

及びターバラス。

消 長

高爐セメントは明治 44 年には試験を開始し大

正 2 年に製品を製造し始む、

鑛滓煉瓦は明治 40 年作業開始、

鑛滓バラスは大正 13 年に作業を開始せるも所

内用としては以前より多量使用す、

鑛滓綿は明治 43 年より作業を始む、

ターバラスは昭和 3 年より作業を始む、同品は

製鐵副産品、石炭タールは鑛滓バラスを併用せ
る道路舗装材料なり。

(注) 換算の場合

セメントに於ては焼塊:水滓を 50:50 に混合す
るものとす(八幡の分は實跡)、

袋は 50 kg 入りと見る、

煉瓦は 1 個 3 kg とし、その 90% を水滓とす、

(ブロック、モルタルも之に準ず) バラスは 1 立

方を 1.3 噸とす、

超高速度工具材料“タンガロイ”の 製造法と應用の概略

(日本鐵鋼協會第五回講演大會講演)

中 村 素

I Introduction. II The History of Tungsten-carbide Alloy III Manufacturing
Methods of various Tungsten-carbide Alloys and "Tungaloy" IV Properties of
"Tungaloy" V Manufacturing Methods of "Tungaloy" Tools and their Dimen-
sions. VI Cutting Methods and Cautions VII Applications and Benefits. VIII
Conclusion.

I 緒 言

II タングステン、カーバイド合金の發達史

III 各種タングステン、カーバイド合金の製造方法及
タンガロイの製造方法

IV タンガロイの諸性質

V タンガロイ工具の製作法及び其の形格

VI 切削方法及其の注意

VII 應用方面と其の利益

VIII 結 論

I. 緒 言

能率の増進と云ふ事は吾國は勿論世界各國に於
て各方面の喧しい問題である。吾國機械工業界に
於ては、既に各方面に關して多數の斯界の權威者
に依て研究され、その結果として着々能率が増進
せられて來て居る。然るにこの機械工業界に於け

る能率増進の最も重要な問題の一つなる切削工
具材料に關しては、只現在の高速度鋼に就いて其
の熱處理或は切削角、切削方面に關する研究が行
はれて幾分昔時よりその能率が増進せられて來た
に過ぎない。そして現在に於ては是等多くの研究
結果からして、この高速度鋼に依つては最早これ
以上の能率を増進せしむることが困難であると云
ふ結論に到達して居る。従つて切削方面に於て現
在より能率を増進せしむるには、他の優秀なる性
質を有する合金の發見に俟つより仕方無いと云ふ
状態になつて居るのである。

翻つて歐米諸國に於けるこの方面の状態を見る
に、獨逸に於ては、今から 4 年前タングステン、

カーバイドを主體とする合金で現在の如何なる切削用工具材料より優れた性質を有するものが発見せられたと云ふことが或る外國雜誌に依つて報道せられ、續いて一昨年は米國に於いてこの種の合金の製造に成功したとのことが發表せられて居る。そして今や歐米各國に於ては、この種の合金の使用に依り能率が非常に増進せられて居るのである。

吾芝浦製作所に於ては斯の報道を受くるや率先してこの種の合金を購入し能率を増進しようと企てたのであるが、種々の關係上到底これ等の外國品を購入することが出来なかつたのである。そこで輸入を俟つより一步進んで製造を試みようとして過去二年間この方面に多大の費用を投じ研究を行ひ遂に最近純國産品として外國品に優るものを作ることに成功したのである。

“タンガロイ”とは即ちこの當所製の超高速工具材料の商品名である。

II. タングステンカーバイド

合金の發達史

タングステンカーバイドは今から約32年前(西曆1897年)彼の有名な佛國の化學者 Henri Moissan 及 William 兩氏に依つて初めて電氣爐中で作られたものである。そして此のカーバイドは他の多くのカーバイドと同様硬度は非常に高いが脆いものであるといふ事は発見當初から判つて居たのである。然してこのものを切削用工具に應用しやうと云ふ事は此ものが脆い事ので丁度その後數年にして高速度鋼が発見された爲とて殆ど省みられなかつたのである。然し工具以外にはこのものが非常に硬いものであるから早くも1912年頃にはメートルの寶石の代用品として使はれたらしい

のである。

其後暫くして米國に於ては今迄の高速度鋼に嫌足らぬ色々研究された結果として例の Co. W. Cr の合金即ちステライトが発見されたのである。(勿論引續きこのステライト級のもので Borium, Duridium, Hastellitr なるものも市場に現れて來た) 又獨逸に於ては米國の眞似をして此の様な工具材料を作らうとして研究され其結果作られたものが Akrit, Alboga, Caedit, Tizit, Volmit, Lohanit, Milamaut, Celsit, 等のものであつてこれ等の現れたのは大體1920年前後の事である。此の種のものは何れも鑄造したものであるから比較的弱く且有孔質のものである。従つて加工中何等かの打撃を受けると破壊し易いものであつたのである。

處が一方この時代獨逸の或二、三の會社では又昔に歸つて例の Moissan 氏の得た結果からしてタングステンカーバイドを主成分とする工具材料を作らうとして着々研究を行つて居つたのである。その結果先づ第1に現れたのが之を鑄造して作つたものである。その内有名なものが Thoran であつて之れは Röchling 鋼會社で造られたものである。(1925年) 然し此等は何れも鑄造物である爲有孔質で脆く殆ど實用には供されなかつた様である。次いで此種の合金をもつと改良しようとして色々研究された結果鑄造法では到底丈夫なものが出来ないと之ふ事が判つたのでシンタリング法に依つて作ると云ふ方法を見出したのである。此方法を最初に見出したのは明かには判らないが獨逸の Lohman Metal Ges. であるらしい、こゝで作つたものは鑄造したものより幾分靱性の點に於ては優つて居たが未だ可なり脆い所があつた爲到底工具としては應用され難いものであつた。

従つて一般工具材料製造家間にはこれ等より優秀なものを作らうとして種々研究を行つたものらしいが何れも満足する様なものは発見されなかつたのである。

所が 1923 年になつて工具製造とは全く關係の無いランプ會社で硬質金屬の製造法が発見されたのである。その會社は彼の有名な獨逸ベルリンの Osram 會社であつて發明者はその研究所の化學者 Baumhauer 及 Schröter 兩氏で製品の名稱は Hart Metal と稱せられて居る。これが今日切削用工具材料としての Widia, Carboloy 等の元祖である。

さてこの様な工作界に一大革命を齎らした工具の製造が如何なる動機でランプ會社に依つて行はれたかに就て考へて見ると「不足は發明の母」なる格言を如實に表して居つて非常に面白いものである。

歐洲大戰當時並其の直後に於ては獨逸は輸入杜絶の爲工業上使用されるダイヤモンドに缺乏して居つたのである。その爲最もダイヤモンドを必要とするランプ會社(タングステン、ツイラメント線引用ダイス)特に困難を感じて居つたのである。従て何がこの代用品を得たいと云ふ考へから非常にこの方面の研究を行つたのである。その結果発見されたのが Hart metal なのである。故にこの合金の発見は全然偶然ではなく多大の努力の結果の賜である。

斯くの如き理由からしてこの合金は最初は線引用ダイスのみに使用されて居たのである。所がこの會社の技術者間にこの合金がダイヤモンドと殆ど同様に使用し得るのであるから今迄ダイヤモンド工具を使用して居る Bakelite 類の絶縁物に切削用工具として應用すれば相當な結果が得られる

かも知れぬと云ふ考が起つたので直ちにこの方面に使用して見た所豫期以上の結果を得たのでこの會社ではこの二方面にこの合金を應用して非常に好成績を擧げて居るのである。

丁度此の時例の Krupp 會社がこの合金は前述の二方面以外に未だ澤山の用途があるらしく考へた結果この合金の一般的應用方面に對する權利を Osram 會社から譲り受け大規模に研究所で此方面の研究を行ひ 1926 年 8 月に所謂有名な Widia metal なるものを作つたのである。此の Widia metal は今迄のこの種の合金より丈夫なものであつて切削用工具材料として立派に應用される様な性質を具備して居るものであつたのである。その後米國の General Electric Company でも此の方面の重大なる事に目を付け獨自の研究を行ひ新しい製造法を見出しそれに依つて此の種の合金を作り出したのである。これが所謂 Carboloy なるものである。(米國に於けるこの種合金の販路は General Electric Company と Krupp 會社と協定して居る)又一方この General Electric Company と前後して矢張米國の Ludlum Steel Company 及 The Firth Stirling Steel Company の兩會社は Krupp 會社から特許を譲り受けこの種の合金を作る様になつたのである。此の前者の會社で作つて居る合金は“Strauss metal”後者の會社のものは“Firthite”と稱せられて居るものである。

又この他佛國には Perdurum なる合金が現れ又一方昨年になつて米國で Camite と稱せらるゝ、この種合金が市場に現れて來たのである。此合金は Cleveland Automatic machine Co. で作つて居りその研究は Electro Alloy Co. の研究所で Emanuel Lavagniuo と云ふ人が行つたとのことであ

る。そしてその方法は詳細には判らないが Widia, Carboloy とは全然異るとのことである。

斯くの如く現在に於ては新しい切削用工具材料として優秀なものが現れて来て今や機械工作方面に一大革命が齎らされんとしつつあるのである。

III. 各種タングステンカーバイド

合金の製造方法とタングロイの製造方法

タングステンカーバイド合金の製造方法を述べる前にこの合金の主體である所のタングステンカーバイドの製造方法に就て説明しよう。

1. タングステンカーバイド製造方法 タングステンカーバイドには2種ある。その一つは W_2C の分子式を有するもので他は WC の分子式を有するものである。

この W_2C は Westgren 及 Phragmen 氏によれば Hexagonal close pack の結晶構造を有しその lattice constant は次の値を有するものである。

$$a = 2.986A$$

$$c = 4.172A$$

$$c/a = 1.578$$

そしてこのものは 1:4 の硝酸と弗化水素の混合液に常溫で容易に溶解するが他の單獨の酸には殆ど侵され難い性質を有し硬度は WC より低いものである。

又 WC なる化合物は Westgren 及 Phragmen 兩氏に依れば Simple hexagonal lattice の結晶構造を有し lattice constant は次の様な値を有するものである。

$$a = 2.94A$$

$$c = 2.86A$$

$$c/a = 0.973$$

このものは 1:4 の硝酸と弗化水素の混合液に $60^\circ C$ 以上で溶解し常溫では侵されない性質を有するものであつて勿論他の酸には殆ど作用されないものである。そしてその硬度は W_2C より高いが脆い性質を有するものである。

上述の2種のカーバイド中タングロイ等の此種合金に用ひられるものは後者の WC である。以下このカーバイドの各種製造法を簡単に説明しよう。

タングステンカーバイドの製造方法は文献に澤山現れて居る。今これ等の方法を大別して見ると次の様である。

- a) 炭素とタングステン金屬又は其酸化物とを電氣弧光爐中にて加熱熔解して作る方法。
- b) 炭素とタングステン金屬又は其の酸化物とを熔解せずに酸化雰囲気中で加熱して作る方法。
- c) タングステン金屬又は其酸化物を一酸化炭素瓦斯中で加熱して作る方法。
- d) タングステン金屬又は其酸化物を有機化合物の瓦斯又は夫と水素瓦斯との混合瓦斯中で加熱して作る方法。
- e) 炭素とタングステン金屬又は其酸化物を水素氣中にて加熱して作る方法。

a)の方法に依り初めてタングステンと炭素との混合物を電氣弧光爐中で加熱熔解して作つたのは前述の Moissan 及び William 兩氏であつて(Compt. Rend 1896. 123.) 氏等の方法は酸化タングステン 120g と石油コークス 20g と鐵 150g を熔解し、不純物を磁氣的、比重の差、鹽化法等で分離して作つたのである。この方法で行ふと動力の損失多く、製品の收量が少く且製品の成分が均一でないといふ缺點がある。

b)の方法は前者に次いで現れた方法で、その原理は熔解温度以下で作るのであるから、従つてその收量も多く、動力の損失も少く、品質も相當のものが出来るのである。此の作り方も色々あつて、Tamman 氏式電気爐を用ひても(レーマン會社特許)瓦斯爐を用ひても、その他如何なる方法を用ひても作り得られるものである。(クルツプ會社法)

