

6% Co-WC 硬質合金の組織と切削能力に就て

(日本鉄鋼協会第 24 回講演大会講演 昭 15. 10)

小 川 弘 二*

STRUCTURE AND CUTTING EFFICIENCY OF TUNGSTEN
CARBIDE HARD ALLOYS WITH 6% COBALT

Hiroji Ogawa

SYNOPSIS:—It is generally required in the plain WC-Co system hard alloys that the fracture, i. e. the grain size should be refined. The grain size has a remarkable influence on the impact value and wear resistance just as in the other metals. The effect is most prominent in the efficiency of cutting tools and other parts which meet both impact and wear. The author investigated into the relation of the cutting efficiency with the hardness, porosity and microstructure (especially, the grain size of carbide) of the plain tungsten carbide hard alloys with 6%Co.

目 次

- | | |
|-------------------|---------------|
| 1. 硬質合金の歴史及び現状の概略 | 4. 顕微鏡組織検査 |
| 2. 試料及び実験方法 | 5. 実験結果の總括 |
| 3. 切削試験 | 6. 実験結果に対する考察 |
| | 7. 結 論 |

1. 硬質合金の歴史及び現状の概略

硬質合金 (Hartmetall)^{1, 2, 3, 4, 5)} は獨逸に於て 1923 年 Osram ランプ會社で Schröter-Strauss 兩氏により始めて焼結法により發明せられて伸線用ダイスに應用され、後 Firma Krupp, Essen との共同研究によつて著しくその性能が改良され 1926 年 Fried Krupp 會社より “Widia” なる商品名にて切削工具として市場に紹介された。本發明は恰も Taylor-White 兩氏による高速度鋼の完成と同様工業界に一大革命を齎したものである。其の後 15 年足らずの間に “Widia” の他

獨逸 “Böhlerit”; “Miramant”; “Rheinit”; “Titanit” 等

米國 “Carboloy”; “Firthite”; “Ramet” 等

英國 “Ardoloy”; “Cutanit”; “Wimet” 等

の商品が各國各社にて製造され工作機械の發達を促進しつゝ高速度鋼に置換しつゝある。本邦に於ても 10 數年前より紹介され “Widia” なる名稱をもつて硬質合金を代表してゐた。約 10 年前より米國 G.E. 後の Carboloy Co. 系統の現在の芝浦マツダのタンガロイ、独自の技術により工業化した住友電氣工業のキゲタロイ等の國産品も市場に出で製造技術の進歩工作機械の發達とともに單に鐵鋼の各

種加工用工具、伸線用ダイスのみでなく、伸管用ダイス、プラグ、ポンチ用、ダイ、非鐵金屬、非金屬 (硬質ゴム、合成樹脂、ガラス、陶磁器、電極用カーボン等) の加工用、穿孔用錐冠等、又比較的化學的に安定なる性質を利用し化學工業方面に使用され缺く可からざるものとされて居り、最近はその耐摩耗性と熱膨脹係數の小なる性質を利用して、各種ゲージ類の精密工具の分野に進出し著しい高性能を發揮してゐる。

獨逸に於ける 1939 年迄の統計^{6, 7)} によると生産高は 1 月當り 12t で 80~90% がバイトとして使用され、硬質合金としての生産額は年 3,000 萬 R.M 工具として 1 億 R.M と稱し (近年は更に數倍してゐると想像される) 近代獨逸工業の隆盛の一大根源をなしてゐる。硬質合金は使用範圍により次の二種に大別される。

- (1) 長旋屑用 (鋼切削用) 含 TiC 硬質合金 58%
- (2) 短旋屑用 (鑄物切削用) 單一なる WC-Co 硬質耐摩耗工具用 (其の他一般用) 合金 42%

2. 試料及び実験方法

試料は單一なる WC-Co 系硬質合金中代表的のものである 6% Co を配合せしものにして他に實驗目的のための試料を流用した。多數の試料の内より實用に近い成績を示すもの、内で種々の性能を豫想せしめるものを選び一定の切削條件にて鑄鐵を 100, 150, 200 m/min の切削速度にて切削試験を行ひし後その結果より 7 個の試料を選び柄より切斷し檢鏡し Zimmer 法により粒子の大きさを測定し此等の關係を求めた。試料の化學成分は何れも下記の如し。5.7~6.2%Co, 5.6~5.8%C, 0.3~0.9%Fe (不純物), 殘 W.

