

No.33 30F50A (焼鈍) ×150	No.34 10F80A (爐冷) × 75	No.35 30F50A (爐冷) ×100	No.36 10F76A (爐冷) ×100
No.37 5 F75A (爐冷) × 75	No.38 10F50A (爐冷) × 50	No.39 5 F82A (爐冷) ×100	No.40 30F65A (焼鈍) ×100
No.41 20F70A (焼鈍) ×100	No.42 10F80A (焼鈍) ×100	No.43 10F50A (爐冷) ×100	No.44 25F45A (焼鈍) ×100
No.45 2 F98A (爐冷) ×100	No.46 2 F 4 S (爐冷) ×100	No.47 2 F 6 S (爐冷) ×100	No.48 三元共晶組織 ×100

高速度鋼の新らしい見方

(日本鐵鋼協會第 22 回講演大會講演 昭和 14 年 9 月)

菊池 麟 平*

A NEW VIEW OF HIGHSPEED STEELS.

Rimpei Kikuchi.

SYNOPSIS:—The cutting efficiency of high-cobalt highspeed steels was examined on sample tools which had been prepared by proper melting, forging and heat treatment. The result of the experiment revealed the following points:

- 1) As concerns the cutting efficiency of the highspeed steel, the most economical composition contains about 15% Co, and about 20% W, which also meets the requirement for the saving of valuable resources such as Co and W and corresponds to the analysis of the Japanese current specification.
- 2) The use of vanadium is not necessary and so better to be excluded from the specification.
- 3) The carbon content should be determined in relation to the Co. The former should be decreased when the latter enhanced. It is not suitable to specially the constant amount of C as in the present specification.
- 4) The low-C highspeed steel is most recommended for highspeed cutting tools of the weld-on or brazed tipped types and precision cutting types.
- 5) It is most proper to decrease the Co content for saving the valuable metal. However, the present study suggests an alternative whether to save Co or to enhance its content together with the increase of the C, thus improving the cutting efficiency and bettering the ease in hot working.

* 日本高周波重工業株式會社

1861年 R. Mushet¹⁾ が $W-Fe$ 系合金を発見した。これが切削工具として劃期的なもので現今稱する所の高速度の創始と見てよい。この組成は W 5~8%, C 2.0~2.4%, Mn 1.7~2.5%, Si 0.7~1.6% の $W-Fe$ 系自硬性合金である。その後この Mushet 合金に Cr 0.5% を加へることによって切削能が更らに増加し 1891 年に至て Osmond,²⁾ Osborn³⁾ 及 Gladwin³⁾ 等の熱處理の研究によってその性能が一段と改良された。然し高速度鋼を大系つけたものは 1898 年の Taylor & White³⁾ であつて Mn を Cr と置換することによって始めて“高速度鋼”なる名稱を冠せられた高級工具鋼の出現となつた。

前記諸研究者以外に Addy⁴⁾, Nan⁵⁾ 及 Demozay⁶⁾ 等の高速度鋼の研究に残したる業績を見逃すことは出来ない。Taylor & White は更らに實用試験の結果 1912 年⁷⁾ に Co を加へることによって改良の道を發見した。高速度に於いて Co が極めて効果的であることが實證されてから高速度鋼は遺憾なくその性能を發揮する様になつた⁸⁾。

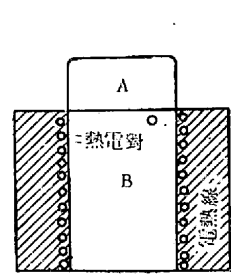
高速度鋼に於ける Co , W , Cr , V , Mo 等の影響は各種文獻⁹⁾ に詳細な報告が載せられて居るが、炭素量に就ての研究は一率に 0.6~1.1% の範圍であつて、僅かに Kösker Co 24~34.6% のものに於いて低炭素を主張し所謂 Co 20% 以下の一般高速度鋼に於ては炭素には言及してゐない。

今日迄の高速度鋼或は一般工具鋼の研究は殆んどその成分至乃熱處理と常溫硬度の關係を求め、常溫硬度を高くするための研究であつた。然し特に高速度鋼となれば、その名の示す如く強力切削をなすものにして、双先の溫度は決して常溫ではなく、高温に於ける耐摩耗性及高温硬度が問題となるのである。然し高温に於ける之等の實驗は極めて困難なる故、著者は寧ろ實用試験即ち切削量を測定することによって高速度鋼の性能を増加させる實驗を行つた。常溫硬度は參考的のものとして測定した。

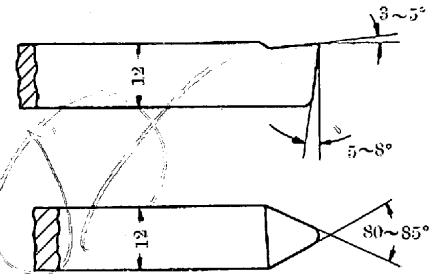
實驗の方法

硬度測定にはヴィツカーズ硬度計を用ひ、それをロックウェル硬度 C スケールに換算して現はした。高温硬度の測定のため試片を加熱するには、第 1 圖の如く試片の周圍にニクロム線を捲きて加熱し、且測定時までは A なる鐵片をもつて表面の冷却を防止し、 $400^{\circ}C$ 位までは極めて迅速なる測定により左程の溫度降下を見なかつた。従て硬度もその都度 5 回の平均値をとることが出来た。