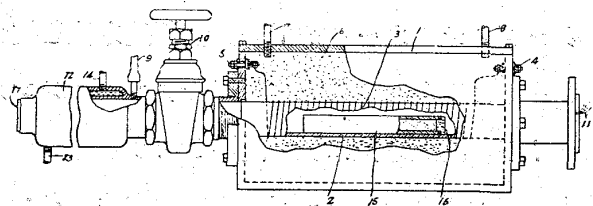
c)の方法は前者と全くその作用に於ては同様で只だ炭素を一酸化炭素にして作る代りに直接一酸化炭素で作るのであつて相當の品質のものが出来るものである。然し充分注意しないと表面のみしか WC にならなかつたり或は多量の炭素を表面に遊離して居ることがあるのである。

d)の方法に就ては色々の人々が研究して居る。G.E 會社の Dushman 氏(G. E. Review 1921)は $2,300^{\circ}\text{C}$ で水素瓦斯と $\text{C}_{10}\text{H}_{18}$ の混合瓦斯雰圍氣中でタングステンフィラメントを加熱して作つて居り、Mardy R. Andrew は $1,600^{\circ}\text{C}$ で炭化水素瓦斯中で加熱して作つて居り (J. Phys. Chem. Vol. 27, 270~83(1923)、Vol. 29, 462~72(1925)) Otto. Ruff 氏 (Z. Elektrochemie 1918) 及 Helpert & Orunstein (Handbuch der Anorganich Chemie 844) は水素瓦斯とメタン瓦斯中で加熱して作つて居る。何れも良い品質のものが得られる。

e)の方法は芝浦製作所の特許で(特許第 85061)炭素とタングステンとの混合物を水素氣中で一定温度で一定時間加熱して作る方法である。この方法では第1圖の如き構造を有する水素電気爐中に殆ど WC の理論上の割合にタングステンと炭素とを混合したものを入れた炭素製の型を入れ加熱して作るのであつてこの方法によると殆ど豫定量の

炭素は全部タングステンに化合せしむることが出来るのである。従つて餘分の炭素を含有せず又他の不純物等を含有せぬ純粹のものが出来る故その儘製品に應用することが出来るものであつてその收量も殆ど 100% に近いものである。次に参考迄にこの製造に使用される水素電気爐の構造及操作を簡単に説明しよう。

第 1 圖

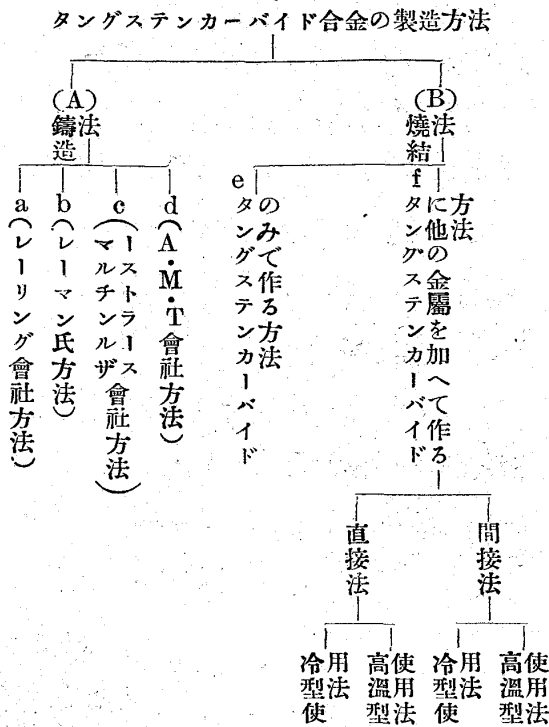


圖に於て(1)は鋼鐵製の外匣、(2)はアランダム管、(4)(5)はターミナル、(3)はモリブデン線、(6)はマグネシヤ粉末、(7)(8)は水素入口、(11)は入口、(10)はバルブ、(9)(13)は水素入口、(14)は水冷管入口である。

先づ第1に前述の配合せるものを入れた器物を爐中に挿入し(16)水素を通じ電気にて加熱するのである。この場合加熱温度は $1,300\sim 1,700^{\circ}\text{C}$ が最適であつて一般に温度高き場合は加熱時間短く、温度低き場合は加熱時間は長いのである。大體 $1,500^{\circ}\text{C}$ 位なら 3 時間程で完全に製品が得られるのである。作用が完全に終たら次に(10)のバルブを開き圖面の左側の冷却室中に入れ常溫迄冷却し後(17)の口より取り出すのである。斯くしてこの爐を用ひれば繰返し連続的に WC を作る事が出来るのである。

2 タングステンカーバイド合金の製造法 タングステンカーバイド合金を作る方法は前述した通り大體2通ある。即ち第1が鑄造に依る方法、第2がシタリングに依る方法である。

次に之等の各方法を分類すると次表の通りである。



(A) 鑄造法 現在迄文献に現れて居る方法には 4 種ある。

a) はレーリング鋼會社で行つて居る方法であつて、例の“Thoran”なる商名の合金を作つて居る。然しその製造法は詳細に發表せられて居ない様である。

b) はレーマン氏の方法である。レーマン氏はこの鑄造に依り此種の合金を作ること可なり研究した人らしく、特許も相當取つて居る。その主なるものはタングステン粉末又は酸化タングステンと 5~10%のトリウムカーバイドと 3~5%のモリブデンとの混合物を電氣弧光爐で熔かし鑄造する方法である。

c) の方法はマルチン、ルザース會社の方法で白金屬の如き 3,000°C 以下では炭化物を作らない金屬とタングステン、カーバイド又はモリブデンカーバイドとを混合し、これを炭化雰圍氣中で熔

解し、その熔融點より 50°C 位高い溫度で鑄造すると云ふ方法である。この白金の代りに、タンタラム、ニッケル等を用ひても差支へないとの事である。

d) は A-M-T 會社の行つて居る方法である。此の方法では一般に熔かして作る方法は少し溫度が高くなると（實際上電氣弧光爐では溫度を一定に保つことが困難である）炭素を餘分に吸収し凝固の際この餘分の炭素をグラファイトとして放出する故、これの混合を防止する爲モリブデン、酸化モリブデン、又はニッケルを鑄造の際に加へるのである。

B) 焼結法 此の焼結法と云ふのは今迄の種々の工具材料の製造方法とは全く異なる新しい冶金的方法である。即ち普通に行はれて居る所の熔解して作る方法とは全く異なり熔融點より遙かに低い溫度で焼成する方法である、そして此焼結法にはタングステンカーバイドのみで作る e—方法とタングステンカーバイドにコバルトの如き金屬を加へて作る f—方法との 2 種ある。後の方法には直接法と間接法とあつて、是等二者には冷型を用ひる方法と高温型を用ひる方法とある。（これ等の分類に就ては前表を参照せられたい）。

e—方法には 2 種ある。即ち一つはタングステンカーバイドを適當なる炭素型中に壓縮してこれを形ごとこのタングステンカーバイドの熔融點近く迄還元瓦斯中にて加熱する方法で、他は炭素型の代りに鐵の型を用ひ同様に鐵の熔融點近く迄水素瓦斯中で加熱して作る方法である。

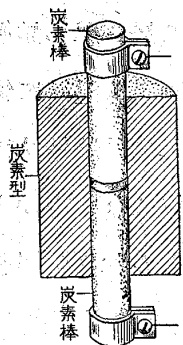
f—方法 1. 間接法にて冷型を使用する方法、この方法は最初例のベルリンのオスラム會社で發見された方法であつて、その方法は大體次の様で

ある。

先づ適當な方法でタングステンカーバイドを作り、これに軟質の金屬例へば鐵、ニッケル、コバルト等の鐵屬の金屬を加へ、これを粉末にして常溫で高壓の下に壓縮し、後、型より取り出し、最初 $700\sim 1,100^{\circ}\text{C}$ 位迄還元瓦斯中で加熱して爐中より取り出し、これを適當なる形狀に加工して後再び爐中に入れ、水素、窒素、アルゴン、一酸化炭素或はそれ等の混合瓦斯零圍氣中で $1,300^{\circ}\sim 1,600^{\circ}\text{C}$ の溫度に適當時間加熱して焼結を行はせる方法である。これが矢張りクルツプ會社の Widia metal の作り方である。

f—方法 2. 間接法にて高温型を使用する方法、

第 2 圖 第 2 圖に示す様な炭素型中にタ



ングステンカーバイドとコバルトとよりなる混合粉末を入れ上下の炭素棒から壓力を加へながら、これに低電壓強電流を通じ加熱して焼結を行はせる方法である。これがタンガロイの製作

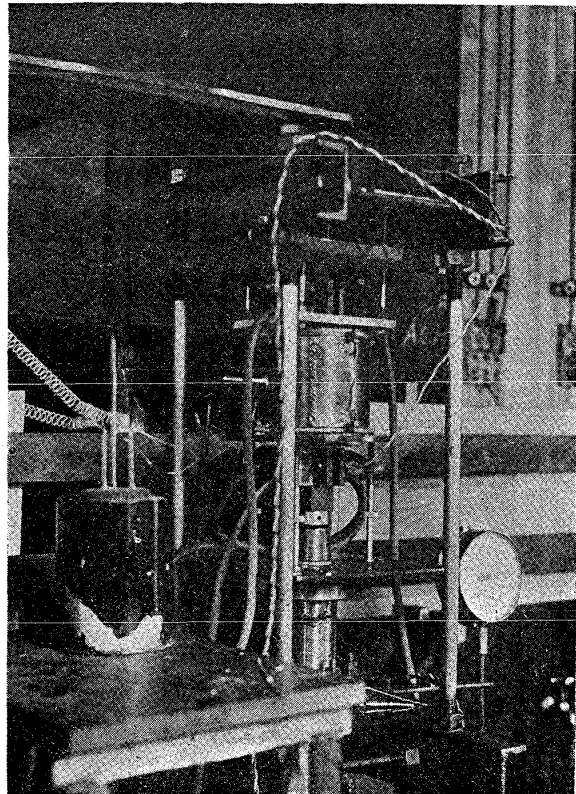
方法の一つである(特許第 79188 號)

次に示した寫眞はその装置を示したものである。

この方法に於ては壓力は冷型の場合より低く大約 $0.7\text{kg}/\text{mm}^2$ 位が適當であつて加熱溫度は化學成分に依つて異ふが大體に於て $1,300^{\circ}\sim 1,500^{\circ}\text{C}$ が適當である。そして一般には Co 多き場合は低溫度、Co 少き場合は高溫度を用ひなければならないものである。又加熱時間は量の多少に依り幾分の變化があるものである。

f—方法 3. 直接法の高温型使用方法、この方法に於ては、前者の如くタングステンカーバイド

第 3 圖 高温型を使用して焼結を行つて居る装置



を作つてから、これにコバルトを混合するのでは無く、最初から粉末タングステン、コバルト、炭素の三者を良く混合しこれを前述の高温型の方法により焼結作用を行はせるのである。

f—方法 4. 直接法にて冷型使用方法、この方法に於ては矢張り W. Co. C の三者の混合物を常溫で壓縮し適當な形狀を作り焼結させるのであるが炭素を含める爲粘着力に乏しいから、これの一次的結合劑として Alkyd Resin とアセトンの混合物をこれが濕潤する程度(約 2%)加へるのである。この場合次に焼結を行ふ前にこれ等の有機物を除去する爲に徐々に放出させる爲加熱する。そうせぬと崩壞の恐れがある。それ故先づ第 1 にこの品物を $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 位に漸熱して Solvent のアセトンを放出せしめ、後 $300\sim 350^{\circ}\text{C}$ 位に漸熱して Alkyd Resin を放出させそれから最後の焼結溫度迄加熱するのである。(芝浦製作所特許 84399

號)