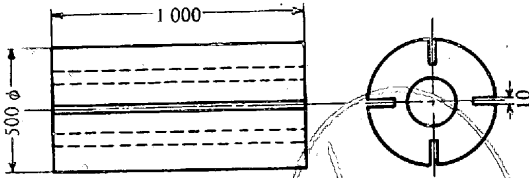
* 住友電氣工業株式會社

3. 切削試験

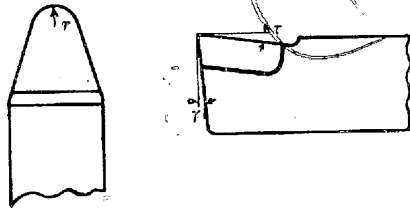
1. 被切削材

4 條溝付鑄鐵 (Hs 30~56)(第1圖)鑄巢砂底多く切削試験に當り一様性を欠き life point の認定を困難ならしめた。

第1圖 被切削材, 4 條溝付鑄鐵



第2圖 バイト双先



上逃げ角 $\tau=6^\circ$ 前逃げ角 $\gamma=4^\circ$ 先端半径 $r=4mm$
120 番カーボランダム仕上

2. 切削條件

イ, バイト双先(第2圖)

ロ, 切込み = 2mm

ハ, 送り = 0.5mm/rev

ニ, 切削速度 100, 150, 及び 200mm.

3. 使用旋盤

大隈製 14 呎強力試験旋盤 (30 HP 直流電動機付)

以上の条件をもって切削試験を行い、其の壽命切味の試験を行た。切削試験はその壽命の認定が極めて困難なる

ものである。著者は切削開始後切削面に著しい變化を來した時間及び旋盤作業に於て再研磨の必要ありと認めたる時間をもって壽命とした。バイト壽命とすべきものに所謂“缺け”, “焼付”, “へタリ”の3種あり、これ等の認定に正確さを欠くを遺憾とする。切味はその切削音及び切削面の良否より判定した。その結果選出された7個の試料の壽命線圖及び成績は第3圖及び第1表の如くである。

4. 顯微鏡組織検査

上に選びたる7個の試料を柄材より切斷して檢鏡した。これは切削時に於ける組織を見んとしたためであり、剝鐵の際の加熱による脱炭變質を防止する目的であつた。硬質合金に於ては $1,100^\circ$ 附近に加熱しても表面の脱炭の他組織上の變化は明瞭でない。

硬質合金の顯微鏡組織検査方法⁷⁻¹²⁾については種々述べられてゐるが、著者は下記の如き方法を採用してゐる。

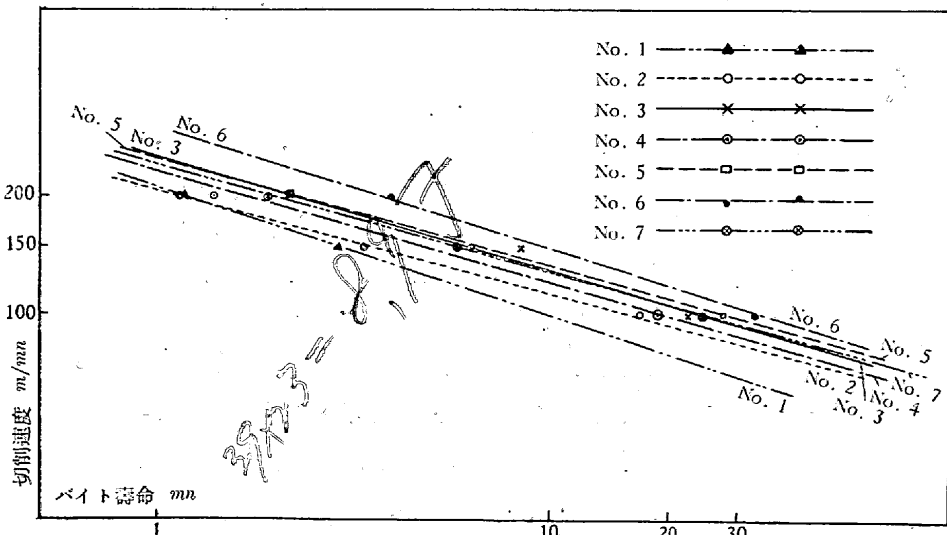
1. 試料の研究 ダイヤモンド、ホキール(150~200番)を用ひ平滑に研磨し高速度のラツプ磨き車で研磨面を金剛石微粉末を懸沈せしめたる油ラツプ剤を用ひ研磨痕が消失するまでラツプ仕上をする。

