

高速度鋼及附刃工具の二、三に就て

(日本鐵鋼協會第 16 回講演大會講演 昭和 11 年 10 月)

堀 田 秀 次*

ON SOME HIGH SPEED STEELS AND CHIPPED TOOLS.

Hideji Hotta.

SYNOPSIS:—Modern high-speed tools are classified into the following four general groups:—

- (1) 18-4-1 series and cobalt high speed steels.
- (2) Cemented carbide tools.
- (3) Cast tools.
- (4) Other series of tools.

In this paper, the writer deals principally with the tools of (1), (3) and (4) series in accordance with his investigation.

The experiments consist of the measurement of the thermal expansion coefficient, microscopic tests, cutting tests and the effect of heat-treatment on the hardness of the tools of (1) series.

The experimental results show that the steel containing 10 per cent of Cobalt and 0.7 per cent of Molybdenum has the most excellent physical and metallurgical properties.

The author attempted to improve ordinary cast tools by using a specially devised apparatus which can compress the tools at a Pressure of 0.5 kg/mm² and at such a high temperature as 1,200°C. These compressed tools showed the most superior cutting efficiency and hardness in comparison with ordinary cast tools made of similar chemical composition.

目 次

I. 緒 言

II. 試料の調製

- (1) 高速度鋼 (2) 鑄造工具 (3) 肉盛工具

III. 18-4-1 型及コバルト高速度鋼の試験

- (1) 變態點及熱膨脹率の測定 (2) 硬度に及ぶ焼入温度の影響 (3) 焼入工具鋼の硬度に及ぶ焼戻温度の影響 (4) 焼入焼戻工具鋼の硬度に及ぶ焼戻時間の影響 (5) 顯微鏡試験 (6) 切削實用試験 (7) 實驗結果の綜合

IV. 原料の精選による高速度鋼質の改善

- (1) 配合原料 (2) 切削試験成績 (3) 實驗結果の綜合

V. 肉盛工具の試験

- (1) 工具の製法 (2) 硬度及耐摩耗性 (3) 熱膨脹試験 (4) 衝撃抗力測定 (5) 實驗結果の綜合

VI. 鑄造工具の特殊考案装置による改良

- (1) 工具の製法 (2) 硬度試験 (3) 實驗結果の綜合

VII. 肉盛 鑄造及高温加壓の改良型各工具の切削試験

- (1) 供試工具と切削要領 (2) 切削試験成績 (3) 實驗結果の綜合

VIII. 總 括

I. 緒 言

最近各種重工業の著しき進歩發達と共に夫等の構成材料

* 吳海軍工廠製鋼實驗部

も亦極めて強靱性の大なるものを使用され而も生産の高速度化が必要となるに到た 茲に於て之等の構成材料を高速度にて切削し得べき工具の必要に迫られ之が研究は近時著しき進展を來し機械加工の能率向上に多大の寄與をなして居るが之等の工具を製造法及成分より大體次の4種に大別することが出来る

- (イ) 18-4-1 型及コバルト高速度鋼
- (ロ) タングステンカーバイト系焼結工具
- (ハ) 鑄造工具
- (ニ) その他の工具

本研究に於て著者は主として試製による上記(イ)及(ハ)項系統の工具並に Cr-W-Co 系に特殊元素を添加し之をシャンク上に熔着する(ニ)項に屬する工具等に就て物理冶金學的性質を研究し併せて切削實用試験等を施行し以て旋削用工具としての良否の比較研究を行ひ 現在設備され居る普通の工作機械によつて容易に加工し得る高速度工具の獲得に成功したので 茲に其の實驗の經過並に成績を報告する次第である

II. 試料の調製

(1) 高速度鋼 本研究に於ける試製品は先づタンマン式電氣爐にて 5kg 鋼塊を熔製金型に鑄造後 850°C で豫熱した後 1.5t 蒸氣鎚で約 1,250°C にて鍛鍊を行た

C>0.9%, Co>10% 及 Mo>1% を含有する高速度鋼塊は含有量之より少ないものに比較して可鍛性稍小である

熔製した試料の成分は 18-4-1 型又は 18-4-2 型の標準型に Co を 0 から 30% 迄種々變化したものと又は之が Modification であつて Co の含有量に依て次の 6 種に大別した 後述の第 1 次及第 2 次切削試験用試料の分析成分は夫々第 1 表 (其 1 及其 2) に示す通りである

Group	Co	0	18-4-1型	(W=18 Cr=4 V=1 Co=0 Mo=0)
"	Co	5	標準型に Co 5% 添加したもの	
"	Co	10	標準型に Co 10% 添加したもの	(Mo=0 又は 0.5% 添加)
"	Co	20	標準型に Co 20% 添加したもの	(Mo=0.5% 添加)
"	Co	25	標準型に Co 25% 添加したもの	(Mo=0 又は 0.5% 添加)
"	Co	30	標準型に Co 30% 添加したもの	

第 1 表(其 1) 各種高速度鋼の分析成分(%)

Group	C	Cr	W	Co	V	Mo	
Co 0	0.86	4.70	20.11	—	1.17	—	
Co 5	0.88	4.10	20.15	5.26	2.00	—	
Co 10	1.00	4.78	16.26	10.10	1.91	—	
Co 10	m ₁	0.59	4.66	14.92	9.94	1.22	0.70
	m ₂	0.79	4.20	17.96	9.18	1.48	0.81
Co 20m	0.74	4.62	20.00	20.20	1.90	0.55	
Co 25	0.85	5.38	19.91	24.98	0.91	—	
Co 25m	0.74	4.62	21.00	25.00	2.10	0.40	
Co 30	0.83	4.84	17.05	30.31	1.00	—	

第 1 表(其 2) 各種高速度鋼の分析成分(%)

Group	C	Cr	W	Co	V	Mo	
Co 0	0.68	4.88	19.00	—	1.04	—	
Co 5	0.86	4.06	20.91	4.68	1.20	—	
Co 10	m ₁	0.63	4.91	16.76	9.16	1.12	0.21
	m ₂	0.78	4.60	18.07	9.46	1.51	0.68

をタンマン爐にて熔製し之を特殊形状の金型に鑄込み径 5mm 長さ約 300mm の丸棒としたものをシャンク上にガス熔接機を以て肉盛後所要形状に研磨成形の上各種の試験を行った

III. 18-4-1 型及コバルト高速度鋼の試験

(1) 變態點及熱膨脹率の測定 高速度鋼の二・三に就いて焼鈍状態に於ける變態點を佐藤式焼入試験器を使用して實測した結果第 2 表及第 1 圖(其 1~3) の成績を得た 元來高速度鋼は W, Cr, V, Co 及 Mo 等の特殊元素の含有量が炭素鋼及普通の特殊鋼より極めて多い爲其の熱傳導率頗る小さく 從て急激加熱を行ふときは内外温度差著しく 熱膨脹の分布不均一で相當歪力を發生するものと考へらる

供試高速度鋼の變態點 Ac₁ は實測の結果 835°~860°C である 本研究に於けるコバルト高速度鋼の熱處理に關しては後述するやうに米國鐵鋼協會の委員會に於て推薦せられ居る方法²⁾ にも記載されてある如く 此の變態點で急縮すべき變化を徐々に且均一に行はしめ焼割の素因を防止する爲此の温度附近迄は徐熱を行ひ其れより後は焼入温度迄急熱して焼入を行った 常溫より切削中の双先推定上昇温度たる 600°C 迄の平均熱膨脹率を測定した結果 第 3 表の通 Co 10m 系は Co 5 及 Co 0 系よりも其の値小である

第 2 表

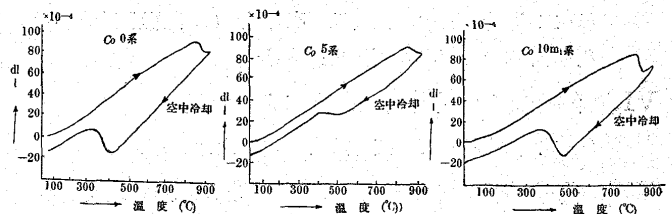
鋼種	變態温度 (°C)			
	Ac ₁	Ac ₃	Ar ₁	Ar ₃
Co 0	845	890	300	400
Co 5	860	—	420	490
Co 10m ₁	835	870	350	475

第 3 表

鋼種	常溫 (25°C) より 600°C 迄の平均熱膨脹率
Co 0	0.000011500
Co 5	0.000011075
Co 10m ₁	0.000010335

第 1 圖

(其の 1) (其の 2) (其の 3)



(2) 硬度に及ぶ焼入温度の影響 著者は 15mm 角高さ 15mm なる硬度測定用試験片の焼入に際し焼割防止の見地より 850°C 迄徐々に豫備加熱を行ひ 40 分間保持したのち高温度に長時間加熱に因る結晶の成長に基く脆性を防ぐ爲之より直に 1,200° 1,250° 1,280° 1,300° 及

(2) 鑄造工具 鑄造工具としての切削試験用試料はタンマン式電氣爐にて熔製し金型に鑄込みチップを製作し之を軟鋼製シャンクの一端に Fe-Mn 及燒硼砂を以て熔着後研磨によつて成形した 本鑄造工具は大體次の 2 通に大別した

(イ) Stellite 工具

(ロ) Cr-W-Co 系に Fe 及特殊元素を含有する工具

Stellite は輓近再び盛んに利用せられ成績良好のものが現出し出した傾向がある¹⁾ 本研究に於ては (イ) 及 (ロ) 兩種の鑄造工具を特殊の考案装置に依て更に高温度で壓迫したものを試製の上硬度及切削試験等を施行した

(3) 肉盛工具 (2) 項の(イ), (ロ)系成分の工具材

¹⁾ Dr. Zay Jeffreis. (Developments in cutting tools); Metal Progress. Feb., 1933 p. 29.