各種製造方法の優劣比較、鑄造法に依つて作つた品物は、前に述べた通り、黒鉛が遊離の状態品物中に混入して來るものである。之を完全に防止しても鑄物なるが故種々の缺點がある。従つて丈夫なものとは作れない。この爲に現在は殆ど用ひられて居ない。

焼結法中コバルト、鐵、ニッケル等の金屬を加へ冷型を使用して作つたものは、硬度値に於ては前者より幾分劣るが、其丈夫さの點に於て前者より數等優つて居る。又高温型の方は壓力を加へつゝ加熱するのであるから、前者の冷型使用の場合より稍緻密なもの出來るから、この點に於て優つて居る。

又直接法に依れば初めにタングステンカーバイドを作る必要が無いから、その手間が省ける爲比較的經濟的に出來ると云ふ利點がある。

IV. タンガロイの諸性質

成分、タンガロイの主成分はタングステンカーバイド(化學式 WC)であつて、これに少量の金屬コバルトを配合したものである。

硬度、タンガロイの硬度はモース、スケール(ダイヤモンドを 10 とする)で約 9.7 である。従つてサファイヤより幾分硬く、現今地球上に存在する物質中ダイヤモンドに次ぐ硬さを有するものである。又この合金の硬度をロックウェル硬度計で測定すると、大體 C スケールで 70 位の値を有し、獨逸製ウィヂヤメタルの 65 に比し 5 だけ高い。又この値を吾々の使用して居るブリネル硬度に換算して見ると約 2,000 以上である。従つてこの合金は次表に示す如く現今の如何なる工具材料より硬度の高いものであることが判る。

最も硬度高き焼入せる鋼	1,000
普通の焼入せる高速度鋼	850
タンガロイ	2,100~2,500

又この合金の硬度は、他の鋼類の如く焼入によつて得られたものではなく、このもの自身の最初から固有するものであるから、高温度に於て急に低下する様なことは無い。この温度に依る硬度の變化に就ては未だ定量的の研究は行つて居ないが、多くの材料の加工試験の結果から考へて見て、少くとも 900°C 以下に於ては硬度は絶対に變化しないことが判つて居る。

強さ、この合金の Modulus of Rapture は 16-19kg/mm² であつてこれを高速度鋼の焼入焼戻を行つたものゝ値 30kg/mm² に比較すると約 1/2 位である。又 Compressive strength は現今市場にある如何なる材料より高い値を有するものであつて、その大略 380kg/mm² である。又この合金の強さの温度による變化は未だ定量的には研究して居ないが、實際上に刃物として使用して居る場合に上昇する温度範圍では殆ど低下しない様である。

靱性、この合金の靱性は、これの製造法並びに組織の方面から考へて低い様に考へられるが、實際上斷續的切削にも充分使用し得ることから見ても相當の値を有するものであることが判る。

密度、この合金の密度は大體 14g/cm³ であるが、勿論この合金中に含有されて居るコバルト量の如何によつて多少の増減はある。この値から見れば、この合金はタングステン級の重金屬に屬するものである。

磨耗に對する抵抗、この合金の磨耗に對する抵抗に就ては未だ定量的の結果は得て居ないが、硬

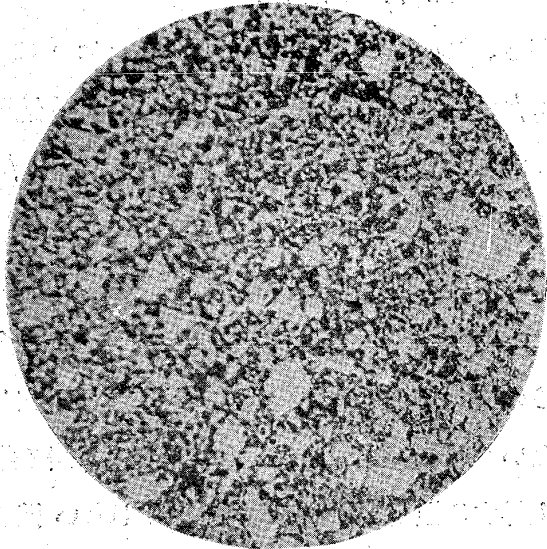
度の高いことから考へて、可なり大なるものであることが判るのである。

熱膨脹、この合金の熱膨脹係数は可成り低く、大體に於て 20°~400°C で、平均1度につき $5-6 \times 10^{-6}$ 位である。従つてタングステンよりは約30%位大である。

熱傳導度、實際にこの合金の研削を行つたり又切削に使用した結果から見ると、熱傳導度の可なり低いものであると云ふことが判つて居る。

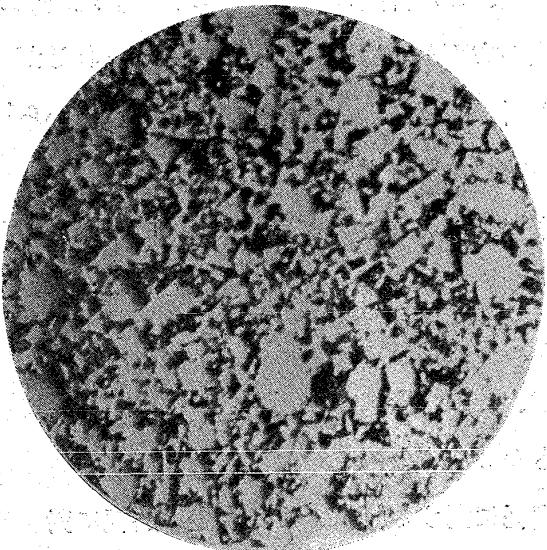
組織、この合金の組織は一般金屬合金の組織よ

第 4 圖



× 800

第 5 圖



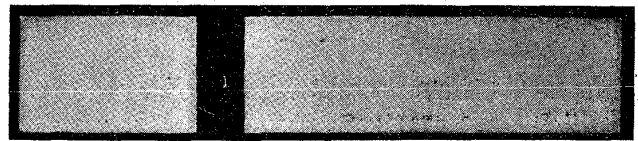
× 1,200

りも、寧ろ非常に硬い緻密な研削砥石の組織に類似して居る。即ちタングステンカーバイドの微粒子を金屬コバルトが結合して居る様な組織をなして居る。然しこの結合の役目をなして居るコバルトが純粹のものか或はタングステンカーバイドを少量含むものかは未だ疑問である。第 4—5 圖に示した顯微鏡寫眞はタンガロイ中 Co 6% のものである。寫眞中白色部は WC、黑色部は Co である。(Etching solution は何れも王水である)。

結晶構造、この合金の結晶構造に就ては筆者は X線を用ひ粉末法に依りスペクトルを撮つて研究して居る。

第 6 圖及び第 1 表はその結果を示したものである。

第 6 圖



第 1 表

No	Intensity	Distanc	2θ	Sinθ	Sin ² θ	k.K.L.
1	V.W	16.35	12.76	0.1111	0.01234	001β
2	S	18.50	14.46	.1259	.01585	001
3	S	20.55	16.03	.1392	.01937	100
4	W	24.70	19.27	.1673	.02799	101β
5	V.S	27.85	21.73	.1885	.03553	101
6	V.W	32.50	25.35	.2195	.04818	110β
7	W	36.25	28.28	.2442	.05963	110
8	V.W	37.15	28.97	.2501	.06255	(001)2
9	M	40.80	31.83	.2742	.07519	111
10	M	42.80	33.39	.2874	.08259	102
11	V.W	46.25	36.06	.3090	.09548	201
12	V.W	50.10	39.08	.3344	0.1118	(101)2β
13	V.W	52.50	40.93	.3496	.1222	112
14	V.W	56.80	44.31	.3770	.1421	{(001)2 (101)3}
15	V.W	59.30	46.26	.3927	.1542	211
16	V.W	60.70	47.35	.4014	.1611	103
17	V.W	68.50	53.41	.4493	.2019	212
18	V.W	71.60	55.85	.4680	.2190	203
19	V.W	74.90	58.43	.4881	.2332	(110)2
20	V.W	77.80	60.67	.5051	.2550	221
21	V.W	81.00	63.33	.5250	.2756	{311 (001)4}

この實驗に於て使用した X 線管球は、對陰極が

モリブデンであつて、 ZrO_2 フィルターを用ひたがら、X線の波長は大體に於てモリブデンの $K\alpha$ 即ち λ は 0.71×10^{-8} である。表中 θ は Glancing Angle である。

この結果から見るとこの合金は Simple Hexagonal lattice で lattice constant は

$$a = 2.90 \quad c = 2.83 \quad c/a = 0.975$$

故にこの合金はタングステンカーバイドと全く同一の結晶構造をなすものである。

化學的性質、この合金は比較的化學的に安定であつて、如何なる酸にも割合に侵され難い。又常溫に於て空氣中に長年月放置しても銹を生ずることは無い。又この合金は酸素氣中で即ち空氣中で加熱すると酸化が起る。この問題に就いては未だ定量的には研究を行つて居ないから、何度位から起るかは判然しないが、普通にバイトとして可成り烈しい用ひ方をした場合にもその刃先が酸化された様な形跡が無いから、相當高溫度でなければ酸化され難い性質を有するのではないかと思はれる。

V. タンガロイ工具の製作及び

其の形格

タンガロイ工具は、先づ第1に前述の方法に依つて造られた小片を、豫め適當な形狀に加工した特殊鋼の柄の上にのせ、これを鑢着し、次に適當な形狀に研削を行つて作るものである。以下この鑢着法、形狀の研削等の問題に就て述べよう。

1. 小片の取付方法、このタングステンカーバイド合金を切削用刃物として用ひる場合には、この合金の性質及びその價格の點からして、この合金の小片を適當な鋼の柄に適當な方法で取付けて使用して居る。

一般に行はれて居る取付け方法は、大體次の3種である。

1. 機械的に摺締する方法
2. 熔接に依る方法
3. 鑢着に依る方法

第1の方法は種々研究の結果相當用ひられ得るものであることが判つて居るが、その應用範圍が比較的少く、又往々摺締部分から破損する様な傾向を有するので、廣く用ひられて居ない。

第2の方法は、柄の一部を熔解して着けるのであるから、その收縮の爲この合金が破損し易い。然し特別の方法を施せば相當な結果は得られる。

第3の方法は前二者の如き缺點無く、且その操作が簡單で、使用した結果が一番良い。さてこの鑢着には眞鍮鑢着と銅鑢着とが用ひられて居る、前者は比較的操作用溫度が低く仕事が樂であるが、鑢着部分が比較的弱く且少し無理に加工を行つたりするとこの刃を着けた部分の溫度がその鑢の熔融點に近くなる爲、小片が剥れる様なことが往々ある。所が後の方法に於ては、その操作は溫度が幾分高い爲困難であるが、その鑢着した部分の強さは前者より大である上に、如何に無理に工具を用ひても實際上銅の熔融點に達することがないから、絶対に剥がれる様なことはないのである。

この銅鑢着方法に2通りある。即ちその一つは、多量の熔劑(硼砂)を用ひ直接酸化焰に小片をあてぬ様にしてマツフル式爐等の適當な爐を用ひて行ふ方法で、他は水素氣中で酸化せぬ様加熱して行ふ方法である。前の方法では割合にその操作が困難で良好な結果を得難いが後の方法では水素氣中で行ふ故酸化の憂なく何等熔劑を用ひなくとも非常に良い鑢着が出来るものである。(この後の方法

は現在芝浦製作所で行つて居る方法である)

扱一般に鑢着する場合に用ひられる柄の材質は何でも良い様に考へられるが、事實は可成り注意して選擇せねばならぬものである。即ち

a) この柄は切削作業中小片の受くる壓力を全部受けるものであるから、出来る丈け丈夫で打撃に耐へるものであること

b) 切削中發生した熱が柄に傳はつて來るから出来るだけ熱の傳導の良いものであること

c) 熱膨脹係数が合金に出来るだけ近いものであること

d) 鑢着が良好に出来るもの即ち銅と良く合金を作るものであること

e) 鑢着操作中柄は可なり高温度に加熱されるからこれに依つて性質が變化せぬものであること

等が要求される。然るに優良なる炭素鋼は (a) (b) (c) (d) には適する性質を有するが (e) の性質は満足して居らない。又高速度鋼は (a) (e) には適して居るが (b) (c) (d) には適して居ない。従つて筆者はこれ等の條件を總て満足する様な特殊鋼を用ひて居る。