2. 氣孔検査 ラツプ仕上せる面を50倍に擴大し氣孔の有無散布状態を検査す。今回試みに第1表中に示す如く骰子の目の記號を用ひ氣孔の有無多寡を表現せんとした。尙日本學術振興會 19 小委員會による鋼の非金屬介在物に關する標準の應用につき考慮中である(第1表及び寫眞参照)。

3. 腐蝕方法 常法により著者は 10% 赤血鹽アルカリ溶液を使用した。室温に於て 3~5mm 程度で腐蝕は終了する。

4. 顯微鏡組織検査 400 倍程度にて炭化物粒子の大小分布を推定し得るも 1,500 倍程度の高倍率にして始めて粒子の大きさ、形、焼結情況が明瞭になる。炭化物は鼠色乃至やゝ赤味を帯びた鼠色を呈し結着剤たる Co は其の間に黄色に色別される。(寫眞参照)

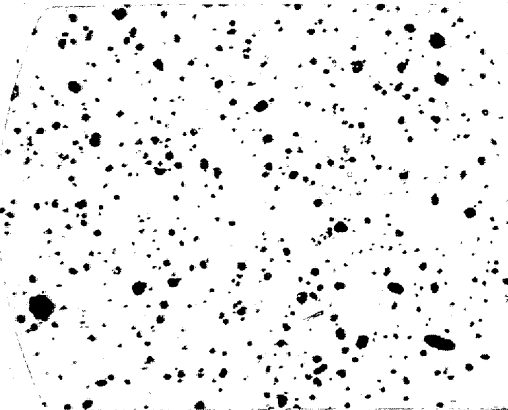
5. 粒子の大きさの測定 1,500 倍の擴大寫眞より Zimmer 法により測定した。1,500 倍寫眞に於て