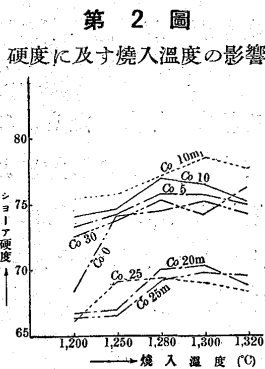
²⁾ Heat Treatment of Co-High Speed Steel; Metal Progress, April 1933 p. 29.

1,320°C の焼入温度に加熱し各 4 分間保持後常温の白絞油中に急冷してショーア硬度を測定した 其の試験成績は第 2 圖に示す通りで焼入温度が 1,200° 及 1,250°C の如く低い場合は硬度低く焼入温度 1,280° 1,300° 及 1,320°C の高い場合は硬度も亦大である 焼入温度に就て本試験結果を考察するに 18-4-1 型及コバルト高速度鋼は其の含有する多量の W と Fe と化合して生ずる硬質のタングスタイド (Fe_2W) がオーステナイトの基地中に溶け込む量並に多量の W の外に相当量の Cr, V 及 Mo 等と C より成る高硬度の炭化物が基地に吸収される量とが焼入温度 1,280° 1,300° 及 1,320°C の如き高目の場合は 1,200° 及 1,250°C の低目の場合よりも多き為硬度も亦大となるものと考へられる

第 2 圖の成績を成分上より觀れば Co 約 10% 又は之に Mo 0.7% 含有する Co 10 系又は Co 10m 系は概ね最高硬度を示し Co 5 Co 0 及 Co 30 系工具鋼之に次ぎ Co 20m 及 Co 25 系は之より劣る

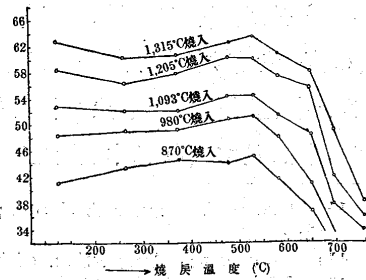
(3) 焼入工具鋼の硬度に及す焼戻温度の影響

焼入を行た 18-4-1 型及コバルト高速度鋼の硬度に及す焼戻温度の影響に關し Houdremont 及 Schrader³⁾ 兩氏は 18-4-1 型に Co 量を 0, 11, 17 及 24% 含有せしめ 1,280° 及 1,320°C に油焼入した高速度鋼の焼戻による硬度の變化を試験して居る

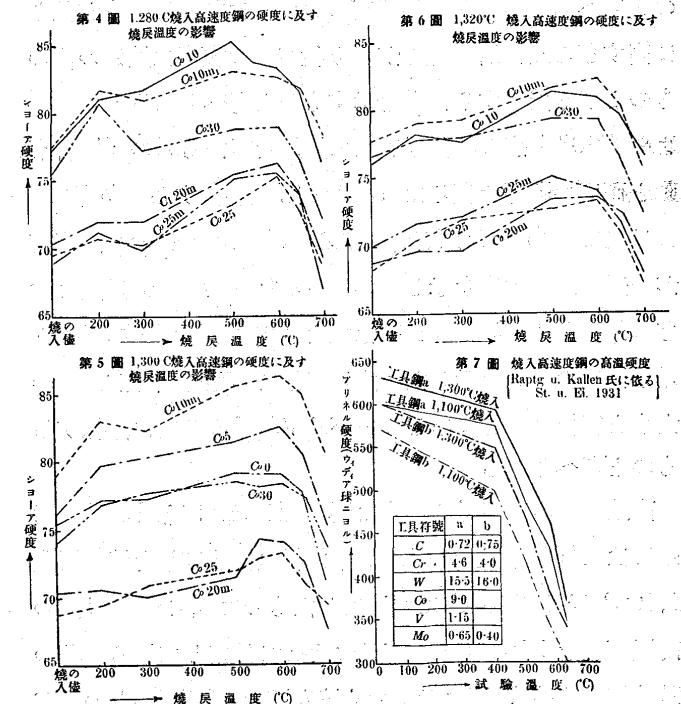


其の實驗結果によれば焼戻温度 400°C 附近迄は Co 含有量少きものが硬度大であるが 550°C 附近及之れ以上では之と反対の傾向を示し Co 量大なるもの程硬度が大なることを報じて居る Grossmann 及 Bain 兩氏⁴⁾ は C 0.6% の 18-4-1 型高速度鋼の焼入温度を 870°C より

第 3 圖
18-4-1 型 (C=0.6%) の焼入焼戻と硬度の關係 (Grossmann & Bain 氏に依る High Speed Steel, 1931)



1,315°C 迄變化せしめたものを種々の温度で焼戻し其の硬度試験の結果第 3 圖に示す通焼入温度の高きもの程硬度高く 焼戻温度 530°C 附近が最高硬度で 650°C で減少し 700°C では激減を示して居る 又伊丹 三浦兩氏は⁵⁾ Co 10% 含有する高速度鋼に就て熱處理と硬度の關係を研究の結果 1,330°C で焼入し 570°C で焼戻する時最大硬度が得られ之を實際ドリルに應用せるに其の他の熱處理を施したのものより著しく穿孔能力大であり 又 Co 18% 含有する高速度鋼は熱處理を適當にせばウィディア系工具に匹敵する硬度が得られると述べて居る 上記の諸實驗者の試験結果を考察するに 焼入したる 18-4-1 型及コバルト高速度鋼を 500°~600°C 附近で焼戻をした場合の硬度が一般に最高で焼入の儘より著しく大であることがわかる 此の 500°~600°C の焼戻による硬度の増加する事實に對する説に關し Steinberg 及 Süsin,⁶⁾ Michel 及 Bénzet⁷⁾ 氏等は之は 500°~600°C 附近の焼戻によつて炭化物の析出硬化を生じ 炭化物の溶解度の減少した 殘留オーステナイトが冷却中マルテンサイトに變化する爲であると述べ居るに對し Grossmann, Emmons,⁸⁾ Edward⁹⁾ 氏等は



5) 伊丹榮一郎, 三浦三索; 鐵と鋼. 第 22 年第 11 號 p. 860~868.

6) S. Steinberg ü. V. Süsin; Arch. f. d. Eisenhütt. März, 1934 S. 537~538.

7) Michel & Bénzet; Rev. d. Met. 1932 p. 259~275.

8) Emonns J. V.; Trans. Ame. Soc. Steel Treat. 1932 p. 289.

9) Edward; Journal of Iron & Steel Inst. 1915 p. 6~46.

3) Hondremont ü. H. Schrader; Kruppsche Monatshefte Jan.-Feb. 1932.