2. 研 削、タンガロイ合金は鍛錬や壓延作業に依つて形を與へることが出来ないものであり、且その硬度が非常に高いから、現在市場にある如何なる金屬性双物を以てしても加工不可能である。故にこの合金の加工は研削砥石を用ひるより外手段は無いのである。

扱て一般に切削用双物の研削を行つて居る人々は、この研削作業と云ふものは比較的容易なるものと考へて居る。従つて此の合金も如何に硬度が高いとは云へ普通の双物と同様に研削が出来る様に考へ易い。然し一度この合金を研削して見れば

この合金が他の金屬に比し如何に硬く磨耗し難いもので、特に双尖を研削するのが困難であるかど判る。特にこの合金が他の金屬と鑢着して居るバイトの様なものを研削するに困難なことは言を俟たない。即ち現在この様な3種(合金、銅、鋼)の性質の異なる金屬を加工するのに適當なる砥石はないからである。

斯くの如き研削困難な合金を研削する場合に如何なる砥石を選擇し、如何なる研削作業を行へば良いかと云ふ問題に就いて次に少し述べて見よう。

(a) 研削砥石の種類形狀及選擇方法

粒質、一般の金屬の研削には2種の研削砥石が使用されて居る。即ちアルミナ質から出來て居るものと、カーボランダム粒から出來て居るものがある。この中前者は硬度がタンガロイより低いからこれの研削には適しない。然し後者はこの合金と殆どその硬度が等しいから充分用ひられる。尙この他カーボランダムより稍硬度の高い炭化硼素(電氣孤光爐中にて硼酸と炭との混合物を加熱して製造せるもの)なるものがあるがこれは非常に高價であるから實用上使用出来ないのである。

粒度、一般にこの合金のみの粗研磨には粒度60位のものが良い。何となればこの程度のものは一番多くの研削點を有し、研削の速度が一番大きいからである。然し實際上、この合金のみを研削することは少く、大部分他の金屬合金と同時に研削するものであるからこの場合に前述の粒の大きさのものを用ひると粒子間に研削粉が入り、爲に荷重を増し、研削能率が低下するものである。従つてこの様な場合には幾分前者より粗なる46位のものが適當である。

又仕上研削には大體 90, 100, 120 位のものが適當である。そして一般の研粒の小なるもの程その仕上りは綺麗であるが研削時間は長いものである。

又手働により研削する場合と機械により研削する場合とではこれに適當する研粒の大きさは幾分異なるものであつて、一般に多くの實驗から手働の場合の方が機械による場合より粒子の小なるものが適當して居る。

結合劑、この合金の研削に適するものはビトリフェイドのものである。何となればこのものは其の表面が縮れ組織が多孔質になつて居るから研削割合が一番早いからである。

結合劑の硬度、この合金の研削に用ひらるゝ研削砥石は粒子の出来る丈剝離し易いもの即ち軟質のものが適當して居る。何となればこの軟質のものは軽く研削した場合に粒子は絶へず碎け常に鋭い先を現すから従つて切味良く品物を加熱する様な虞が少いからである。然しあまり軟質のものは研削砥石の形狀が比較的早く變化するから、正確な仕上を行ふことが出来ないものである。

次に参考として米國に於て推奨されて居る各種の研削砥石の粒度硬度を示さう。(第2表)

第2表 研削用砥石				
製造會社	研削方法	粒度	硬度	
ノルトン會社	手働	46-80	H-K	
"	機働	46-80	H-K	
カーボランダム會社	手働	60	N-U	
仕上研削用砥石				
ノルトン會社	手働	80-100	H-J	
"	機働	70-100	H-J	
カーボランダム會社	手働	100-120	S-V	

形狀、研削砥石の形狀は一般にストレート、ホイール形とカップ形とある。前者を使用すると砥石が剥られる様な傾向があるが後者を用ひるとこの様な傾向はない。従つて正確な仕上を望む場合

には後者を用ひた方がよい。

研削砥石の選擇、この合金を理想的に研削する様な砥石を選擇することは可成り困難な問題である。何となれば研削の良否は砥石自身の粒度硬度のみによるので無くして、研削操作如何にも關係があるからである。然し研削操作が大體定まれば砥石の粒度硬度を幾分變化して見れば適當なるものを見出すことが出来るものである。次に大略研削中に起る砥石の故障及びその場合の對策を説明しよう。

(イ) 研削作業中研削砥石が割合に早くその形狀を失ふ様な場合、この様な場合には前より粒度の粗な幾分硬いものを使用すればよい。

(ロ) 研削作業中品物が割合に研削されず品物が熱せられる様な場合、この様な場合には前より幾分軟かいものを用ひればよい。

(ハ) バイトの研削中に砥石に荷重がかゝり過ぎる様な場合、この様な場合には前より粒度の粗な少し軟質のものを用ふればよい。

(b) 研削作業、一般にこの合金の研削は大體次の三つの操作に分類することが出来る。

イ 粗研削、ロ 仕上研削、ハ 精密研磨、
第1の粗研削とは工具に適當なる形狀を與へる爲の研削であつて、第2の仕上研削及び第3の精密研磨は双先を鋭くさせたり表面を滑かにすることである。一般に使用者側では、双先があまり甚しく損傷して居らぬ場合には第1の粗研削は、行ふ必要なく、第2或は第3を行へば良いのである。

以下簡単に研削装置及び研削、研磨の方法を説明しよう。

(イ)(ロ) 粗研削並びに仕上研削、粗研削作業と仕上研削作業とは殆ど同様であるから一緒に説

明する。

装置及び方法 この種合金の発見當初に於いては、一般に手働研削法が主に用ひられて居つた。これは手に工具を持つてこれを適當な臺の上に載せたり或は全然この臺を用ひなかつたりして直接双物を研削砥石に當てゝ行ふ方法である。比較的操作が簡單で、且手で双物を支持して居る爲壓力其他の點に於て融通が出來、従つて相當優良な研削が得られる。勿論この場合研削砥石の表面は良く dress されて居り何等 glaze されて居らない様にして置かねばならぬ。そして研削中双物は砥石の一個所にのみ當てないで、各所に移動して研削する様にせねばならない。又研削の際には砥石は双先から掛ける様にせねばならぬ。

さてこの手働による研削は相當良い結果が得られるものであるが、元來が手で行ふもの故、正確なる角度や鋭い双先を得ることが比較的困難であり且その能率が低い。それ故機械的に研削を行つた方が具合が良い。然しこの機械研削法を行ふ場合には應々にしてこの合金の最も忌む所の過大な壓力が加はり熱が発生し、破壊に導く事があるのである。従つてこの過大な壓力が常に加はらぬ様に色々工夫したものがある。その内最も有效な方法は、砥石と砥石のスピンドルベアリングとの中間にスプリングを入れる方法である。一般に機械研削を行ふ場合に研削機として必要な條件は、機械全體が出来るだけ丈夫なこと、軸承が良く密接して居ること、砥石の送りの動作並びに機械の運動が正確なこと、使用中速度が變化しないこと等である。

冷却水の問題、この種の合金の研削に水を使用することの可否の問題が今迄可成り議論されて居

る。或會社では水を使用した方が良いと云ひ他の會社は水は加へない方が良いと云つて居る。筆者は多くの實驗並びにこの材料の本質（熱傳導度その他）から考へて乾燥状態で研削を行つた方が安全であると考へて居る。然し水を使用することは全然悪いとは考へない。即ち使用する水の量の問題で、水を充分に使用して均一に品物が冷却される様にするなら差支へ無いのであつて少し使用すると急激な加熱冷却が起る爲双先がチッピングするからである。

研削方法、前述した様にこの合金に適當した砥石を用ひてもその研削法を誤ると決して良好な結果は得られない。即ち適當な速度及び送りで行はなければ良結果は得られない。以下速度及び送りの問題に就て説明しよう。

この合金を研削する場合の砥石の速度は、その砥石の製造會社によつて大體決定されて居るが大約 1,300~2,000 m/min. である。然し一般にはこの速度より少し遅い方が安全である。然し研削される量が幾分少くなることは已むを得ない。

研削時の壓力及び送りは手働研削の場合と機械研削の場合と幾分異ふ。一般に手働の場合の送りは使用して居る砥石が少し割られる位が適當である。又機械研削の場合、特に品物を固定して表面研削機に依つて研削を行ふ場合には、ストレートフィードとクロスフィードとの關係があつて相當面倒であるが、一般にストレートフィードだけなら往復1回で 0.01mm 位が適當であつてクロスフィードが 1~0.8mm 位ならダイレクトフィードは 0.05mm 位が適當である。

研削割合と砥石の磨耗との關係は砥石の種類及び研削方法如何に依つて幾分異ふものであるが、

次の程度の合金の研削量及び砥石の磨耗量になる様にする場合が一番経済的で良好な結果が得られる。幅 12mm の砥石の周圍で研削を行ふ場合にはその送りが 0.01mm なら砥石の磨耗は大體その 1/3 位或はそれ以上位が適當である。そして手働の場合は大體合金の 1 分間に研削される量は 1.2g、砥石の磨耗量 6.0g 位が適當である。

(ハ) 精密研磨、一般に研削砥石で研削したまゝのものはその双先や隈の方が幾分細かく缺けて居るものである。この様に双先が缺けて居ると切味が悪く且その耐久度は低いものである。(この刃先の缺けて居ること hair crack 並研削時の溝のあることは非常に悪いことでこの種合金の使用者の 95% はこの爲に失敗をして居る) それ故この精密研磨を行はねばならぬのである。(但し鑄鐵の仕上の場合にはその耐久度にあまり影響しないものである。) この精密研磨は普通ラッピング及びホーニングと呼ばれて居る。以下ラッピング及びホーニングに就て説明しよう。

ラッピング、ラッピングは一般に鑄鐵、アルミニウム、眞鍮、銅等の材料から成る圓盤を回轉しその上に研磨剤として、カーボランダム、炭化硼素、ダイヤモンド等の粉末と、水、石油、減磨油、オリーブ油、グリース等との混合物を加へて行ふのである。これ等の研磨剤中ダイヤモンドが一番能率が良く且一番良好な双先が得られるが、非常に高價であること、ダイヤモンドを用ひてもこの合金自身の組織の方からそれ程鋭い双先が得られない等の理由から實際上の使用には適しない。カーボランダム、炭化硼素等は比較的經濟で最も適當して居る。次にこれ等研磨剤の適當なる粒度

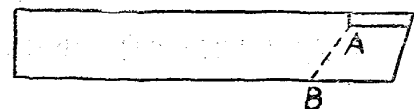
を示さう。

カーボランダム 220—400、炭化硼素 200—400、ホーニング、ホーニングはカーボランダム製の種々の形狀のものが用ひられる。そしてその粒度硬度等は概して研削砥石より細かく硬いものが適當して居るこのホーニングは乾燥状態で行つても差支へないが油を付けた方がオリが早い。ホーニングに依つて綺麗な表面を得ようと欲する場合には粒度 320 位が適當である。

3. タンガロイバイトの形格及び種類、タンガロイチップを付けたバイトは普通の高速度鋼製のバイトと稍異なつた形狀及び角度を持つて居る。その理由はこの合金が高速度鋼と全く異なつた性質を有すること、小さなチップを鋼の柄に付けて居る爲とである。

a) 柄の大きさと形狀、普通の高速度鋼製のバイトはその断面が正方形で小形である。所がこのタンガロイのチップを付けたバイトは、その断面が長方形をなして居つて大形である。前者の場合その形狀で差支へない譯は、この高速度鋼製のバイトは全體が高速度鋼で出来て居り、このもの自身の性質が充分切削に用ひられる丈の性能を有するからである。所がこのタンガロイのバイトは第 7 圖に示す如く柄の一部を加工して小片を付けて居る爲、長方形でない一番應力を受ける A—B なる断面から破壊する恐れがあること、この合金自身の性質が高周波低振幅の振動に耐へないことから、この特別な大形のものを採用して居るのである。