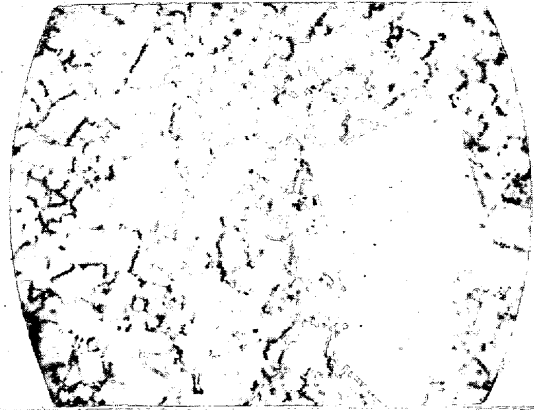
第3圖 バイト壽命線圖

顕微鏡写真

No. 1

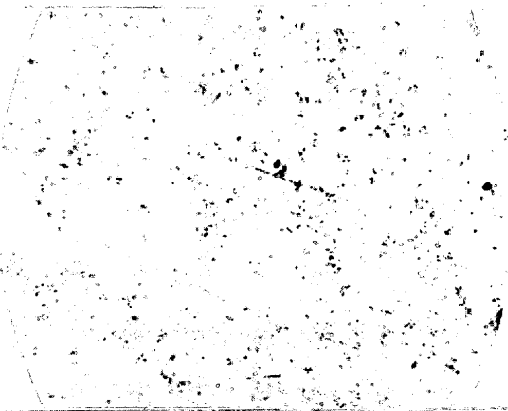


(写真 1-1) ×50 気孔  硬度 88.6

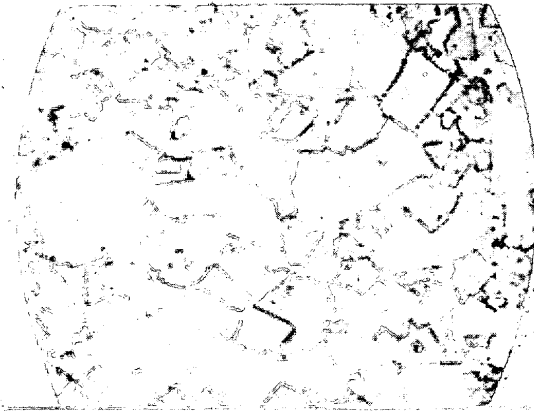


(写真 1-2) ×1500 粒度 #13

No. 2

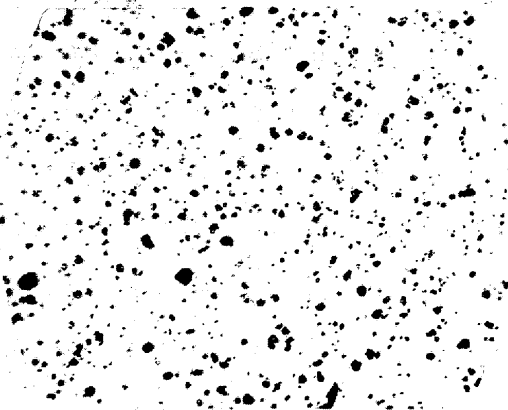



(写真 2-1) ×50 気孔  硬度 88.6

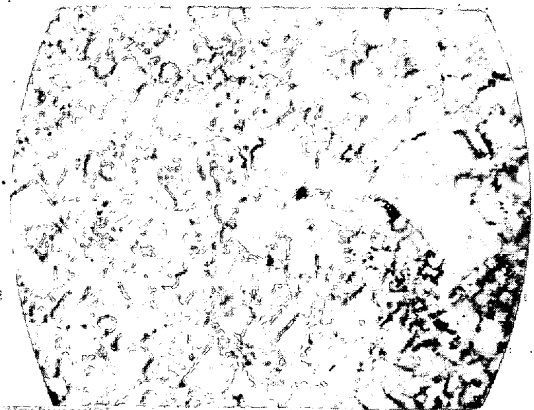


(写真 2-2) ×1500 粒度 #12

No. 3

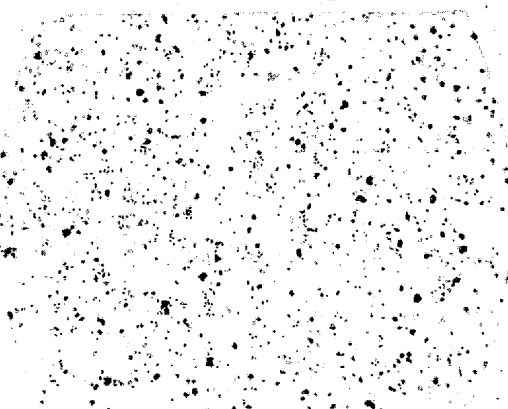



(写真 3-1) ×50 気孔  硬度 89.3

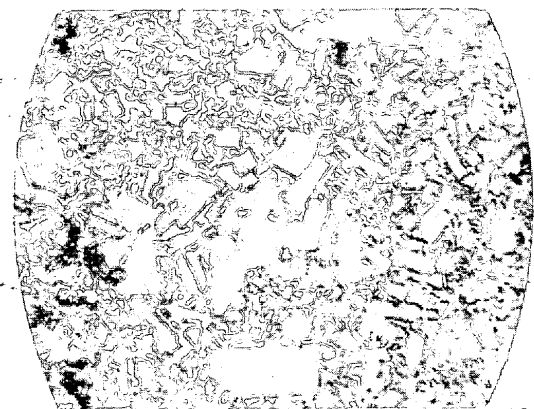


(写真 3-2) ×1500 粒度 #7

No. 4



(写真 4-1) ×50 気孔  硬度 89.3

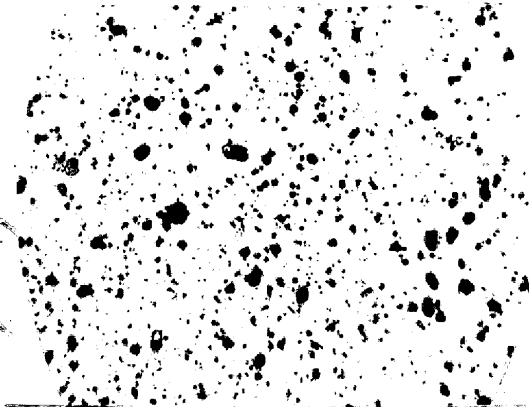


(写真 4-2) ×1500 粒度 #6

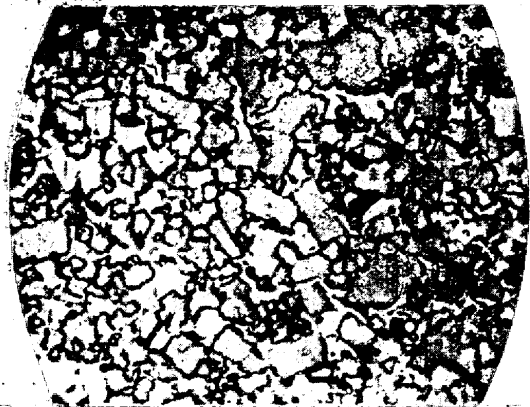
4777-361

顯微鏡寫真(續)