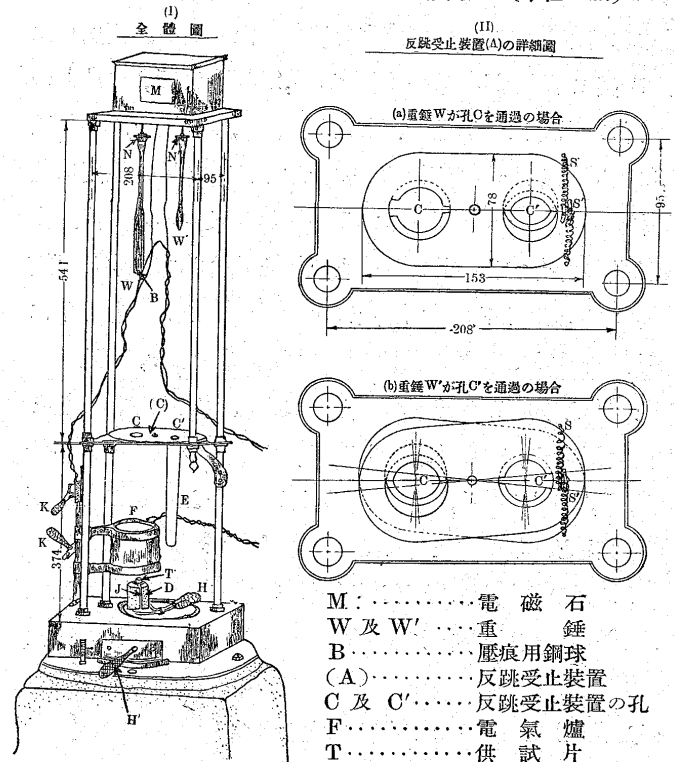
4) Grossmann & Bain; High Speed Steel. 1931 p. 154.

此の溫度附近の焼戻によつて焼入の際の α - γ 變態が一部阻止せられ残留オーステナイトがマルテンサイトに分解する爲であると説いて居て 未だ確然たる定説あるを聞かない
 著者は本文に於て 焼入した 18-4-1 型及コバルト高速度鋼の焼戻溫度と硬度との關係を主として熱處理方面より研究し 之が實驗結果並に考察に關して述べることをする
 即ち焼入溫度を 1,280° 1,300° 及 1,320°C の 3 通りとした 18-4-1 型及コバルト高速度鋼に對し 焼戻溫度を最高 700°C 迄種々に變化せしめ 常溫の白絞油中に急冷した場合の硬度試験成績は第 4~6 圖に示す通りである 本成績に示す如く 1,280° 1,300° 及 1,320°C にて油焼入した儘のものゝ 650°C 以下の種々の溫度で油焼戻したものの硬度よりも一般に小である 各焼入溫度を通じて一般に焼戻溫度 300°C 附近で硬度を減少し 300°C より 550°~600°C 附近迄は焼戻溫度が上昇すると共に 概ね 硬度も増大し 650°C 附近にて硬度を稍減少し 焼戻溫度 700°C にては硬度を激減し 焼入の儘よりも却て小となる傾向を示した 焼戻溫度 300°C 附近に於ける硬度の減少は α マルテンサイトが β マルテンサイトに變化することに因るものと考へられる 又 焼戻溫度 700°C に於ては溫度が餘りに高すぎる爲に所謂焼きが戻り従て其の硬度は焼入の儘のものよりも減少する傾向を示すものと考へられる 200°C より 700°C 迄の各種溫度にて焼戻を行たものの Co 含有量と硬度の關係を觀るに Co 10% 含有する Co 10 系又は之に Mo 0.7% を含有する Co 10m 系の高速度鋼が一般に最高硬度を示し Co 5 Co 0 及 Co 30 系之に次ぎ Co 25 及 Co 20m 系は之より劣り 焼入溫度の場合と殆ど同様の傾向を示した 之は後述せる如く成分が硬度の大小と密接な關係にあるカーバイド粒子の粗密に關係するものと考へられる

高速度鋼の高溫熱間硬度に關し Rapatz 及 Kallen¹⁰⁾ 兩氏は Co 0 系及 Co 10m 系類似の高速度鋼を焼入溫度 1,100° 及 1,300°C にて焼入したものに就て 630°C 迄の高溫硬度を Mailänder 氏法によつて測定して居る 其の試験結果は第 7 圖に示す如く 焼入溫度 1,300°C の方が 1,100°C よりも高溫硬度高く 又成分上より比較せば Co 10m 系類似のもの (符號 a) が Co 0 系類似のもの (符號 b) よりも高溫硬度の大なることを報告して居る 又

¹⁰⁾ F. Rapatz u. H. Kallen; St. u. Ei Okt. 29, 1931 S. 1139~1140

第 8 圖 落下式高溫硬度試験裝置 (單位 mm)



Harder 及 Grove¹¹⁾ 氏は多數の高速度鋼に就て高溫硬度を測定し 結局 650°~700°C の高溫硬度が切削能率に比例し 此の溫度に於て高溫硬度の高いものが切削能率亦大なりと述べ 更に 18-4-1 型に Co を相當量添加したものの高溫硬度を計測した結果 Co 4~5% 迄は Co の添加によつて高溫硬度を増すが其れ以上の増加は其の影響を現はさぬと述べた 上述の外 Cowdrey,¹²⁾ Oertel & Pölguter,¹³⁾ Körber & Simonsen,¹⁴⁾ Kinzel & Burges¹⁵⁾ 及 Herbert¹⁶⁾ 等多數の者が高速度鋼の研究を行た

著者はコバルト高速度鋼の高溫硬度の測定に當り Co 10m 系及 Co 30 系工具鋼素材を丸棒に鍛鍊し之を 850°C にて爐中焼鈍し 1,300°C にて油焼入 550°C にて油焼戻後徑 25mm, 高さ 12.5mm に機械仕上した供試材を電氣抵抗爐内にて試験溫度 200° 600° 650° 及 700°C に各 20 分間保持後高溫熱間硬度の測定を第 8 圖に示す特殊の構造を有する落下式高溫硬度試験裝置に依て行た 本裝置の構造 作働及試験法の概要を記せば次の通である 第 8 圖に於て (I) は本裝置全體の構造圖を示したもので

¹¹⁾ Oscar E. Harder & Grove; Amer. Inst. Min. Met. Eng. 1933.
¹²⁾ Cowdrey; Amer. Soc. of Text. Mat. 1930.
¹³⁾ W. Oertel & F. Pölguter; St. Ei. 1924.
¹⁴⁾ F. Körber u. I. B. Simonsen; Mitt. a. d. Kaiser Wilhelm Inst. f. Eisenforschung. 1924.
¹⁵⁾ Kinzel & Burges; Trans. A. I. M. E. 1923.
¹⁶⁾ Herbert; Mech. Eng. 1930.

最初重錘 W 及 W'(W>W') は夫々電磁石 M によつて垂直方向に静止さる。今電磁石用スイッチ K によつて電流を断てば 2 個の重錘は同時に電磁石より離れて垂直に落下する。重錘 W は W' よりも長く重量大なるを以て最初に反跳受止装置 (A) の孔 C 内を通過する (II の a 圖) 反跳受止装置の詳細圖は本圖の (II) に示すもので重錘 W の下端に取付けある壓痕用超硬質の徑 10mm なる鋼球 B が供試片 T (直徑 25.4mm 高さ 12.7mm) の表面を 2 回以上打撃せしめない爲のもの之には圖示せる通 C 及 C' なる 2 個の孔を有し 2 個の發條 S 及 S' により 試験前孔 C' は少しく閉鎖し孔 C は重錘 W が之を通過し得る程度に開く如く装置してある。供試片 T は把手 H と三脚の把持器 J を以て電氣抵抗爐 F 内の中央部に支持され所定の試験溫度に保持後再び把手 H によつて支持臺 D の上に載せられ把手 H' によつて所定の高さに調節されたのち重錘 W の下端に取付けた鋼球 B によつて供試片の表面を打撃し壓痕を止め W は少しく反跳す。此の瞬間他の小重錘 W' は恰も反跳受止装置の少しく閉鎖せる孔 C' に當る如く装置しあるを以て (b) 圖の如く孔 C' は之が爲少しく開き W' は C' 内を通過して落下し其の頸部 N' にて C' の縁に懸引され重錘受 E 内に止まる。従て孔 C は少しく閉鎖される爲反跳した重錘 W の上端の頸部 N が孔 C の縁に懸引されて静止し 2 回以上供試片の表面を打撃せざる様に装置されてある。壓痕後電

氣爐を把手 K' によつて移動せしめて供試片を支持臺 D より取外し壓痕された凹みの直徑をブリネル硬度測定用顯微鏡 (倍率 10) で測定し之より次の算式によつて落下式高温硬度値を求めるのである。