第 7 圖



b) 柄とチップの関係、チップの厚みと柄の厚み、この合金で工具を作る場合にはチップの厚みと柄の厚みとの関係を考へなければならぬ。一般に多くの経験からその厚みの比は大體 4:1 位が適當であることが判つて居る。然し時と場合により 3:1 ても相當な結果は得られるものである。然し大體に於て 4:1 以上にした方が即ち柄の厚みが大の方が安全である。

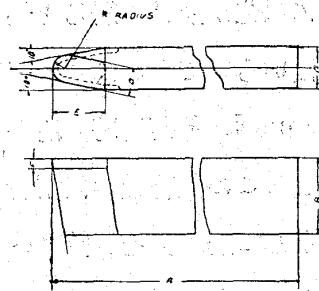
さてこの合金のチップを柄につける場合に第 7 圖の如く柄の一部に凹所を作りそれに取付けるから前述の様にチップの厚みと柄の厚みの比を考へたり或は柄を事更に長方形のものにしたりせなければならぬのであつて、直接柄の表面に加工せず付ければこれ等の関係を考へなくとも良い様に考へられるものである。然しこのことは次に述べる Backing のことから當然そうせねばならぬと云ふことが判るのである。

チップの長さ、柄、チップの長さは柄に相應したものを付けねばならぬ實際上この合金を付けたバイトを使用する場合に如何にもチップを長くした方が長持ちし經濟的の様に考へられるものである。然しチップがあまり長いとチップの破壊率が高く且それを再研削するに非常に時間を要するのである。即ち更て不經濟である。又チップがあまり長過ぎると鑢着の際に歪を受け割を生じ易いものである。これ等の點からチップの長さとは云ふものは可成り重要なものであることが判る。

チップ自身の厚み、チップ自身の厚みも或る一定の制限がある。あまり厚過ぎると鑢着後柄の收縮によつて合金中に可成りの歪を生じ研削中にチップが割れたり或は使用時に割れたりするものである。

柄の加工部の形状とチップの形状、一般に light cutting の場合にはチップを柄の上表面に付けて用ひても差支へないが少し heavy cutting などを行ふ場合にはその時加わる切粉の壓力を支へる Backing がない爲チップは離れて了ふものである。故に必ずチップは柄の部分によつて切粉の壓力を充分に支持し得る様に取り付けねばならぬものである。即ち柄の加工部分の形状はこの目的に適合する様に作らねばならぬものである。

第 8 圖

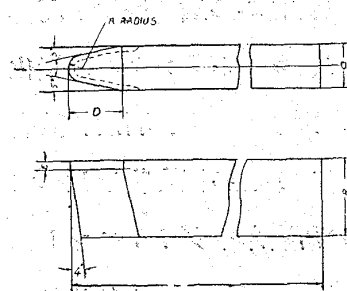


この意味から筆者は種々研究の結果チップは必ず第 8 圖の如く三面鑢着する様にして居る。然し切粉の壓力の小さい場合或は仕上バイト

の様に切粉の壓力が全部脊後に加わり兩側部は平衡して居る場合には事更側部に Backing を付ける必要はないのである。

前述の如き柄の加工部の形状及チップの形状は

第 9 圖



切粉の壓力によりチップの柄より離れることを防止する作用以外にチップの先端に切削中蓄積する熱の放熱面積を大にし且チップの重量も第

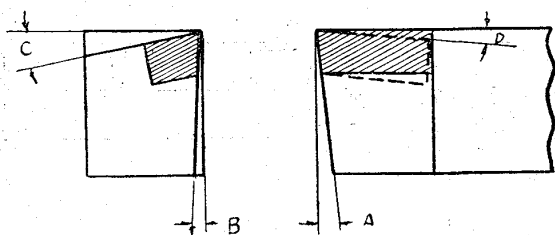
8 圖の如く取付けるより少くてすむ。即ち經濟的である。

c) 角度、この合金は前述した様に高速度鋼より弱いものであるからその角度は出来る丈切粉の壓力を少なく受ける様に作らねばならぬものであ

る。即ち上の角度を増し前の角度を増し切削角を鋭くした方が良い様に考へられるのである。然しこの切削をあまり鋭くすると矢張りこの合金そのものが弱い爲刃先の缺ける恐れがある。従つてこの何れの點にも適合する即ち出来る丈切粉の壓力を少く受け且破壊しない程度の角度を撰擇するとが肝要である。次に示した角度は一般にこの合金に對して理論上適當した値である。(第10圖参照)

前の角度 (A).....	3°
横の角度 (B).....	3°
上横の角度 (C).....	14°
上の角度 (D).....	0—3°

第 10 圖



然し實際上は切削する品物及び切削方法によつてこの値と幾分異なる角度の方が使用し易いものであるから各會社はその独自の研究からして種々の角度のものを推奨して居る。

第3表は参考の爲に獨逸クルップ會社の推奨して居る角度を示したものである。

第 3 表

工作物	抗張力又は硬度	前及び横の角度	切削角
鋼	每平方吋40—90磅	6°—8°	65°—70°
鋼	每平方吋28—40磅	8°—12°	58°
高珪素鐵 (珪素 15% 迄)		3°—5°	80—84°
滿侖鋼 12%		6°—8°	70°
不銹鋼		6°—8°	60°—68°
冷鑄鐵	ショア—75—90	2°—4°	82°—86°
鑄鋼	每平方吋30—65磅	6°—8°	60°—75°
鼠鑄鐵	ブリネル150—400	6°—8°	70°—75°
砲金、眞鍮類		8°	70°—75°
輕合金		8°	60°—65°

筆者は多くの經驗からこれを幾分異なる角度を見出した。第4表は各種材料の切削に適當する前

の角度、上横の角度、上の角度等を示したものである。

第 4 表

工作物	前の角度	横の角度	上横の角度	上の角度
鑄鐵	6°	4°	12°	
軟鋼	6°	6°	14°	
一般鋼				
硬鋼	4°	4°	14°	
非鐵合金	6°	6°	10°—20°	4°—14°
非錫材料	4°—6°	4°—6°	8°—12°	6°—10°

d) タングロイ、バイトの形狀、筆者は今迄述べた色々の理由から即ちこの合金の特性を十分に參酌し、幾多の實驗結果から第11圖の様な各種の目的に對して適當な形狀のバイトを決定したのである。但しこの形格等は總て絶對的のものでは無く漸次研究の進行につれて幾分は變化することは勿論である。

圖中の數字は柄の方法、チップの寸法を示したものである。

VI. 切削方法と其の注意

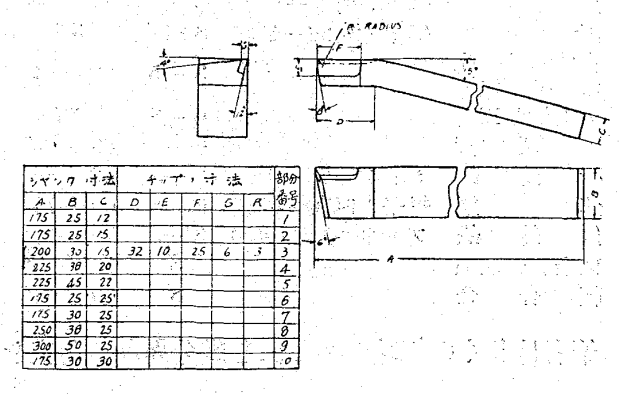
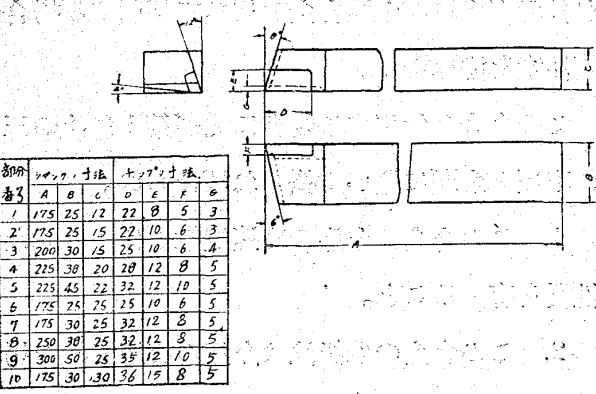
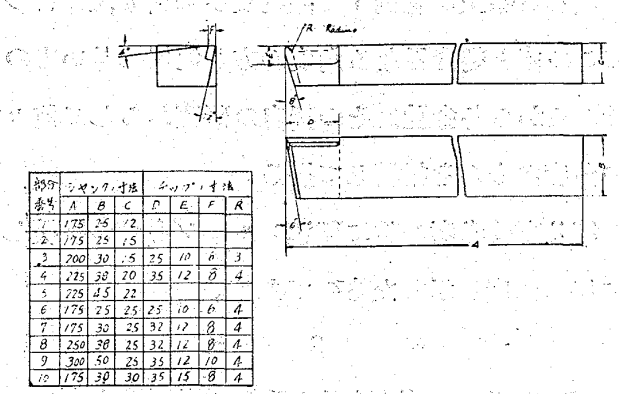
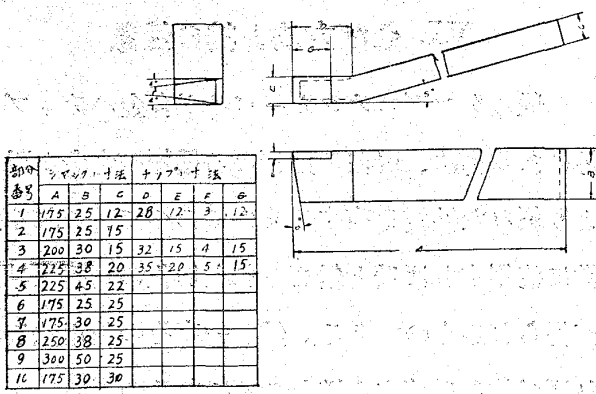
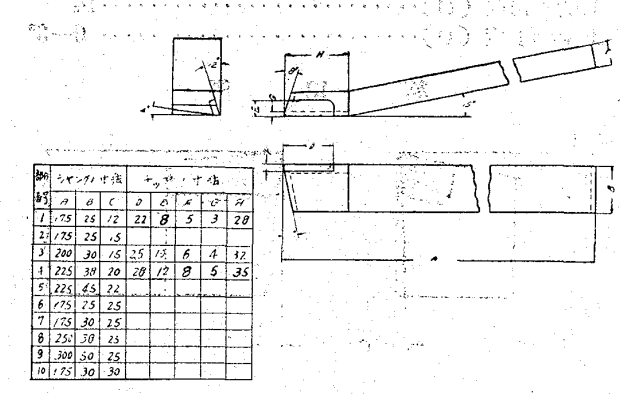
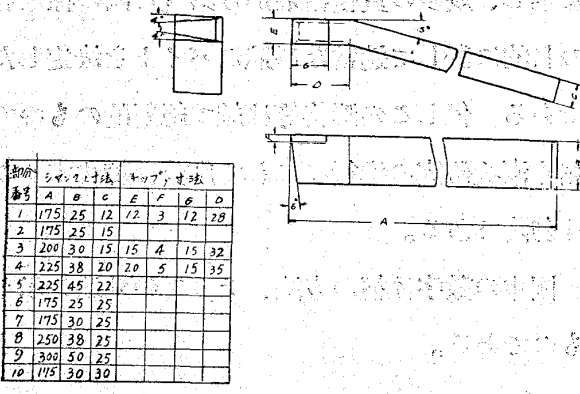
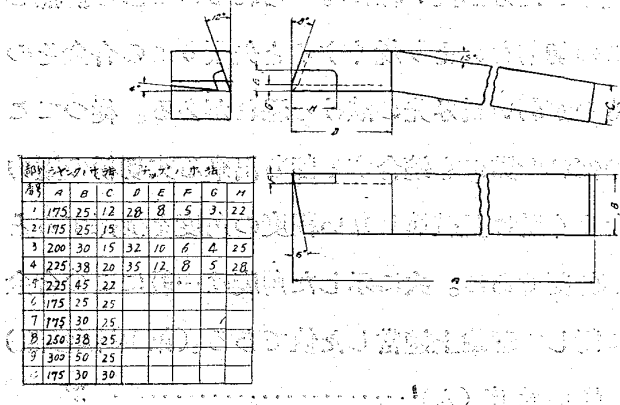
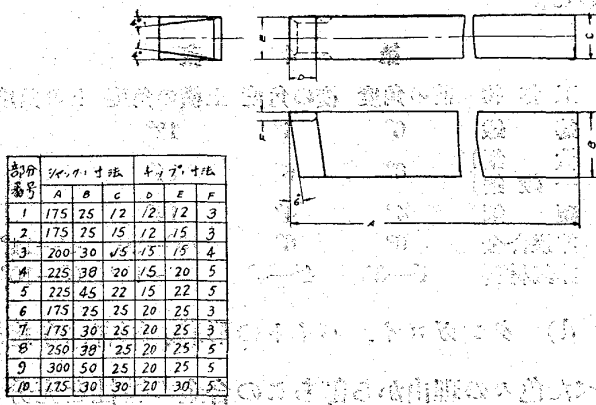
一般にタングステンカーバイド合金のチップを付けた双物は、現在の如何なる種類の合金の双物より優れた性質を有するものであつて、これを適當に使用すれば殆ど信ぜられない程の優秀な結果が得られるものである。然し一度その使用法を誤れば双物を破壊する様なことになるのである。それ故參考迄にこの種合金を用ひて切削する場合の諸注意を述べよう。

