g，WC 為 1.9~4.5g (利用噴砂進行刮擦摩耗試驗)，可見超硬合金的耐摩耗性極優良。

通常，Co 量愈少、愈細粒時，耐摩耗性愈良好，圖 1-10 為 WC 粒度與摩耗的關係，圖中橫軸為 WC 的平均粒度，若以各試驗材種的硬度取代，則成圖 1-11；圖 1-10 的 A, B, C, D 材種都成混成狀態，處於直線關係，在圖 1-11 的硬度與摩耗寬度中，各群都近似直線，A, B, C, D 分別成爲孤立狀態。

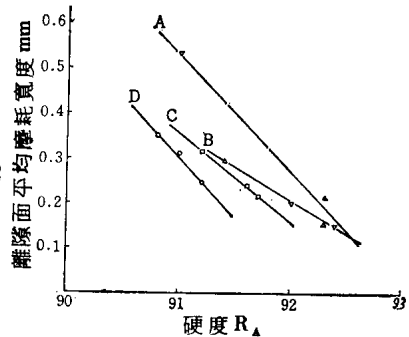
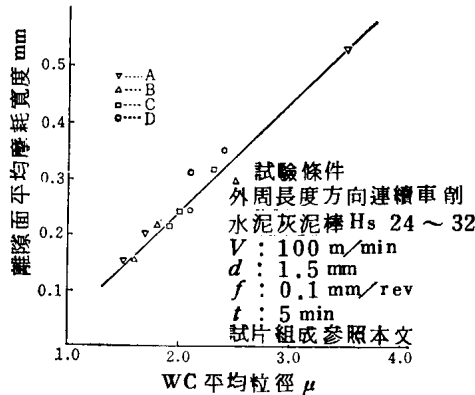


圖 1-10 WC-Co 系超硬合金的平均粒徑與離隙面平均摩耗寬度

圖 1-11 WC-Co 系超硬合金的硬度與耐刮擦摩耗性

A, B, C, D 的差異在 WC 粉末的種類與燒結條件，其他條件相同，所以摩耗性以 WC 粒度衡量較安全；若以硬度衡量，加上製造時的條件，可能不正確。

單純的摩耗依存於各種碳化物粒的強度，WC-Co 系的耐摩耗性最優良，其次依序為 WC-TaC-Co 系、WC-TiC-TaC-Co 系、WC-TiC-Co 系。

熱性摩耗常成相反，實際上很少只有最單純的刮擦摩耗；至於熱性摩耗，若在 WC-Co 系添加 TaC，則可有效抑制 WC 的粒成長而使之安定化。