今鋼球 (B) によつて凹まされた高温硬度試験片 (T) の状態を示せる第 9 圖に於て

$$\left. \begin{aligned} \text{鋼球の半径} &: r \\ \text{凹みの深さ} &: h \\ \text{凹みの直徑} &: d \end{aligned} \right\} \text{とすれば}$$

$$\text{凹まれた部分の體積} = \frac{1}{3} \pi h^2 (3r - h)$$

となる。

$$\text{落下高} = 500 \text{mm}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{落錘 (W) の重量} &= 1,002 \text{g} \\ \text{鋼球直徑} &= 2r = 10 \text{mm} \end{aligned} \right\} \text{なるを以て}$$

$$\text{落下式高温硬度値} = \frac{\text{落下エネルギー}}{\text{凹みの部分の體積}} =$$

$$\frac{500 \times 1,002}{\frac{1}{3} \pi h^2 (3r - h)} = \text{kg} \cdot \text{mm} / \text{mm}^3$$

$$\text{となる。 茲に } h = r - \sqrt{\left(r^2 - \frac{d^2}{4}\right)}$$

本落下式高温硬度試験装置によつて測定した試験成績は第 10 圖の通である

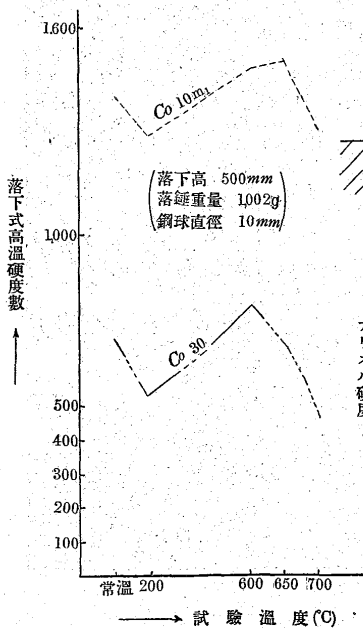
供試材たるコバルト高速度鋼 Co 10m 系及 Co 30 系は何れも試験溫度 200°C に於て其の高温硬度を減少するも 600°C 附近迄は高温硬度を上昇し 700°C に到れば著しく高温硬度を減少し常溫の場合よりも硬度小である Co 10m 系は Co 30 系よりも各試験溫度に於て其の高温硬度著しく大である。本試験結果は前項に於ける焼戻溫度と硬度の關係と殆ど同様の傾向を示して居る

第 10 圖記載のブリネル硬度値は落下式高温硬度試験装置にて高温硬度を測定したのち常溫迄冷却せしめた同一試料に就いてブリネル硬度試験機で測定した値であつて落下式高温硬度値と同様各溫度を通じて Co 10m 系工具鋼の硬度は Co 30 系より大である

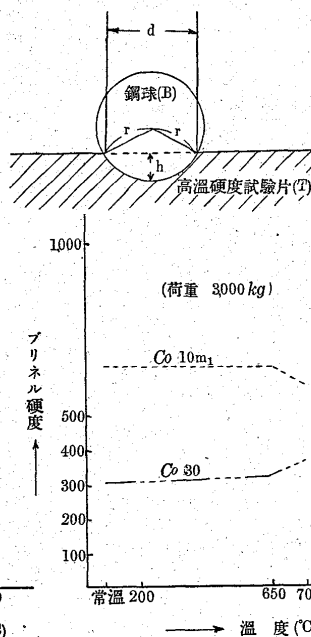
(4) 焼入焼戻工具鋼の硬度に及ぶ焼戻時間の影響

焼入焼戻を行た高速度鋼が高硬度の特殊鋼材等を切削中其の刃先の上昇溫度 600°C に於て 10 時間毎に 50 時間迄焼戻を行たものの硬度を測定した成績は第 11 圖記載の通りで Co 10 系が最大硬度を示し焼戻時間の増加による硬度の減少率を殆ど認め得ないが Co 5 及 Co 0 系は Co 10 系より硬度小で 10 時間焼戻後の硬度は焼入焼戻の儘よりも著しく低下を示す。即ち Co 高配合の工

第 10 圖 焼入焼戻工具鋼の高温硬度



第 9 圖 鋼球により凹まされたる高温硬度試験片の状態



具は低配合のものよりも長時間に亘ての耐反淬性が大である Rapatz 及 Kallen 兩氏も Co 0~18%の焼入焼戻を施した各種高速度鋼を 600°C で 15 時間迄焼戻し硬度試験の結果低配合のものは焼戻時間 1.5 時間で硬度の低下を來すが高配合のものは焼戻 5 時間後と雖も硬度の低下を見ずと述べ著者の實驗結果と稍一致して居る

(5) 顯微鏡試験

高速度鋼の使用状態に焼入焼戻を施行したるもの並に之を 600°C にて 50 時間焼戻したものの顯微鏡寫眞は第 12 圖の通りで使用状態に熱處理した Co 0 及 Co 5 系の顯微鏡組織は Co 10m 系と略大差を認め得ないが之

を 600°C で 50 時間焼戻した Co 10 系は Co 0 及 Co 5 系よりもカーバイドの粒稍緻密にして Co 30 系よりは相當密である Co 25 及 Co 20 系は Co 0 Co 5 及 Co 10 系よりカーバイドの粒子が粗大化して居る 本實驗により 18-4-1 型及コバルト高速度鋼の Cr, W, V 等と C よりなるカーバイドの粒子の粗密は其の硬度に至大の關係があることを明かに認め得た

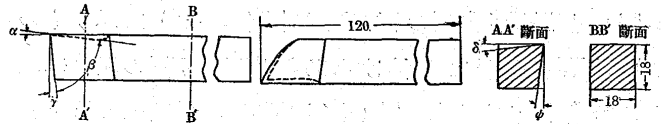
(6) 切削實用試験

(イ) 試験の要領——第 13 圖に示せる 18mm 角長さ 120 mm の切削試験用高速度鋼を使用し被削材を切削中双先が軟化し切れ止むまで旋削し更に研ぎ直しを行つて切削をなし其の平均切削能力を以て供試工具鋼の耐

久力を比較試験した

(ロ) 切削条件及被削材、——切削試験は 2 種類の被削材に就て施行した 供試被削材及切削条件は次の通である

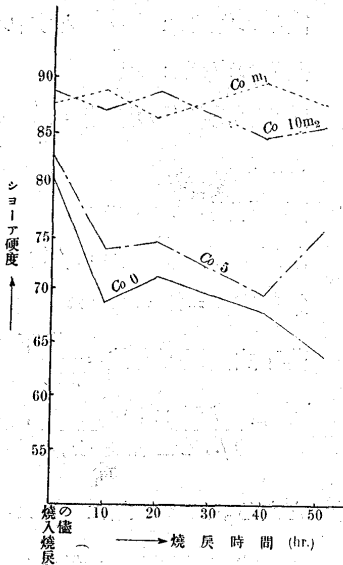
第 13 圖 切削試験用高速度鋼の形状寸法 (單位 mm)



刃先の角度

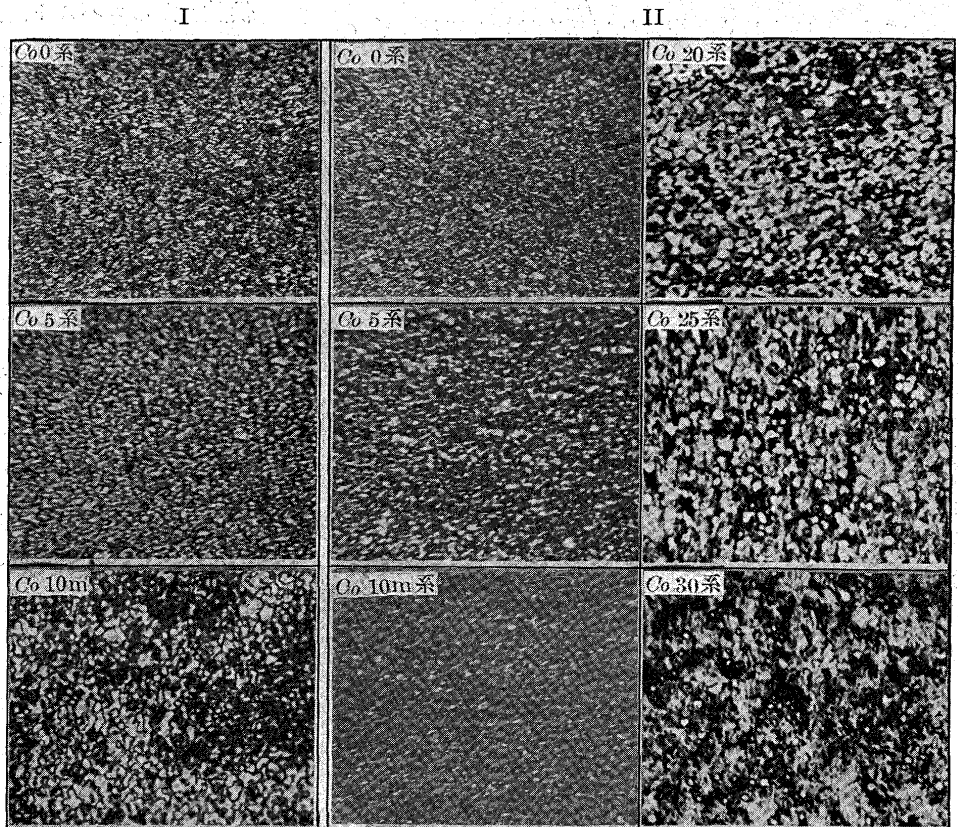
名稱	符號	角度
Top rake angle	α	13°
Tool angle	β	67°
Front clearance angle	γ	10°
Side rake angle	δ	18°
Side clearance angle	ψ	6°