この合金を使用する場合に先づ第1に次の三つの事項を念頭に置いて掛らねばならぬ。

1. この合金は今迄の超高速鋼とは全く異なる性質を有すること。
2. この合金の取扱法は今迄の超高速鋼の場合とは異ふこと。

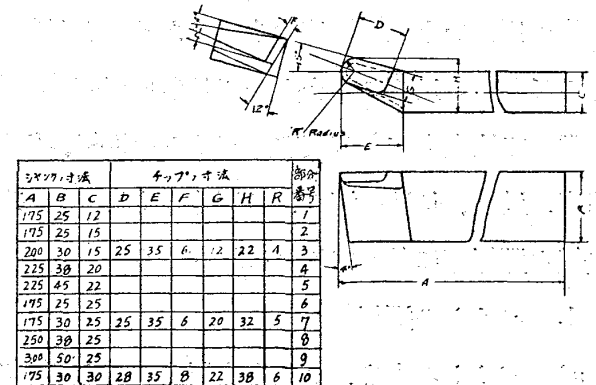
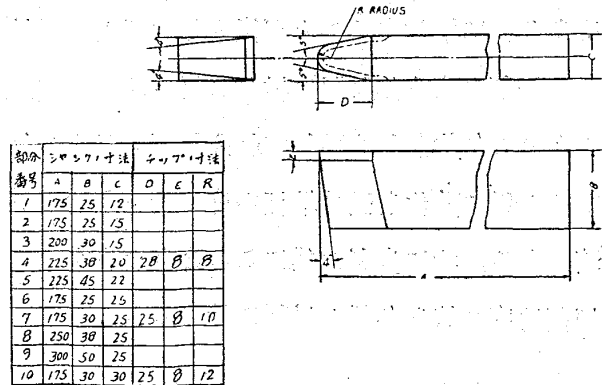
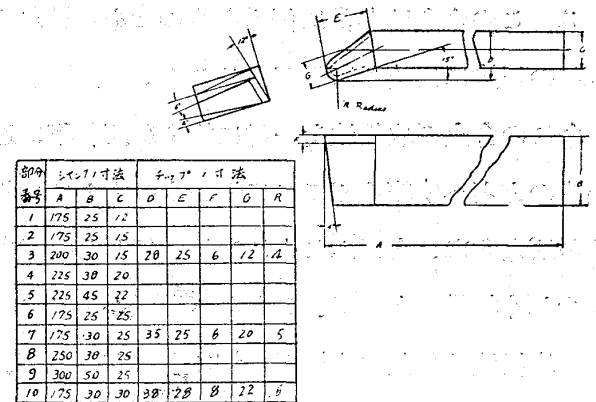
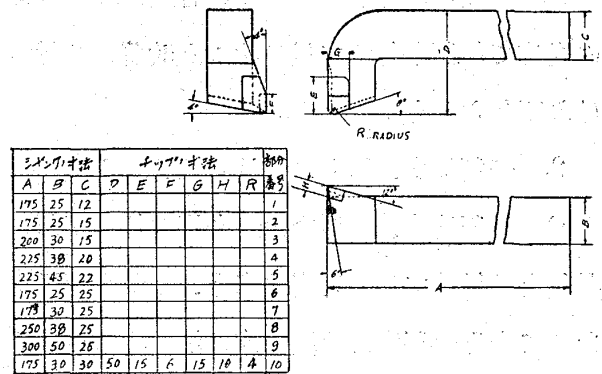
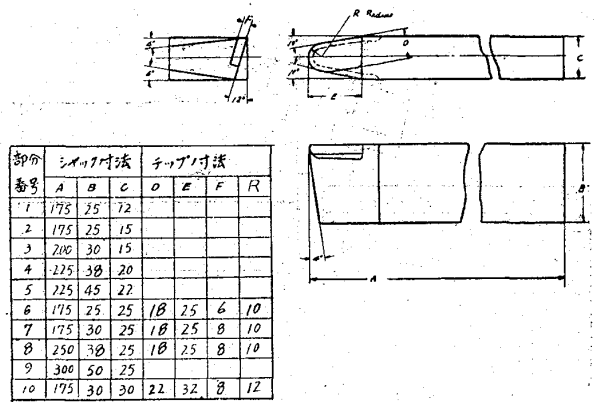
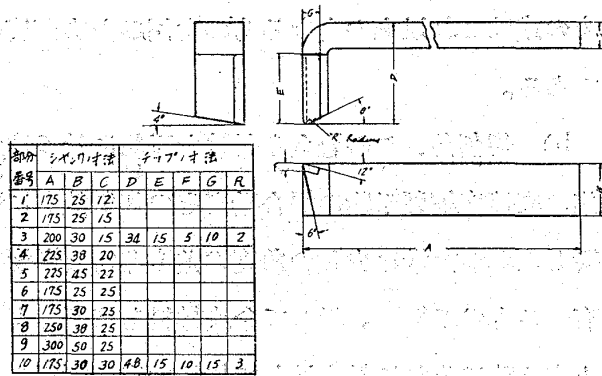
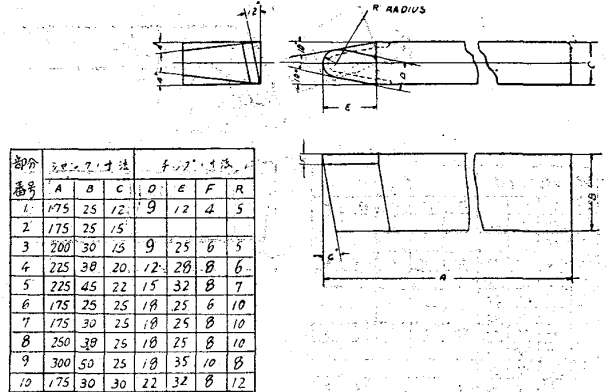
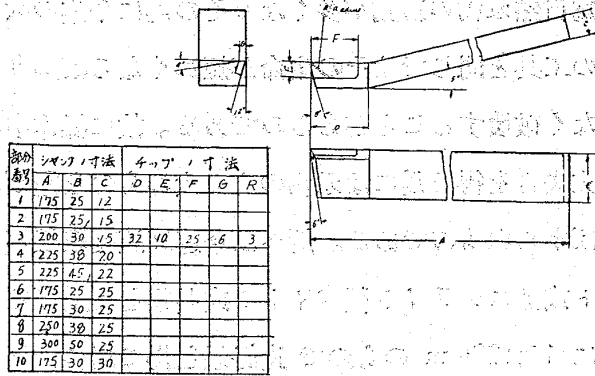
第 11

圖 (1)

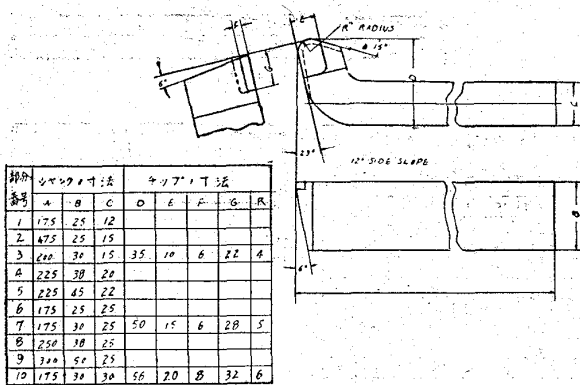
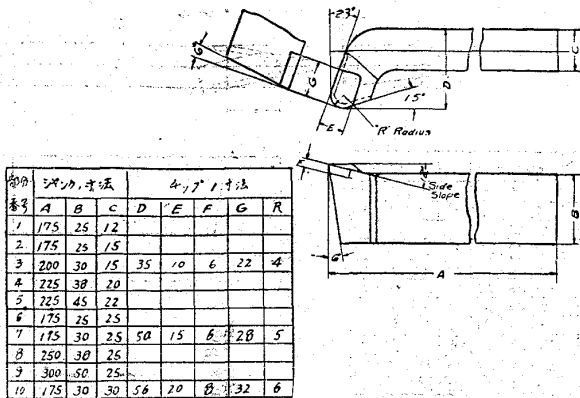


第 11

圖 (2)



第 11 圖 (2)



3. この合金は非常に優秀なものであるけれどもその用途には或る制限があること。

今この合金の取扱法を一言に約すれば、鋼に近いものと考へず寧ろガラスに近いものとして取扱はねばならぬ、と云ふことになる。然しこの言葉は少しく極端であつて、これから考へるとこの合金の取扱法は如何にも困難の様に考へられるが、事實は少し使用して見れば、高速度鋼より稍注意を拂へば良いと云ふ程度のものであることが判るものである。以下この合金の工具を使用する場合に當つて注意すべき事項即ちバイトの選擇、切削速度、送り、切込の深さ、切削時の諸注意、工作機械の選擇等に就いて簡単に述べよう。

1. バイトの選擇

a) バイトの大きさ、この合金製のバイトは今迄の各種鋼製工具よりその切削速度を大にして使用

し得るものである。従つてこの切削速度の増加の爲自然刃物の震動が多くなりその爲に今迄の大きさの工具と同じではその生命が短くなるばかりでなく破壊することがあるのである。故に操作中の丈夫さを得る爲には刃物のより大のものを選ばねばならぬものである。例へば今迄高速度鋼製バイト或はステライト製バイトで或品物を仕上げるのに 15×23mm のもので良好果を得て居つたとするなら この合金を付けた刃物では 20×38mm のもの或はこれ以上の大なるものを用ひた方が安全である。

b) 切削角、この合金を付けた刃物に於ては今迄の高速度鋼製刃物の場合殆どその切削能力に影響しなかつた様な少しの角度の差も非常な影響を有するものである。従つて今或材料を切削しようとする時にそれに最も適して居る角度を選擇しようとするならば先づ第1にこの合金に適する標準の角度で切削を行つて見て次々と改善して行かなければならぬものである。

2. 切削速度、送り、切込の深さ

a) 切削速度、この合金は今迄の他の切削用工具鋼とは異つてその硬度は高く、しかも高温度になつてもその硬度値の減少或は消滅等のことはないのである。従つて今迄の工具鋼よりその切削速度を非常に増加することが出来るのである。然しその切削速度も無制限に増加し得る故では無いのであつて勿論甚しく増加すれば矢張り刃先が加熱しその爲に酸化を受け消耗の度が大となつて不經濟である。次に参考の爲にこの合金の許容さるゝ切削速度の値を各種の材料に就て示そう。