97A 77 = 361
No. 5
No. 6
No. 7
No. 8



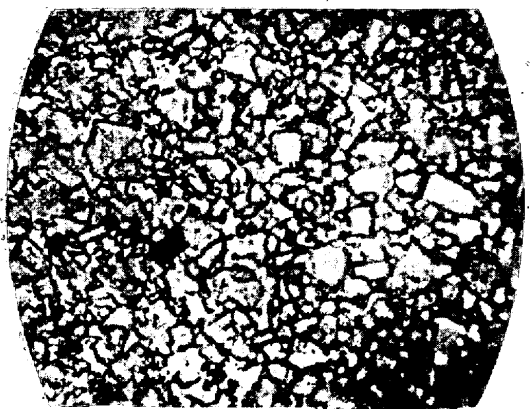
(寫真 5-1) ×50 氣孔 ● 硬度 89.0



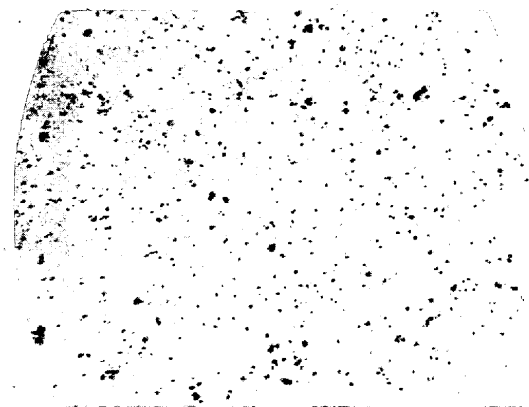
(寫真 5-2) ×1500 粒度 #13



(寫真 6-1) ×50 氣孔 ○ 硬度 90.5



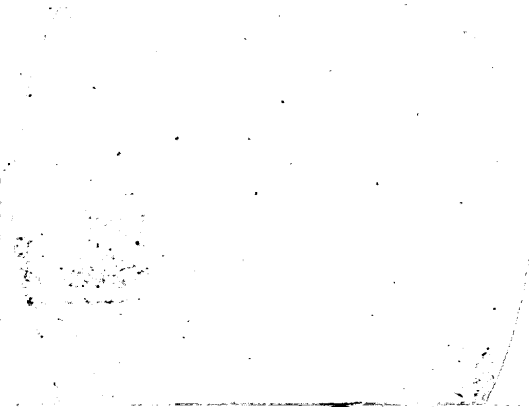
(寫真 6-2) ×1500 粒度 #4



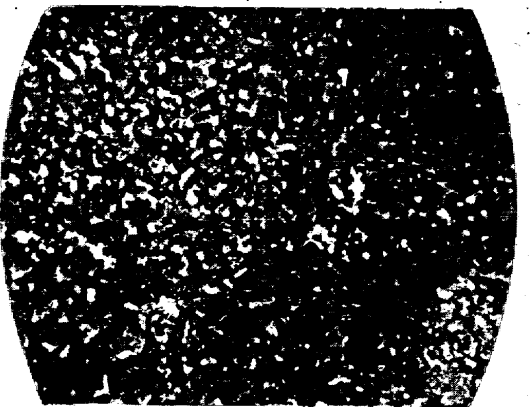
(寫真 7-1) ×50 氣孔 ● 硬度 91.1



(寫真 7-2) ×1500 粒度 #3



(寫真 8-1) ×50 氣孔 ○ 硬度 91.8



(寫真 8-2) ×1500 粒度 #2

直径 $37.8\text{mm} \approx 38\text{mm}$

の圓弧を畫き圓内の粒子の數 N 、圓周上の粒子の數 N' を測定した。

内の實面積 $= \pi/4(37.8/1,500)^2 \approx 0.0005\text{mm}^2$

粒子の大きさ $Z(\text{mm}^2) = 0.0005/N + 0.6N'$

10^{-6}mm^2 以下を四捨五入し平均粒子の大きさとした。

(二ヶ所平均)