第 11 圖 焼入焼戻工具鋼の硬度に及ぶ焼戻時間の影響 (試験温度 600°C)



種別	試験回次		
	第 1 次	第 2 次	
切條 削件	速度 (呎/分)	60	15
	切込 (時)	1/10	1/10
	送り (時)	1/2	1/2
被削 材	材質	Ni-Cr 鋼	オーステナイト不銹鋼
	主成分 (%)	C Ni Cr Cu	C Ni Cr Cu
		0.26 3.46 0.84 0.17	0.40 7.88 16.58 0.19
	ブリネル硬度	232	241
	抗張力 (kg/mm ²)	75.2	78.3
直徑 (時)	9.92	6.77	
	切削試験回数	4~5 回宛	6 回宛

第 12 圖 高速度鋼の顯微鏡寫眞 (×200 腐蝕液 4% 硝酸アルコール溶液)



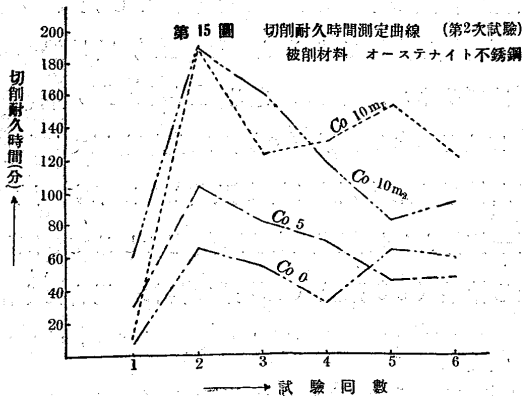
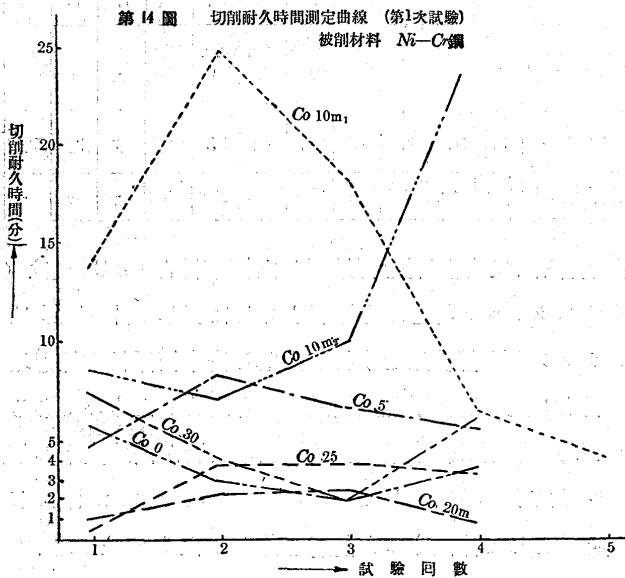
(I) 焼入焼戻した高速度鋼の使用状態
(II) 焼入焼戻した高速度鋼の 600°C + 50 時間焼戻状態

(ハ) 供試工具鋼——切削試験に供した高速度鋼の種類
熱処理は第4表の通である。

試験回数	工具鋼種類	焼入	焼戻
第1次	Co 0	1,300°C×3分 空冷	550°C×30分 石灰冷
	Co 5	"	"
	Co 10	m ₁ 1,320°C×3分 油冷	550°C×30分 油冷
		m ₂ 1,300°C×3分 油冷	"
	Co 20m	"	600°C×30分 油冷
	Co 25	1,280°C×3分 油冷	"
	Co 30	1,320°C×3分 油冷	550°C×30分 油冷
Co 0	1,300°C×5分 空冷	550°C×30分 石灰冷	
第2次	Co 5	"	"
	Co 10	m ₁ "	550°C×30分 空冷
		m ₂ 1,300°C×5分 油冷	550°C×30分 油冷

(ニ) 第1次切削試験成績——Ni-Cr 鋼を被削材とした第1次切削試験の各回に於ける耐久時間の比較曲線は第14圖に示す通りである。最良切削力を有する高速度鋼の切削能力を100とした場合、各高速度鋼の切削能力平均値の比率を等級順に次に示した

工具鋼種類	Co 10m ₁	Co 10m ₂	Co 5	Co 0	Co 30	Co 25	Co 20m
切削能力の比率	100.0	85.06	29.6	28.23	26.53	16.1	10.3



本成績より Co 約 10% Mo 0.7% 含有せる Co 10m 系工具の切削力最大にして Co 5% 及 Co 0 之に次ぎ Co 20~30% は Co 5%~0 より切削力劣るが Co 含有量の高目の Co 30% の方が低目の 20% よりも切削力が大である。本切削試験成績は前述せる熱処理と硬度の関係試験成績に於けると殆ど同様の傾向を示すものであつて従て 18-4-1 型及コバルト高速度鋼の硬度と切削能力の関係は殆ど比例的関係を有するものであることを本結果より述べる事が出来る。

(ホ) 第2次切削試験成績——本試験にあつては切削速度を第1次試験の1/4に低下せしめ普通高速度鋼では切削極めて困難とされてるオーステナイト系不銹鋼を被削材として切削試験を行た。各回の耐久時間の比較曲線は第15圖の通である。最高切削高速度鋼 Co 10m₂ の切削能力を100とした場合の他の高速度鋼の切削能力の比率は下の通である。

工具鋼種類	Co 10m ₂	Co 10m ₁	Co 5	Co 0
切削能力の比率	100.0	98.9	51.9	38.91

本成績に依れば Co 量 0.5 及 10% の中で Co 10% のものが最良で Co 5% 及 0 のものは之より劣り Ni-Cr 鋼を被削材とした第1次切削試験の場合と殆ど同様の結果を得た。

(7) 実験結果の総合 上記諸実験の結果を綜合し 18-4-1 型及コバルト高速度鋼の Co 含有量、熱処理、硬度、膨脹係數、顯微鏡組織、及切削能力の関係は概要次の如くに述べる事が出来る。

一般に各熱処理温度を通じ Co 10 系又は Co 10m 系のものは最大の硬度値を有し Co 5 系之に次ぎ 18-4-1 型之より劣る。Co 20% 以上のものは 18-4-1 型よりも却て硬度を稍減少するが其の含 Co 量の高い Co 30 系は低目の Co 20 系より大である。Oscar E. Harder 及 Grove 氏は前述の通り 18-4-1 型に Co を加へた高速度鋼に就て試験の結果 Co 4~5% 迄は Co の添加によつて高温硬度の増加を見ると述べ Hondremont 及 Schrader 氏等の行た実験結果たる Co 量の大きなる程硬度大なりとの結論と異なつてゐるが、著者の実験結果によれば、最高硬度を得るには Co 量に制限あるを明かに確め得たものであつて之が顯微鏡試験の結果 Co 10, 5 及 0 系はカーバイドの粒子が微小であるが Co 20 系及 Co 25 系のもは之が粗大化し高速度工具鋼としての特性を充分發揮し得ぬことが見られる。一旦荒削を行た特殊鋼の切削に當り其の切削能力

と硬度は殆ど比例的關係をなしてゐる 一般に焼入溫度が1,280° 1,300° 又は 1,320°C のとき最高硬度を示し 1,200° 又は 1,250°C の低目の場合は硬度を低下する傾向がある 之は高速度鋼中に含有する多量の *W* と *Fe* と化合して生ずる硬質のタングスタイドがオーステナイトの基地中に溶け込む量並に多量の *W* の外に *Cr*, *V*, *Mo* 等と *C* より成る高硬度のカーバイドが基地に吸収される量とが焼入溫度高きときは低きときよりも多き爲に因るものと考へらる

焼入工具鋼を 400° 以下又は 700°C で焼戻したものの硬度は 500°~600°C 附近の焼戻による場合の硬度よりも一般に小である

本試験成績は高速度鋼の硬度 膨脹係數 顯微鏡組織及切削能力等の關係に就て 杉本 福田¹⁷⁾ 兩氏の行つた實驗結果と略一致し切削能力大なるものは一般に高硬度で膨脹係數小さく其の炭化物の粒子微小にして良好なる切削試験成績を略裏書きすることを明瞭ならしめ得た