第5表 タングロイの切削速度

切削材料	仕上げ切削速度 m/min	粗切削速度 m/min
鑄鐵		
一般鑄鐵	120—150	50—60
硬鑄	75—100	30—60
可鍛鑄鐵	50—100	30—75
チルドロール鑄鐵	6—15	2.5—8
軟鋼	30—60	50—75
鍛錬せるもの	90—150	50—75
特殊鋼		
不銹鋼(燒鈍)	30—60	25—50
ニッケルクローム鋼(燒鈍)	50—75	25—50
(抗張力 79-142 kg/mm ²)		
油燒せる Ni-Cr 鋼	50—60	30—50
(シヨア—65)		
12% マンガン鋼	9—12	45—75
銅	240—300	150—240
眞鍮類	180—300	150—240
砲金類	150—240	75—150
アルミニウム	300—1,200	150—300
アルミニウム合金	120—300	95—180
ゴム(軟質)	300—450	180—270
エポナイト、ペークライト	210—450	150—240
ガラス	15—30	9—15
大理石	9—18	3—10
硬質磁器(碼子類)	6—9	1.5—6
セラミット	30—45	18—35

b) 送り、切込の深さ、前述の様に切削速度を増加した場合に送り、切込の深さ等は如何なる値を選んだら良いか就て簡単に説明しよう。

總て材料を工作機械で切削する場合には機械の動力と切削速度、切込の深さ、送り等の間に密接な関係があるものである。即ち切削速度、切込の深さ、送り等を増加すれば動力も増さねばならぬのである。今動力が一定であると考へると切削速度、切込の深さ、送り等はその動力の満足する範囲内で選定せねばならぬものである。然しこの材料は前述した様に弱いものであるから一般的には切粉の壓力を出来る丈少く受くる様即ち送り等を出来る丈少し速度を増す様にしてその能率を増加する様心掛けることは勿論肝要である。

さて今機械の動力が充分で一方切削速度が一定であるとするとこの切込の深さは工具の大きさによつて制限されるものである。即ち双物が小なら少

く、大なれば大にすることが出来るものである。(總て送りは切込の深さと密接な関係がありそれから決定出来るものである)

又切込の深さ、送り等は切削される材料の物理的及機械的性質如何によつて變化せねばならぬ。即ち硬度高く抗張力大のもの程少くせねばならぬものである。

故に切込の深さ、送り等は次の條件によつて決定せねばならぬことが判るのである。

切削速度、動力、工具の大きさ、切削される材料の性質、次に工具の大きさ、切削速度、送り、切込の深さ等の關係に就て中位の硬度を有する鑄鐵に就て行つた結果を示し説明しよう。

普通に多く使用されて居る中位の硬度の鑄鐵を仕上げる場合に於ては實驗結果とその考察から大體切削屑の斷面積が工具の斷面積の 3—4% 位になる様に切込及送り等を選択した方が良くこれ以上にすると工具は破壊し易いものであると云ふことが判つて居る。

例へば今若し 20×38 mm の工具を用ひたとすると切屑の斷面積が最高 4% とすると 7.6mm² である。次表はその結果を示したものである。

第6表

中位の硬度を有する鑄鐵仕上の場合の工具の大きさ、切削速度、送り、切込深さの關係

工具の大きさ (mm)	切削速度 (m/min)				送り (mm)				切込の深さ (mm)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
12×25	—	—	—	—	0.4	0.7	1.5	2.3	22	12	9	6
15×25	—	—	—	—	0.4	0.7	1.5	2.3	25	20	12	10
20×38	—	—	—	—	0.7	1.5	2.3	3.0	25	20	12	10
22×45	—	—	—	—	〃	〃	〃	〃	25	22	11	10
25×25	—	—	—	—	〃	〃	〃	〃	25	20	12	10
25×32	30	45	60	75	〃	〃	〃	〃	28	22	15	12
25×38	—	—	—	—	0.7	1.5	2.3	3.0	32	25	20	12
25×50	—	—	—	—	1.5	2.3	3.0	4.0	25	20	15	12
32×32	—	—	—	—	0.7	1.5	2.3	3.0	28	22	15	12

今 20×38mm のバイトを用ひ 45m/min の速度

で切削する場合の適當なる切込の深さ、送り等を前表で見ると各々 20mm 1.52mm である。次に深さをこの値より増さうとするならば送りを減少しなければならぬ。そうせぬと切削屑の斷面積が4%以上になるからである。又深さを10mmに減少すると送りは3.0mmに増加し得るのである。

さて前述の表中の數字は比較的のものであるから或程度の誤りは免れないものであるし又この實驗の數字通りに如何なる場合にでも行へるかと思ふにこれは前述した通り工作機械の能力如何によつて左右されるもの故何れの機械にも適當な値であるとは考へられないのである。この點は一言御斷り申し上げる。

一般鋼類(燒鈍或は鍛鍊のまゝ)、仕上はバイトの双先に作用する壓力が他の材料より大である。故に一般的には、切削の斷面積がバイトの斷面積の1%位になる様、切込の深さ、送り等を調節しなければならぬものである。

銅、眞鍮類等の非鐵材料等に於ては1~1.5%位が適當である。

燒入した鋼類は特に切屑の壓力が大であるからその硬度抗張力の如何によつて0.1~0.5%位に調節しなければならぬものである。

3. 切削時の諸注意

a) 双物臺にバイトを取付ける場合には出来る丈双先が震動せぬ様双先に近い部分を堅く締めつけることが肝要である。又穿孔の場合に於ては一般に双物支持棒が長く突出して居る爲に兎角震動が起り易いものである。この場合にはこの双を出来る丈丈夫にしバイトは固く双先の根部に近く締めつけることが必要である。それでも結果が悪ければバイトを下向に使用しチップの打撃作用を妨

げる様にするのが良いのである。

b) 工作物に對する双先の當て方は大體に於て鋼の外側を仕上げる場合には心より上に又穿孔の場合には中心に、鑄鐵其他非鐵合金、非金屬材料の場合には中心にすることが肝要である。

c) 硬度高く抗張力大なる材料でその表面の不整のものを仕上げる場合には最初切込を少くして低速度で切削を行ひ表面が均一になつてから所定の切削速度、送り、切込の深さで行ふことが必要である。

d) 硬度の左程高くない普通の材料でも斷續切削をなす場合には切込の深さは少くした方が安全である。

e) 切削を止める際には必ず双先を工作物から離してから後機械の運轉を止める様にし、又切込を入れたまゝで運轉を始めぬ様に注意せねばならぬ。そうせぬと急激な打撃の爲に破壊し易いものである。

f) 前述の様な高速度で切削を行ふと動力が不足して機械が途中で停止することがある。そうすると(e)の如き缺點を生ずる。故に切削にかゝる前には機械の許容し得られる程度迄ベルトやクラッチ等を固く締め動力が充分機械に傳達される様にせねばならぬ。

g) 切削時の油使用の可否、一般の機械工場の人々は切削時に油を用ひると双先から熱を奪ひ去る爲双物の生命が長くなると云ふことを考へて油を使用して居るものである。このことは實際上眞理であつてこの熱を奪ふことはこの油の一つの重要な作用である。然しこの熱を奪ふ作用ばかりならこの種合金は熱によつて双先が鈍ることがないのだから少しもその使用の必要を認めないのであ

る。然し熱によつて刃先が膨脹することによつて仕上寸法の不正確になることを考へれば勿論或程度この油を使用した方が良いのである。又この他この油の作用はチップの減摩作用をなすのである。この作用がないと切削時の動力が増加し且切削の壓力が大となるのである。この傾向はこの合金にとつて好ましくないことである。

斯く説明して來ると矢張りこの合金を用ひて切削する場合には油が必要であると云ふことが判るのである。然らば如何なる粘度のものが適當かと云ふと大體に於て高速度鋼の場合使用されて居るものより低いものが適當である。即ち150位の粘度のものが良い様である。

然し Self-lubrication の性質を有するもの即ち鑄鐵とか鑄造黃銅等の切削の場合には何等油の必要はないのである。

4. 工作機械の選擇 タンガロイ工具を用ひ良好なる成績を得ようとするにはこれを用ひる工作機械の適當なものを選択せねばならぬものである。

この合金用の工作機械としては第1に出来る丈 rigidity 大なるものでなければならぬ。何となれば rigidity に缺けて居ればこの合金の全能力を發揮出来ないのである。又第2には速度及動力の大のものでなければならぬ。

然しながら現在一般にはこの合金の全能力を發揮し得る様な rigidity, Speed, power を具備するものは使用されて居らないのである。(然し或種のものは幾分改造すれば或程度満足せらるゝ結果が得られるものである) 従つて新しいこの合金用の特別の工作機械を購入せねばならぬことは明かである。

然らば舊機械に於てはそのまゝの状態での合金を使用することが出来ないか又使用して利益は得られないかと云ふに事實は立派に使用出来且使用によつて可成りの利益が得られるものである。只この合金の全能力を發揮した場合の様な利益が得られないと云ふに止るのである。何となれば現在の工作機械は高速度鋼製工具を用ひ100%これを利用して尚充分餘裕ある様に作られてあるものである。即ち現在に於ては高速度鋼は一般工作機械の35~50%位しか利用して居らない状態であるからである。

VII. 應用方面と其利益

この合金は前に述べた通り硬度が非常に高く且相當な強さを有して居るものである。従つて今迄加工不可能であつたものも經濟的に加工が容易に出来、且加工容易なものはこの合金を使用することによつてその切削能率を著しく増加することが出来るのである。

今タンガロイ工具の全能力を發揮させた場合の切削能力を高速度鋼工具の切削能力に比較すると第7表の通りである。以下幾分詳細に高速度鋼で加工容易なるものに應用した場合、比較的加工困難なるものに應用した場合、加工不可能であつたものに應用した場合等に就いて説明する。

第7表

高速度鋼に比へたタンガロイの切削能力		切削能力
工 作 物		
鑄 鐵	鐵	6—7倍
鑄 鋼	鋼	2—3倍
鋼		1.5—2.5倍
真 鍮、砲 金 類		7—8倍
銅		4—5倍
アルミニウム及び其の合金		5—6倍
ベークライト其他モール		3—4倍
デッドコンバウンド類		

1. 高速度鋼にて加工容易なるものに應用した場合

a) 鑄鐵、鑄鐵の仕上に経験ある人は總てその黒皮の除去には最も困難して居る。その理由はこの黒皮の部分には一般に高速度鋼より硬度の高い熔滓、砂及び冷剛された部分があるからである。然しこの合金を用ふればその硬度がこれ等のものより餘程高いから双先を損ぜず容易に切削出来る。

又今迄硬質の鑄鐵は切削が比較的困難な爲あまり利用されなかつたのであるが、この合金を用ひれば容易に切削が出来るから、今後は優れた性質を有するこれ等の鑄鐵が盛んに利用せられる様になるだろう。

又今迄大形の鑄物で一部分硬い爲切削不能の理由で廢棄して居つた例も少くないのであるが、今後は廢棄せずすむ故その利益は莫大なものである。

この合金は幾分脆い性質を有するが、鑄鐵の切削の場合などでは充分飛跳並びに斷續切削を行ふことが出来る。従つて發電機の高轉子スパイダー等のリブの上を正確に仕上げる様な場合に最も適して居る。然しこの合金は一般に鑄鐵の仕上げに於て高速度鋼で行つて居る様に速度を遅くして切込を深く送りを大にして單時間に多くの部分を切削する様には適しない。従つてこの合金を使用することに依つて利益を得る方面は、一般の黒皮の除去及び小型鑄物、硬質鑄鐵等であつて、鑄物の大きが増したり硬度が低くなる程その利益を減少するものである。然し大鑄物の表面を正確に仕上げると云ふ様な目的に對しては充分用ひて利益がある。以上實例に就いて高速度鋼との比較を示そう。