5. 實驗結果の總括

以上の方法により檢鏡せし7個の試料の顯微鏡寫眞を示す(寫眞 No. 8 は參考圖)。これ等の粒子の大きさを測定し粒度の順に切削試驗結果と一括して表示すると第1表の如し。明かに切削能力と關聯せることが了解せられる。

第1表 試料成績並びに氣孔粒子の大きさと切削能力

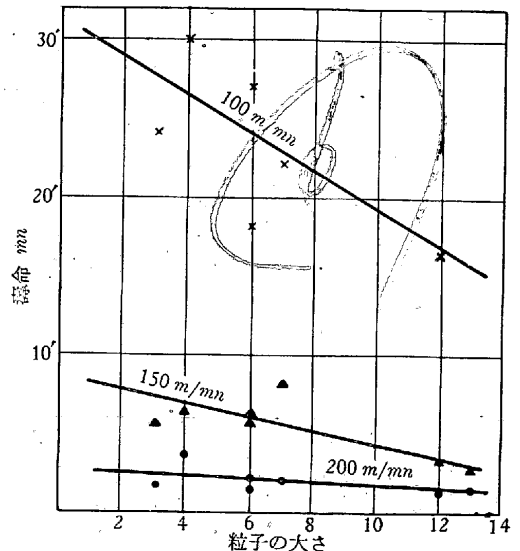
試料 No.	比重	硬度 HR-A	氣孔記號	粒子の大きさ $\times 10^{-6}\text{mm}^2$	網寸法 mm	切 削 試			切味	壽命	
						100 m/mn	150 m/mn	200 m/mn			
No.1	14.56	88.6	⊙	13	15×15		2' 51"	1' 11"	劣	劣	
No.2	14.72	88.6	⊙	12	20×20	16' 50"	3' 22"	1' 9"	劣	劣	
No.3	14.52	89.3	⊙	7	15×15	22' 16"	8' 20"	2' 9"	可	良	
No.4	14.60	89.3	⊙	6	15×15	18' 9"	6' 19"	1' 25"	優	可	
No.5	14.60	89.0	⊙	6	15×15	27' 13"	5' 40"	2' 9"	良	良	
No.6	14.82	90.5	⊙	4	25×25	30' 9"	6' 12"	3' 55"	優	優	
No.7	14.70	91.1	⊙	3	15×15	24' 12"	5' 45"	1' 55"	優	良	
No.8	14.78	91.8	⊙	2	參 考 資 料						

HR-A...ロックウエール A 硬度 (ダイヤモンド錐 60 kg, C 目盛読み)

正確を缺くため明確にすることが出来ないが、氣孔が大にして多い程比重が小になるのは當然である。氣孔と硬度との關係は氣孔の生因が種々あるをもつて一概に云ひ難い。一定の條件ならば氣孔の小さく寡ない方が硬度は高い。その影響は粒子の大きさの影響に比べると極めて小さいものでないかと思はれる。

3. 粒子の大きさと切削能力 粒子は微細なる程切味良好にして壽命も著しく上昇す。(第5圖)

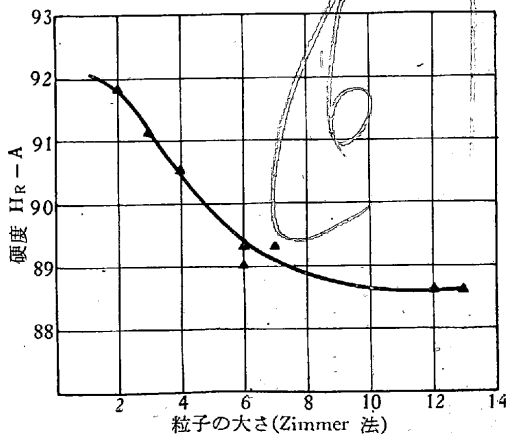
低速度の場合程その影響大にして著しい傾斜が豫想される。圖によりて明かなる如く高速度にて過度の重荷重の切削試驗を行てその結果のみにてバイトの良否を決定するのは早計であると云ひ得る。粒子の形状より論ずると均一なる粒子の場合は平均の粒度が大であっても大小不均一なる