IV. 原料の精選による 高速度鋼質の改善

精鍊法及分析成分を殆ど同じくする高速度鋼に於て其の鍛鍊法及熱處理等によつて切削能力等を改善し得られざる實例あるは製鋼原料の素質不良に主因するとの見地から著者は鋼屑を使用せず純度の大なる地金原料並に特殊金屬元素等を配分したもによつて高速度鋼質の改善を企圖した

(1) 配合原料 供試 *Co* 0 及 *Co* 5 系工具鋼の主要配合原料及其の分析成分は夫々第 5~8 表の通である

本表に示す通 配合 I は *Mn*, *P*, *S*, *Ni* 及 *Cu* 等比較的

第 5 表 *Co* 0 系工具鋼の主要配合原料

原料名	裝入量 (kg)
製罐屑を原料とする精鋼材	216.0
〃 庖丁鐵	57.0
瑞典 銑	5.2
<i>Co</i> 0 系スクラップ	154.0
<i>Fe-Cr</i>	27.7
金屬 <i>W</i>	78.0
<i>Fe-V</i>	10.7
安來清淨粒鋼再熔製の庖丁鐵	287.0
瑞典 銑	69.6
金屬 <i>Cr</i>	22.6
金屬 <i>W</i>	92.1
<i>Fe-V</i>	10.9
計	548.6
計	482.2

第 6 表 *Co* 0 系の原料分析成分 (%)

原料名	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>W</i>	<i>V</i>
I 製罐屑	0.22	0.06	0.63	0.030	0.053	tr.	tr.	0.17	—	—
	0.36	0.13	0.84	0.107	0.036	0.19	0	0.16	—	—
	0.70	0.20	0.30	0.010	0.030	0.25	4.50	0.25	18.5	1.0
II 安來清淨粒鋼	0.04	tr.	0.03	0.019	0.016	0.03	0.02	0.01	—	—

第 7 表 *Co* 5 系工具鋼の主要配合原料

原料名	裝入量 (kg)
製罐屑, 鑄鋼スクラップを原料とする精鋼材	198.0
〃 庖丁鐵	5.0
瑞典 銑	32.4
<i>Co</i> 5 スクラップ	150.0
<i>Fe-Cr</i>	27.3
金屬 屬 <i>W</i>	82.3
<i>Fe-V</i>	24.0
金屬 屬 <i>Co</i>	19.6
安來清淨粒鋼再熔製の庖丁鐵	250.5
瑞典 銑	68.4
金屬 屬 <i>Cr</i>	22.6
金屬 屬 <i>W</i>	92.1
<i>Fe-V</i>	19.0
金屬 屬 <i>Co</i>	30.4
計	538.6
計	483.0

第 8 表 *Co* 5 系の原料分析成分 (%)

原料名	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>W</i>	<i>V</i>	<i>Co</i>
I 製罐屑	0.22	0.06	0.63	0.030	0.053	tr.	tr.	1.70	—	—	—
	0.36	0.13	0.84	0.107	0.036	0.19	0	0.16	—	—	—
	0.30	0.40	0.55	0.015	0.015	0.26	0.05	0.30	—	—	—
II 鑄鋼スクラップ	0.73	0.30	0.30	0.030	0.030	0.20	4.50	0.25	20.0	2.20	5.20
III <i>Co</i> 5 系スクラップ	0.73	0.30	0.30	0.030	0.030	0.20	4.50	0.25	20.0	2.20	5.20
IV 安來清淨粒鋼	0.04	tr.	0.03	0.019	0.016	0.03	0.02	0.01	—	—	—

多量含有する製罐屑を再熔製した精鋼材と *Co* 0 又は *Co* 5 系スクラップ等を地金原料とせるに對して 配合 II はスクラップを全然使用せず純度大なる安來清淨粒鋼等を地金原料とし之に所要附加金屬元素等を配合したものである

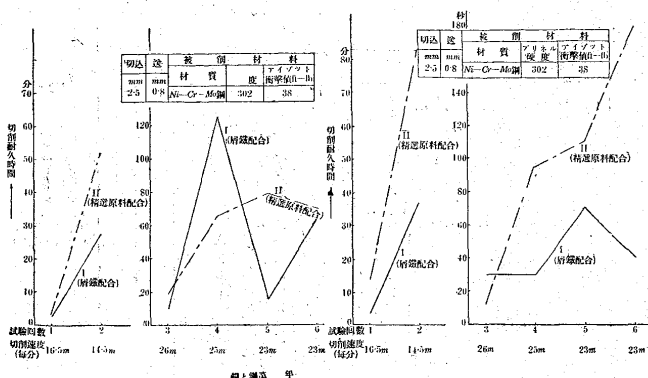
(2) 切削試験成績 製鋼原料の良否が高速度鋼の切削力に及ぼす影響に關して Bain & Grossmann 兩氏が鍛鐵を基として作たものと削屑を基としたものとに就て實驗を行ひ同様の組成のもので鍛鐵を原料としたものは高速度の切削力頗る良好であると Scheid¹⁸⁾ 氏は述べて居る 著者はブリネル硬度 302 なる *Ni-Cr-Mo* 鋼を配合 I 及 II による *Co* 0 系及 *Co* 5 系工具鋼を以て切削比較試験を行つた結果は第 16 圖 (其 1 及其 2) に示す 送り及切込を同一條件とし切削速度を種々變化せしめて 6 回切削試験したる結果 *Co* 0 系及 *Co* 5 系の何れの場合にも精選原料を使用したものは屑鐵を基として作たものより切

¹⁷⁾ 杉本正邦, 福田健太; 鐵と鋼 第 20 年第 3 號 p. 176.

¹⁸⁾ A. J. Scheid; Metal Progress, May 1934 p. 32~42.

第 16 圖

(其の1) 配合原料による Co0 系高速度鋼の切削試験成績



削能力が大である 即ち精選原料を基とした良好工具 (II) を 100 とした場合 屑鉄を基とした工具 (I) の全切削耐久力の比率は次の通にして 精選原料によれば 切削力を増大せしめ得ることを明かならしめた

工具鋼種類	Co 0 系		Co 5 系	
	屑鉄原料 (I)	精選原料 (II)	屑鉄原料 (I)	精選原料 (II)
切削能力の比率	56.0	100	41.6	100

(3) 実験結果の総合 上記の実験結果を総合するに分析成分及精錬法殆ど同様な高速度鋼に於て鍛錬及熱処理によつて切削力を改善し得られずとも良質の製鋼原料を使用せば切削力を増大せしめ得ることを本研究により明瞭にした 従て高速度鋼の製造に當て特に原料問題に關し深甚の考慮を拂ひ純度大なる原料を使用するは優良鋼塊を得る見地より極めて重要なことと思考する

V. 肉盛工具の試験

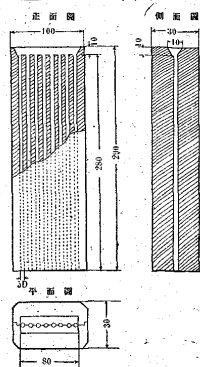
(1) 工具の製法 高速度鋼の如く鍛錬及熱処理を必要とせず又鑄造附双工具の如く切削中チップの離脱する虞なき工具を得る目的を以て著者は先づ電氣爐で熔製した棒状のチップ材料 (熔着棒) を第 17 圖に示す如き鑄造用金型ケースに一旦鑄込み径 5mm 長さ約 300mm の丸棒となし之を第 18 圖に示す如き要領にて常溫又は任意の加熱爐内にて 700°C 附近に豫熱したる軟鋼製シャンク上に焼研砂を載せ 酸素アセチレン熔接機で肉盛後研磨仕上によつ

第 9 表 肉盛工具の摩耗試験成績

工具符號	工具材料			被削材料			耐摩耗率(%) $(\frac{b-a}{b}) \times 100$
	試験前重量 (g)	試験後重量 (g)	減量 (g) a	試験前重量 (g)	試験後重量 (g)	減量 (g) b	
St. (ステライト)	18.1656	18.0943	0.0713	84.6990	84.5215	0.1775	60.0
St. B	18.8542	18.8140	0.0402	83.2842	83.0925	0.1917	77.0

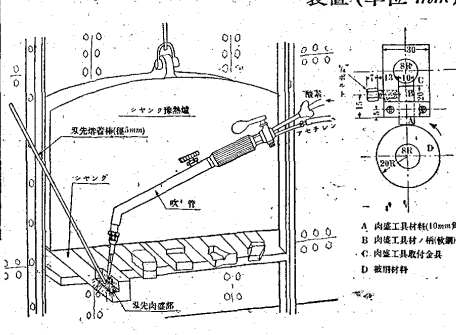
第 17 圖

双先熔着棒鑄造用金型ケース (單位 mm)