	高速度鋼 使	タンガロイ 使
セミステール製の調車		
再研削迄の仕上個數	1/6	10
再研削迄の時間數	156	85
セミステール製圓筒		
再研削迄の仕上個數	1—2	20
切削速度 m/min	25	65
鑄鐵製バルブ、ガイド、ブッシング		
再研削迄の仕上個數 (粗仕上)	300	7,000
〃 (仕上)	700	66,000
鑄鐵製ピストン		
再研削迄の仕上個數	85	1,650
切削速度 m/min	53	68
鑄鐵製フィールド、リング		
再研削迄の仕上個數	10	40
1日9時間にて仕上得らるゝ個數	49	77
1個仕上ぐるに要する時間 (分)	11	7
切削速度 m/min	12	47
鑄鐵製ポンプ、プロペラー		
再研削迄の仕上個數	2—3	30
1個仕上ぐるに要する時間	1時間25分	1時間
切削速度 m/min	30	60
ピストン、リング		
1時間に付きての仕上個數	5,000	7,500
切削速度 m/min	100	135

b) 可鍛鑄鐵、可鍛鑄鐵は鑄鐵の場合と全く同様で、黒皮の除去には最も適して居る。そして切削速度も鑄鐵と殆ど同程度に増加して切削が行へる。又高速度鋼の場合と同様な状態で使用すればその耐久度は高速度鋼の 30~35 倍位あるものである。

c) 鑄鋼、鑄鋼の切削の場合には高速度鋼の場合と全く同様な切込及び送りでその切削速度丈を 1—2 倍に増して行ふことが出来る。そして鑄鋼の場合と同様鑄肌の黒皮除去には最も適當して居り、生産能率は 50% 位増加するものである。

d) 一般鋼類、鋼の切削はこの合金の性質から見て比較的困難な方面である。その理由は鋼類の切削の場合にはバイトの双先に受ける壓力が他の材料より大きいからである。然し切削速度を前述の如く増加し得る故非常な利益が得られるのである。又特に燒鈍不充分で處々に硬度高き部分があ

つても何等心配することなく容易に切削が出来るし又鍛錬のまゝのものもそのまま切削が出来ること云ふ利益があるものである。

	高速度鋼 使 用	タンガロイ 使 用
継目なし鐵管の切削		
再研削迄の仕上個數	8	100
1日8時間としての仕上個數 (研削の時間も加へて)	24	32
ラミネータッド、ステール、ロートルの切削		
切削速度 m/min	120	150
再研削迄の仕上個數	30—40	150
1日9時間としての仕上個數	360	540
1個仕上ぐるに要する時間(分)	1½	1

e) 銅、眞鍮、砲金其他銅合金 この種類の合金の切削と對しては非常に適當してをるものであつて高速度鋼と同様な切削方法で使用した場合の耐久度は 30—45 倍位である。次表は眞鍮の或形状のものを切削した場合の結果である。

	高速度鋼 使 用	タンガロイ 使 用
再研削迄の仕上個數(仕上切削)	75	5,775
(荒仕上切削)	75	2,250

f) アルミニウム及其合金、アルミニウム合金は主として自動車工業及航空機方面に利用されて居る關係上その仕上は特に精密を要するものである。この目的に對しては今迄の高速度鋼では充分満足な結果が得られなかつたものである。所がこの種合金で切削するとその耐久度が大の爲要求する精確度に容易に品物を加工することが出来るのである。又この他この耐久度大の爲に非常な利益が得られるものである。次表はその結果を示したものである。

	高速度鋼 使 用	タンガロイ 使 用
クランク、ケースの切削		
再研削迄の仕上個數	1	100
1日10時間としての仕上個數	5	25
切削速度 m/min	60	450
ピストンの溝切		
再研削迄の仕上個數	100	500—700
切削速度 m/min	76	76

2. 高速度鋼にて加工の比較的困難なものに應用せる場合 高速度鋼で比較的困難なものは、フ

ァイバー、ハードラバー、ベークライト類、炭素、マイカ、其他モールドコンパウンド類の絶縁物及冷剛鑄鐵、油焼入せる特殊鋼等である。

この内非金属材料のものは高速度鋼でもその切削速度を遅くして連続的にさへ切削しなければ相當加工が出来るものであるが、少しその切削速度を早くしたりすると材料それ自身が熱の不良導體なる爲双先に發生した熱の爲双先が鈍つて切削が不可能になるものである。然しこの合金ならば熱に依つて硬度の低下することがないから少しも切味が悪くならない。従つて長時間連続的に加工が行へる。この意味からこの様な材料の切削にはこの合金は最も適當して居るものである。

この合金の耐久度は大體高速度鋼と同じ状態で使用してファイバー、ベークライト類に對しては 90 倍位又ベークライトとアスベストからなるモールドコンパウンド類だと 50 倍位である。

この他タンガロイの最も適して居る方面は絶縁物中に金屬を嵌入してあるものゝ切削である。この様なものゝ仕上には今迄高速度鋼又はダイヤモンド工具が用ひられて居つたものである。この高速度鋼を使用した場合には金屬と絶縁物とを正確に一平面に切削することが困難であり、且双先が非常に早く悪くなるものである。ダイヤモンド工具を使用した場合には絶縁物は良好に切削することが出来るが金屬部は切削困難である爲最初から幾分低く作つて置かねばなぬと云ふ様なことゝ且その値が高いと云ふ様な缺點がある。所がこのタンガロイを用ひれば金屬部は勿論絶縁物も容易に且良好に切削出来、而もダイヤモンドより廉價である。實例としては電動機、發電機等のコンミューターの仕上がある。この面は銅とマイカとが

交互に重なり合つて出来て居るものでこの仕上は、特に平滑なことが肝要である爲今迄各方面で苦心されて居る所のものである。所がこの合金を用ひると容易に良好に仕上を行ふことが出来るものである。

又炭素の仕上は一見小刀でも切れる爲容易に切削し得る様に考へられるが機械加工すると驚く程刃先が傷むことが判るものである。この様なものにこの合金を用ひると殆ど高速度鋼と比較にならない位その耐久度が長く何等テーパリングが起らないものである。

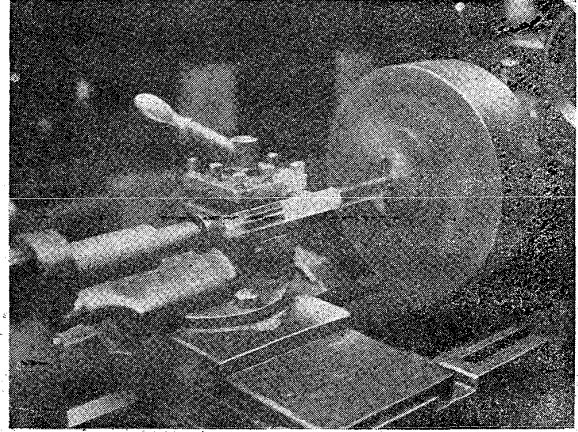
又油焼入した特殊鋼（ショアー硬度 60 位迄のもの）の加工は現在比較的加工困難な方面である。所がこの合金では經濟的に使用し得る程度に加工が出来るものである。それ故研削の如き不經濟の仕上を行はなくてもすむ様になるものである。

冷剛鑄鐵の仕上はこのものが硬度高い爲今迄の高速度鋼ではその切削速度を非常に遅くして行つて居る。それでも刃先が短時間に摩滅する爲非常に困難して居るのである。従つて正確な寸法に仕上げようとするには頗々とバイトを研削しなければならぬ爲可成り不經濟であつたのである。所がこの合金を使用すると非常に經濟的に加工し得るものである。

3. 高速度鋼にて加工不可能なものに應用せる場合〔ガラス、硬質磁器、焼入せる工具鋼、12%マンガン鋼、タングステン、ステライト等〕この種のもは今迄高速度鋼では切削出来なかつたものである。従つて是非加工せねばならぬ場合にはグラインダーを用ひ可成りの時間と費用をかけ不經濟に加工して居つた。所がこの合金を用ひると容易に且經濟的に加工出来るものである。

ガラスは容易にその表面を切削することが出来るし又螺旋も切ることが出来る。第 12 圖はタングロイでガラスを切削して居る所である。

第 12 圖



硬質磁器も切削出来るが、經濟的に加工し得るや否やは未だ疑問である。

12%満俺鋼は今迄切削が困難な爲鑄造又は鍛錬のまゝ使用して居つたものであるが、このタングロイを使用すれば經濟的に有利に切削を行ふことが出来る。

焼入した鋼もショアー硬度 70~80 位迄は經濟上引き合ふ程度で加工が出来る。それ以上の硬度のものは切削は出来るが、經濟上有利であるや否やは疑問である。

上述の如くこの合金は各種の材料の加工に用ひて非常にその能率を増進するものである。即ち今日の高速度鋼で加工容易なものに應用した場合に於ては最近の優秀な機械に取り付けて使用すれば前述した様な切削速度で加工出来るから生産能力を非常に増加し且その生産費を非常に低下するものであるが一方今迄の機械に用ひてもその切削速度は増加しなくともその耐久度大なる爲に研削時間及取付の時間等を節約するから矢張り生産費を低減するものである。又今迄高速度鋼で加工不

可能のものも切削し得ると云ふ點に到つてはその利益は莫大である。即ちこの合金の出現によつて今迄加工不可能なる理由から應用せられなかつた各種の材料もその用途が増すし又今後より大きな硬い材料の發見を誘起する傾向を助長する點に於てその効果は莫大である。

VIII 結 論

吾國に於けるタングステンカーバイド合金の現狀と將來、

タングステンカーバイド合金は高速度鋼に置き代るや高速度鋼の出現は鐵工業は勿論總ての工業に對して非常に貢獻をなしたことは良く知られて居ることである。然してこの高速度鋼の出現によりその時迄切削用工具材料として使用されて居つた炭素鋼は現在に於てその需要は減少して居るかと云ふに寧ろ高速度鋼發見當時より増加して居るのである。このこと、全く同様にこのタングステンカーバイド合金が現れたとて高速度鋼の用途が將來減少するとは考へられないのである。殊にこの合金は如何なる種類の切削にも應用可能ではなくある制限があつて寧ろ高速度鋼の方が結果の良い例も種々あるのである。

故にこの合金は將來に於て確實に機械工業に於て主要なる位置を占むることは勿論であるが今日の高速度鋼に全く置き代ることは全くないと信ずるのである。

工作機械の改善に待つ前述した通りタングステンカーバイド合金は現在切削用工具材料として最も優秀な性質を有するもので生産能率の増加は非常に大なものである。

然しこの合金自身は現在の工作機械の全能力を發揮することに依つて得られる最高速度よりより以上の速度で切削を行ふことが出来る丈の性能を有して居るものである。従つてこの工作機械方面がこの合金の性能を充分に發揮し得られる程度に迄發達して來れば、尙一層この合金の全能力を發

揮し得られるものであることは言を俟たない。

扱この工作方面に於てこの合金の全性能を發揮せしむるには如何なる部分を改善せねばならぬかは斯道の専門家の問題であるが、この合金の製造者並使用者としての立場から考へて見るならば第1に切削速度を非常に増加せねばならぬから當然動力を増し軸承を改良すること 第2にはこの合金自身高速度鋼より震動に對して弱いから機械各部の震動を出来る丈少くし、且機械全體の丈夫さを増すこと等ではなからうかと考へるのである。

タングステンカーバイド合金は改善の餘地ありや前述した通り總てのタングステンカーバイド合金は今迄の工具材料の製造とは全く異なる極く最近の冶金的方法なる焼結法によつて作られて居るものであつてその發達の歴史は比較的新しいものである。従つて現在この種合金は立派に實用には供されて居るもの、將來一層優秀なものが發見せらるゝに違ひないと信ずるのである。

吾國に於けるこの種合金の使命、吾國は歐米諸國よりこの合金の主成分たるタングステンが非常に豊富である。殊に隣國中華民國に於ては殆ど無盡藏と稱されて居る。又一方この合金を作るに必要な動力は、素より水力として無盡藏なる資源を有して居る。斯くの如く吾國は原料に於て又動力に於て、この合金を製造するに最も恵まれたる位置にあるものである、従つてこの種合金は元來吾國に於て發見され發達さるべきものであつたのである。然しながら不幸にして歐米諸國に先んぜられたことは吾々の甚だ遺憾とする所である。

然し幸にして未だ改善の餘地が充分あるものであるから吾々は今後益々この方面上の研究を行ひ現在より優れたるものを製造する様に心掛けねばならぬと考へて居るものである。