第5圖 粒子の大きさと切削能力

6. 實驗結果に対する考察

1. 粒子の大きさと硬度比重 他の金属材料と同様粒子



第4圖 粒子の大きさと硬度

主であり粒度とは直接大きな關係はない。

2. 氣孔と比重硬度 氣孔と比重の關係は氣孔の決定が

粒子分布を有するものより壽命が長い。又角形の粒子より粒狀の粒子の方が切味壽命共に良好の様である。

4. 硬度と切削能力 硬度は粒子の大きさと關係する。したがって硬度高きものはある程度まで明かに切味壽命ともに良好になる。特に切味と密接なる關係あり。しかし單に硬度のみをもつて壽命を論ずることは出来ぬ。

5. 氣孔と切削能力 粒子の大きさと比較すると其の影響は極めて小さい。低速度の場合には其の影響比較的大にして衝撃の際双コボレを誘發するの原因となり壽命切味ともに鈍らすべきである。氣孔には極めて有害なものと、しからざるものがある。これについては將來論ずる機會があると思ふ。したがって單に氣孔の多寡大小をもつて性能を云々することは出来ぬ。これが氣孔の標準を制定するに困難ならしむる一理由である。

6. 燒結の良否と切削能力 本項目は上記實驗記録とは

特考

何等關係なき故最後に述べて居るが最も根本となるべき問題であり、直接性能に影響を與へるものである。焼結の良否とは炭化物粒子と結着金屬間の擴散の良否を稱す。即ち焼結條件の如何により生ずる問題である。これを檢するには高倍率の顯微鏡検査が有効である。

7. 結 論

同一成分の硬質合金に於て處理の如何により其の性能に著しい差違あり。其の性能の差違は使用條件により極めて大となる。其の性能に大なる影響あるものは

1. 焼結技術

即ち適正なる焼結技術を経て始めて硬質合金としての價値が與へられる。

2. 粒子の大きさ

1. に從屬的のものであるが WC-Co 硬質合金に於ては粒子の大きさがあらゆる性能特に切削性に大なる影響を與へる。微細なる粒子程性能がよい。形状は出来るだけ均一にしてしかも粒状のものが良い。

3. 氣 孔

2. と同様 1. に從屬せる問題なるも粒子の大きさに比すれば其の影響小なるも、出来る限り寡くすること。

以上により顯微鏡組織検査は可なり有効に硬質合金の性能を推定することを得。

終りに本實驗に當り切削試験を御教示並に御援助賜つた香川學兄其の他の諸氏に厚謝す。

参 考 文 獻

- 1) 武田修三: 工具材料 實用金屬材料講座 10 卷 65 頁
- 2) Engineer, April, 15, 1938, 431.
- 3) Mechanical World, April 22, 1938, 383.
- 4) O. Meyer u. W. Eilender: Arch. Eisenhüttenwes. Mai 1938, 545.
- 5) Widia Handbuch, 1936.
- 6) K. Becker: Metallwirtschaft Mai 20, 1938, 553.
- 7) H. Koch: Metallwirtschaft, Sep. 22, 1939, 806.
- 8) K. Schöter: Z. Metallkunde, 31, 1928, 20.
- 9) K. Becker: Hochschmelzende Hartstoffe und ihre technische Anwendung, 1936, S. 93.
- 10) L. L. Wymann, F. C. Kelley: Jour. A. I. M. E. 1931, 208.
- 11) S. L. Hoyt: Trans. A. S. S. T. 1930, 17, 54.
- 12) G. J. Comstock: Trans. A. S. S. T. 1930, 18, 993.
- 13) Gregy-Kuttner: J. I. M. E. 1929.