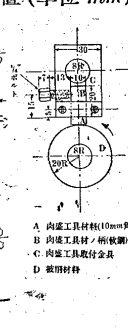
第 18 圖

肉盛工具製法の要領



第 19 圖

肉盛工具材の摩耗試験片及取付装置 (單位 mm)



て次の成分の工具双先を製作した

工具符號	C	Cr	W	Co	B	Fe
St.	2	32	16	50	—	—
St. B	3	32	18	36	0.46	殘

工具符號 St. は所謂ステライト工具であつて 符號 St. B は著者がステライト中の高價な成分たる Co の一部を Fe に置換し高硬度を附與せしめる目的で B を少量添加した新配合の工具である

(2) 硬度及耐摩耗性 著者は供試工具を第 19 圖に示す如く 10mm 角長さ 20mm なる軟鋼材の先端に肉盛研磨したものを取付金具に締付け之と 60kg の壓力を以て絶へず接觸回轉せしめ被削材たる抗張力 111kg/mm² の丸型高張力鋼とによつてアムスラー摩耗試験機を使用し工具材料の摩耗試験を行ひ併せて其の硬度を測定した 其の試験成績は第 9 表に示す通である

下記の結果よりステライト工具の Co の一部を Fe にて置換し B を少量含有せしめたる新工具符號 St. B はステライトよりも硬度高く其の耐摩耗率も亦大である 之は極めて硬度高きポロンカーバイドの成生によるものと考へらる

(3) 熱膨脹試験 佐藤式焼入試験器によつて切削熱膨脹試験成績

工具符號	熱膨脹係數 (600°C に於て)
St. (ステライト)	0.00001505
St. B	0.00001250

中の双先の推定溫度たる 600°C に於ける熱膨脹係數を測定した結果示表の通り

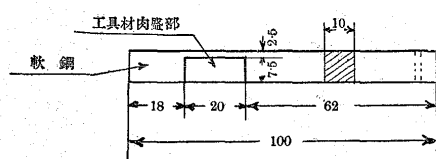
硬度試験成績

工具符號	ショーア硬度
St.	70
St. B	80

イトよりも小である

(4) 衝撃抗力測定 切削中の双先の推定温度たる 600°C に於ける衝撃抗力を比較試験する目的を以て著者は第 20 圖の通アイゾット衝撃試験片の一部に工具材料を肉盛後研磨仕上を行ひ 高温度衝撃試験装置¹⁹⁾取付けたるアイゾット試験機に之を取付けて高温度衝撃試験を行た各 2 回試験した結果ステライトの衝撃抗力 9.35 ft-lb なるに對し之の Co の一部を Fe で置換し B を添加した工

第 20 圖 肉盛工具の高温度衝撃試験片の形状寸法 (單位 mm)



具 St. B の衝撃抗力は 6.0 ft-lb でステライトより稍低下を示してゐるが後述の

切削實用試験の結果この程度の衝撃抗力の低下は實用上殆ど影響なきを認め得た

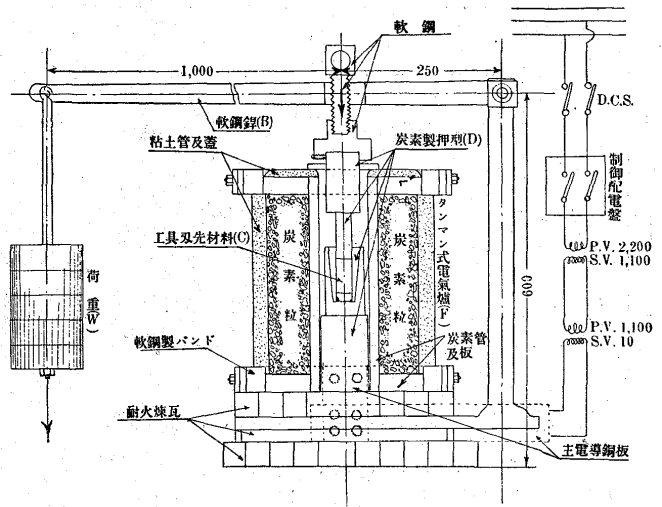
(5) 實驗結果の綜合 本試験結果を綜合するに Cr-W-Co 系の高價な Co の一部を Fe で置換し之に B を 0.46% 添加した工具は Cr-W-Co 系よりも其の硬度及耐摩耗率大にして其の衝撃抗力は幾分低下するも實用上殆ど影響を認めない B を 4% 添加したものはショア硬度 95~100 に達し耐摩耗率亦極めて大にしてガラス切バイトとしても使用し得るけれ共一方實用上脆性となる缺點がある 又 B を 1 又は 2% 添加したものは B=0.46% のものと硬度及耐摩耗率に於て大差なく B=0.46% で其の効果充分なることを認め得た

VI. 鑄造工具の特殊考案装置による改良

(1) 工具の製法 電氣爐にて熔製した工具双先試料を金型に鑄込み之を軟鋼製シャンクに Fe-Mn 及燒礬砂と共に熔着して製造する所謂鑄造附双工具は高速度鋼の如く鍛鍊出來ず熱處理効果もない爲從來一般に鑄造の儘で使用して居る 従て之等鑄造工具は概して硬度が稍低目で内部迄均等の密度を保持しない場合が屢々あり 之が爲切削中其の能力の低下を來す虞がある 之が改良方法として吾人は第 21 圖に示す如き特殊装置を考案試作し之によつて試験を試みた 本改良装置の構造作働及双先改良方法の概要を述べれば次の通である 本圖に於て炭素粒 炭素管 炭素板 粘土管及蓋 電導銅板並に軟鋼製バンド等より構成さ

第 21 圖

附双工具双先の高温加壓による特殊改良装置全體圖 (單位 mm)



れたる容量 2kg のタンマン式電氣爐 (F) の内部に炭素製各種押型 (D) を置きこの押型の間に圖示の通鑄造の儘の工具双先材料 (C) を置き之を電氣爐内部の略中央附近に位置せしめる

電氣爐に連結したる軟鋼鋳 (B) の一端に荷重 (W) を掛ければ槓杆の作用によつて爐内の工具双先材料は押型の間に於て高温度で壓迫せらる 第 22 圖は工具双先と之を壓迫すべき炭素製各種押型の詳細を示したものである

著者は本装置により鑄造工具の双先材料を電氣爐内に於て加熱すべき最適の温度 時間並に加壓力に關して種々實地試験の結果次の値を得た

加熱温度...1,200°C 加熱時間...10 分 加壓力...0.5kg/mm².

本條件にて高温加壓された双先材料は其の冷却を待つて爐内より取出し研磨し Fe-Mn 及燒礬砂を以てシャンクに熔着し 所要形状に研磨仕上を行ひ 以て鑄造附双工具の改良を試みた

試験に供した鑄造の儘の工具及之が改良型工具の双先の成分は次の通である

鑄造及高温加壓改良型工具双先の成分						
工具符號	製造法	C	Cr	W	Co	B Fe
St.(ステライト)	鑄造の儘	2	32	16	50	—
St. B	鑄造の儘	3	32	18	36	0.46 殘
St. B	高温加壓による改良型	"	"	"	"	" "

(2) 硬度試験 上記成分を有する 20mm 角 高さ

工具符號	製造法	ショア硬度	
		外周部	中心部
St.	鑄造	74	69
St. B	鑄造	83	78
"	高温加壓による改良型	93	94

¹⁹⁾ 佐々川 清; 鐵と鋼 第 14 年第 7 號 p. 568~586.