第 1 圖 高温硬度測定のための試料加熱方法



第 2 圖 切削用試料の型狀



試料の焼入には鹽浴槽を用ひ、焼戻にはニクロム電氣爐を用ひ、長時間の焼戻にては自動調製装置を利用し、溫度の變化を防いだ。

切削試験片は全部 12mm 角となし、双先の角度及二番落し等を第 2 圖の如く一定にし、被切削材は 12% Mn のオーステナイト鋼を用ひ、シェパーに依る切削試験を行つた。これは被切削材を常に一定の條件に保つために旋盤より遙かに便利であるためである。此の切削條件は次に示す如くである。

第 1 表 シェパーに依る切削試験に於ける切削條件

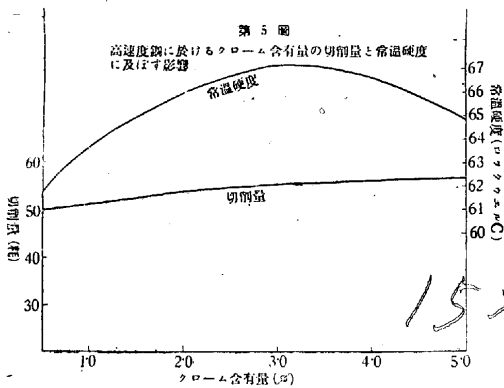
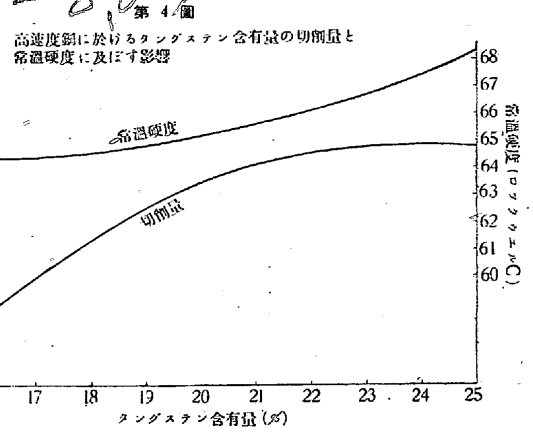
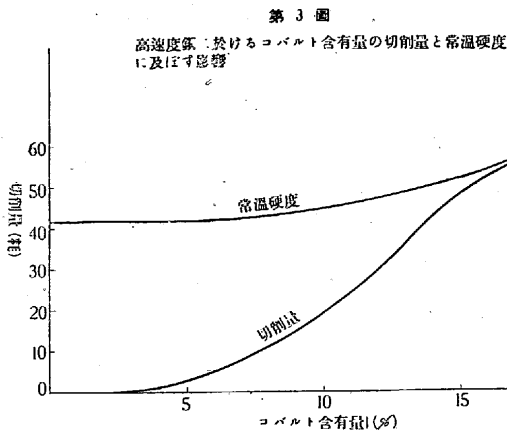
切削條件名	切込みの深さ	一回の送り量	切削速度
數 値	0.64mm	0.54mm	8m/min

尙ほ後述の特別の例を除いては、高速度鋼に及ぼす Co , W , V , Cr , C 等の影響を夫々求むる時基本成分を現在の規格により大體 Co 15%, W 20%, V 1.0%, Cr 4%, C 0.8% とし、その一成分の變化による影響を實驗するに際しては他の成分は總べて上記の基本成分を持たらしめた。各々試料は誘導爐にて熔解し、鋼の大きさを 10kg 以上とし、鍛延係數は 10 以上を保たしめてゐる。而してその特殊な成分を除いてはその總べてが工場生産品に就て行つたもので、約 4 年間に涉り 5,000 種に及ぶ鋼塊からの結果であつて、曲線を求むるに際して相當な偏差 (deviation) もあつたからこれは最小自乘法處理によつて、最も可能な曲線 (Probable Curves) を求めた。