第 2 表 合金鋼の符號

— 404 頁より續く —

	C %	Mn %	Cr %	Ni %	Mo %	符 號				
						DIN 1662 又は 1663	ISA 1940. 3 月	提 案		
								IIA	IIB	IIC
肌 約	0.10~0.17	—	—	1.25~1.75	—	EN 15	Ni 115	Ni 13	Ni 153	15 Ni 3
	0.10~0.17	—	0.55~0.95	2.25~2.75	—	ECN 25	CrNi 125	CrNi 135	CrNi 1535	15 CrNi 35
	0.10~0.17	—	0.55~0.95	3.25~3.75	—	ECN 35	CrNi 135	CrNi 137	CrNi 1537	15 CrNi 37
	0.10~0.17	—	0.9~1.3	4.25~4.75	—	ECN 45	CrNi 145	CrNi 149	CrNi 1549	15 CrNi 49
鋼	0.10~0.16	—	0.3~0.5	—	—	EC 30	Cr 14	Cr 12	Cr 122	12 Cr 2
	0.12~0.18	—	0.6~0.9	—	—	EC 60	Cr 17	Cr 13	Cr 153	15 Cr 3
	0.13~0.17	0.8~1.1	1.0~1.3	—	0.20~0.30	ECMo 80	CrMo 110	CrMo 142	CrMo 1542	15 CrMo 42
	0.18~0.23	0.9~1.2	1.1~1.4	—	0.20~0.30	ECMo 100	CrMnMo 212	CrMnMo 2542	CrMnMo 20542	20 CrMoMn 542
調 質	0.25~0.32	—	0.3~0.7	1.25~1.75	—	VCN 15 w	CrNi 215	CrNi 223 (323) ¹⁾	CrNi 3023	30 CrNi 23
	0.33~0.40	—	0.3~0.7	1.25~1.75	—	VCN 15 h	CrNi 315	CrNi 323 (423) ¹⁾	CrNi 3523	35 CrNi 23
	0.25~0.32	—	0.55~0.95	2.25~2.75	—	VCN 25 w	CrNi 225	CrNi 235 (335) ¹⁾	CrNi 3035	30 CrNi 35
	0.33~0.40	—	0.55~0.95	2.25~2.75	—	VCN 25 h	CrNi 325	CrNi 335 (435) ¹⁾	CrNi 3535	35 CrNi 35
	0.20~0.27	—	0.55~0.95	3.25~3.75	—	VCN 35 w	CrNi 235	CrNi 237	CrNi 2537	25 CrNi 37
	0.28~0.35	—	0.55~0.95	3.25~3.78	—	VCN 35 h	CrNi 335	CrNi 337	CrNi 3037	30 CrNi 37
鋼	0.30~0.40	—	1.1~1.5	4.25~4.75	—	VCN 45	CrNi 345	CrNi 359	CrNi 3559	35 CrNi 50
	0.22~0.29	—	0.9~1.2	—	0.15~0.25	VCMo 125	CrMo 210	CrMo 242	CrMo 2542	25 CrMo 42
	0.30~0.37	—	0.9~1.2	—	—	VC 135	Cr 310	Cr 34	Cr 344	34 Cr 4
	0.30~0.37	—	0.9~1.2	—	0.15~0.25	VCMo 135	CrMo 310	CrMo 342	CrMo 3442	34 CrMo 42
鋼	0.38~0.45	—	0.9~1.2	—	0.15~0.25	VCMo 140	CrMo 410	CrMo 442	CrMo 4042	40 CrMo 42
	0.38~0.45	—	1.6~1.9	約 0.2	0.30~0.40	VCMo 240	CrMoV 417	CrMoV 4732	CrMoV 40732	40 CrMoV 732
鋼	0.14~0.19	1.1~1.4	0.8~1.1	—	—	—	CrMn 112	CrMn 1645	CrMn 1645	16 CrMn 45
	0.18~0.23	1.2~1.5	1.2~1.5	—	—	—	CrMn 213	CrMn 2055	CrMn 2055	20 CrMn 55
	0.28~0.35	1.2~1.5	—	—	—	—	Mn 313	Mn 35	Mn 305	30 Mn 5
	0.35~0.40	1.1~1.4	—	—	1.1~1.4	—	MnSi 312	MnSi 355	MnSi 3755	37 MnSi 55
	0.35~0.45	1.6~1.9	—	—	—	—	Mn 417	Mn 47	Mn 407	40 Mn 7
	0.45~0.55	0.8~1.0	—	—	1.6~1.9	—	MnSi 517	MnSi 547	MnSi 5047	50 MnSi 47
	0.30~0.37	—	0.9~1.2	—	—	—	Cr 310	Cr 34	Cr 344	34 Cr 4
	0.25~0.35	—	0.9~1.2	0.15~0.30	—	—	CrV 310	CrV 342	CrV 3042	30 CrV 42
	0.35~0.45	—	0.9~1.2	0.15~0.30	—	—	CrV 410	CrV 442	CrV 4042	40 CrV 42
	0.35~0.45	1.0~1.3	0.9~1.2	—	—	—	CrMn 411	CrMn 445	CrMn 4045	40 CrMn 45
	0.45~0.55	—	0.9~1.2	0.15~0.30	—	—	CrV 510	CrV 542	CrV 5042	50 CrV 42
	約 1.0	12.0	—	—	—	—	Mn 10120	Mn 1048	Mn 10048	100 Mn 48

1) 又はの意である