20mm の鑄造工具及高温加圧工具の双先試料の内外部をシヨア硬度計で實測した結果は以上の通り高温にて壓迫したものは鑄造の儘よりも硬度極めて大である

(3) 實驗結果の綜合 本成績を綜合するに鑄造の儘の工具を常温にて壓迫するは困難なるも 1,200°C の高温にては 0.5kg/mm² の壓迫力にて充分壓迫し得るものでこの高温加壓による改良型工具は内外部の質が均等に緻密となるため硬度亦均等にして而も極めて高きに反し鑄造の儘のものは中心部に缺陷を生じ易きため外周部硬度大ならず且つ内外部 共改良型工具に比して一般に硬度小である

VII. 肉盛鑄造及高温加壓の改良型各工具の切削試験

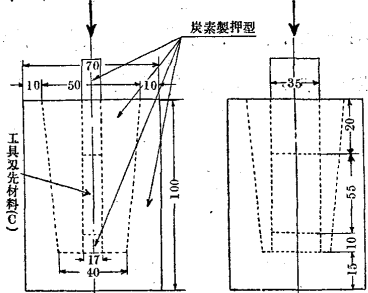
(1) 供試工具と切削要領 一旦荒削を行った抗張力 111kg/mm² を有する高張力鋼(直径 618mm 長さ 2,350mm) を被削材料とし 切削速度毎分 15m 切込 3mm 送り 1mm の切削条件を以て切削中 双先が軟化し切れ止むまで旋削し 更に研ぎ直しを行ひ切削をなし 其の平均切削能力を以て工具の切削比較試験をした

供試工具は次の成分・製造法による第 23 圖に示す形状を有するものである

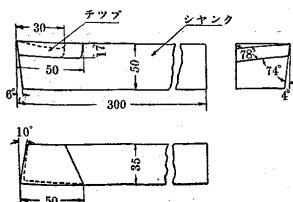
供試附刃工具の成分及製造法

工具符號	製造法	C	Cr	W	Co	B	Fe
St.	肉盛	2	32	16	50	—	—
"	鑄造	"	"	"	"	"	"
St. B	肉盛	3	32	18	36	0.46	殘
"	鑄造	"	"	"	"	"	"
"	高温加壓による改良型	"	"	"	"	"	"

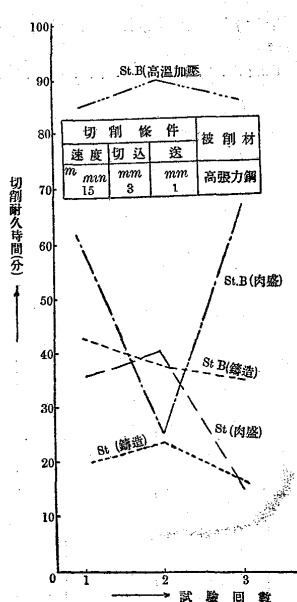
第 22 圖 工具双先材料押型の詳細圖 (單位 mm)



第 23 圖 切削試験用附刃工具の形状寸法(單位 mm)



第 24 圖 肉盛鑄造工具及高温加壓の改良型工具の切削試験成績



(2) 切削試験成績 肉盛工具の切削試験に關して 世良田氏²⁰⁾は 原子水素弧熔接機を利用して Co 5 及 Co 10 系類似のコバルト高速度鋼を直接シャンク材たる鋼の表面に盛金し研磨によつて成形する所謂肉盛工具を製作し之と同質の高速度鋼を其の鋼塊より鍛鍊 熱處理等を施して製作したものととの切削比較試験に於て肉盛の方の切削力は約 2 倍増大したと述べて居る

著者は上述の如き原子水素弧熔接機の代りに各所で廣く隨所に使用せらるゝ酸素アセチレンガス發生機を利用して肉盛したるもの並に同様成分の鑄造工具及高温加壓による鑄造工具の改良型の切削比較試験を行た 其の試験成績は第 10 表及第 24 圖に示す 最良切削能力を有する高温加壓工具の耐久力を 100 としたときの各工具の比率は第 10 表中に示す

第 10 表 肉盛 鑄造工具及高温加壓の改良型工具の切削試験成績

工具符號	製造法	切削耐久時間 (分一秒)				
		1 回	2 回	3 回	平均	比率 (%)
St.	肉盛	分秒 35~25	分秒 40~41	分秒 15~06	分秒 30~24	34.7
"	鑄造	20~15	24~50	22~01	22~22	25.5
St. B	肉盛	60~14	25~49	67~12	51~05	58.3
"	鑄造	43~30	38~31	36~10	39~24	45.0
"	高温加壓による改良型	85~20	90~21	87~04	87~15	100.0

(3) 實驗結果の綜合 本切削試験の結果を綜合し概要次の如く述べる事が出来る 即ちステライト系の Co の一部を Fe で置換し B を少量添加した工具は肉盛及鑄造工具の何れの場合にもステライトより切味が良好であるガス肉盛工具は同様成分の鑄造工具よりも其の平均切削力は良好である 但し肉盛工具の各回の試験に於ける成績のバラツキが鑄造工具のときよりも著しい 之は肉盛の際の氣孔の成生に因るものと考へらる 即ち肉盛工具は切削試験終了毎に摩滅部を研磨の際熔接技術の良否によつて氣孔の成生多寡となり研磨面に精粗を生ずる 従て技術不良の場合は各回の工具切削能力が小で而もバラツキを生ずる缺點があるので肉盛工具の製作に當て優秀な技能を有する熔接者を必要とする 鑄造後考案試作の特殊装置によつて高温で壓迫して試製した工具は質緻密で硬度高く切削能力最も優秀である。

²⁰⁾ 世良田健一; 機械學會誌. 昭和 10 年 7 月. p. 481~482.

VIII. 總 括

(1) 現在高速度旋削用工具として最も廣く使用せらるる 18-4-1 型又は 18-4-2 型の標準型に Co 含有量を 0 から 30%迄種々に變化せしめた數種のコバルト高速度鋼ステライト系及之の Co の一部を Fe で置換し B を少量添加した新配合の鑄造附刃工具 之が改良法として特殊装置を考案し之によつて高温度で壓迫して試製した改良型の附刃工具並にガス肉盛工具等の各種の工具に就て物理冶金學的性質を研究し併せて切削實用試験等を施行した

(2) $Ni-Cr$ 鋼及オーステナイト系不銹鋼を被削材料として切削試験を行つた結果 18-4-1 型又は 18-4-2 型に Co を添加せしめたコバルト高速度鋼に於て Co 量 10%添加したものの切削能力最大にして Co 5%及 18-4-1 型之に次ぎ Co 含有量の高い Co 30%の方が Co 20%のものよりも切削能力大なるも $Co=0$ 及 5%より稍劣る 即ち Co 含有量と切削能力との關係を明かにし最大切削能力を得るには Co 量に制限あることを確めた

(3) 高速度鋼の硬度試験として焼入 焼戻の温度及時間の硬度に及ぶ影響を検し併せて膨脹係數及顯微鏡試験を施行した結果 切削能力大なる工具は大體に於て硬度大にして膨脹係數が少で 其の炭化物の粒子微小にして切削試験結果を略裏書きするものなることを明かにした

(4) 精鍊法及分析成分を殆ど同じくする高速度鋼に於て 其の鍛鍊 熱處理によつて切削力を改善し得られない實例は屢あるが 之は純度大にして精選した製鋼原料を使用すれば切削力を増大し鋼質を改善し得ることを確認し得た

(5) 抗張力 $111kg/mm^2$ を有する高張力鋼を被削材料とする切削試験に於てステライトの如き工具刃先材料を金

型で徑 5mm 長さ約 300mm の丸棒に鑄込んだものを酸素アセチレンガス熔接機によつてシャンク材の一端に肉盛後所要形状に研磨した肉盛附刃工具は 一般の鑄造附刃工具の如く切削中シャンクより刃先の離脱する虞なく刃先と接觸するシャンク面は平滑の要なく而も特殊形状の鑄型不要で其の平均切削力は鑄造工具より概ね稍大であるが 氣孔等によつて成績に大なるバラツキを生じ易い缺點があるので優秀な熔接技術を必要條件とする

(6) $Cr-W-Co$ 系の Co の一部を Fe で置換し B を少量添加熔融した新配合の肉盛工具は $Cr-W-Co$ 系の肉盛工具よりも衝撃抗力幾分小なるも切削試験に於て靱性に遜色を認めず 極めて高硬度のボロンカーバイドの成生によつて硬度を増大し 耐磨耗率高く 膨脹率小にして切削耐久力良好である

(7) 従來一般に使用され居る鑄造附刃工具は鍛鍊不可能の爲往々にして内外部の硬度分布狀況を異にし内部迄密度の均一を保し難く 従て往々にして切削力に不同を生じ切削力小となり易い缺點がある 之が缺點を除去し均質良好の附刃工具を得る目的を以て特殊の装置を考案し之により $1,200^{\circ}C$ の高温度にて $0.5kg/mm^2$ の壓迫力を以て工具を壓迫し 試験した 本特殊装置使用による新工具は高温度で容易に壓迫されるため質が均一で緻密となり従て内外部の硬度が均一で 従來の鑄造の儘の工具より硬度高く 強靱材料に對して切削能力を増大し 機械加工の能率を増し 附刃工具として成績極めて良好なることを明瞭ならしめた

終に臨み本研究の遂行上種々御懇篤な御助言を賜つた宇留野製鍊實驗部長及佐々川造兵中佐 伊木造兵大尉を始め關係各位に對し深甚の感謝を捧げる次第である。