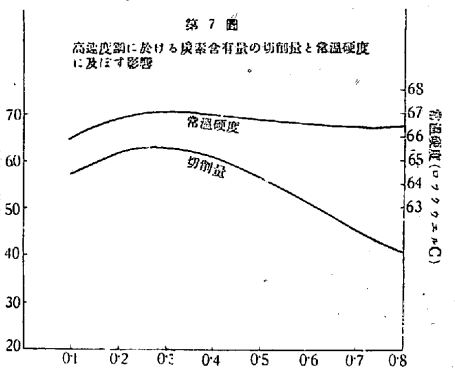
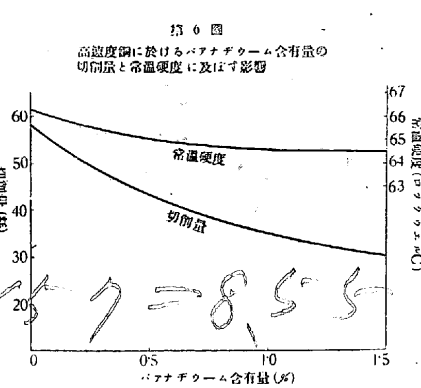
I. 實驗結果

a) Co 含有量の影響 第 3 圖に示す如く Co 含有量が増加する程切削量及硬度は増加する。但し切削量は Co 16% を越ゆると共にその増加率は減少する。この場合 Co 24~30% 位にして、低炭素の燒結工具材とは全然別の範疇に屬する故その比較は求めないことにする。(勿論燒結材はその硬度ロックウェル „C“ スケールにて 70 以上あ

52x17=884



15x57=855



って硬度の高い材質を削ることは可能であるが、シエパー試験の如く、又は粗面の多い材料加工に於ては、受くる衝撃によって切削量は極めて低く破断され易い。

又圖より明らかなる如く常温硬度と切削量とは決し併行性を有しない。

b) W 含有量の影響 第4圖に示す如く22%位までは増加するが、それ以上はその増加率が低下する。尙 C_0 に於ける場合以上に常温硬度と切削量の併行性がない。

c) Cr 含有量の影響 第5圖に示す如く硬度は3%附近にて最大値を示すが、切削量はそれに併行せずして Cr 量の變化に殆んど無關係に大體一定の切削量を與へる。

d) V 含有量の影響 第6圖に示す如く常温硬度、切削量共に V 含有量の増加に従て却て低下す然も切削量の低下の割合が著しく大である。

e) 炭素含有量の影響 第7圖に示す如く、炭素含有量 0.25% 前後に於いて切削量、常温硬度の最大値を示す。尙炭素含有量の増加に伴ふ切削量の低下は極めて著しい。

II. 實驗結果

前章の實驗結果によつて W 及 C_0 はその含有量の増加すると共に切削量も増加する。然しその増加率よりみて W 18~22%、 C_0 15~16% 附近が最も經濟的である。尙

Cr 含有量は切削量のみによらず他の條件例へば鍛延歩留熱處理等の關係よりして3~4%を保つことが有利である。唯從來一般に高速度鋼に就て考へられて居る事項と異なり、從て現存規格と異なる事は V 及 C 含有量に就てである。即ち高 C_0 高速度鋼に於てはその何れもが從來の如き規格の含有量にては切削量に對して惡結果を與へるものである。この點著者は W 及炭素の影響を更に詳細に検討した。

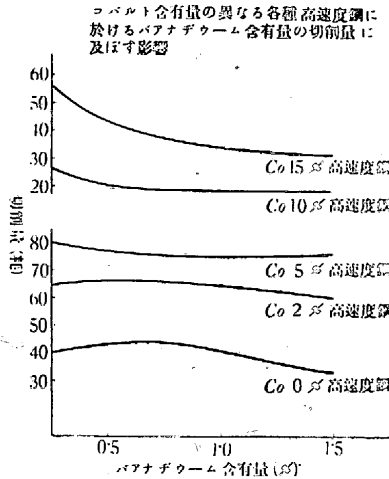
a) V 含有量 C_0 の含有量の變化に伴ふ影響 第8圖に示す如く C_0 含有量の低下と共に V 含有量によつて切削量が V の或る程度(0.5%位)までは増加するが、大體に於て規格に示される程度にては切削量は却て低下してゐる。此の影響は C_0 含有量のなる程低下率が大である。但し V を他の意味、即ち脱酸劑又は組織の微細化に對して用ふるならば、必ずしも殘留 V の量を云々する必要がない。然も V の脱酸及微粒化作用に對しては、他の珪素 Al 等と比較し特に秀れた點を認めることが出来なかつた。尙第8圖に於ける切削量測定に於て低 C_0 高速度鋼の場合はその切削速度を半減してゐる。

b) 炭素含有量の C_0 含有量の變化に伴ふ影響 第9圖に示す如く C_0 含有量の低下と共に、その最大切削量を與へる炭素含有量は夫々異なつて居る。これを總括して

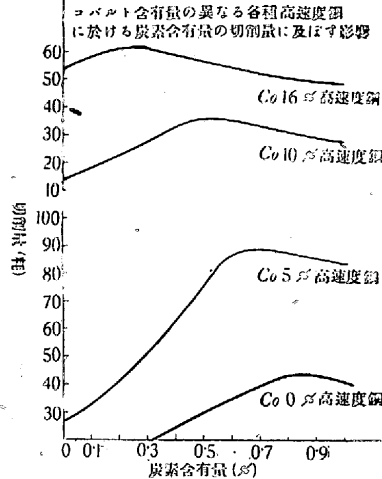
56 x 20 = 1120



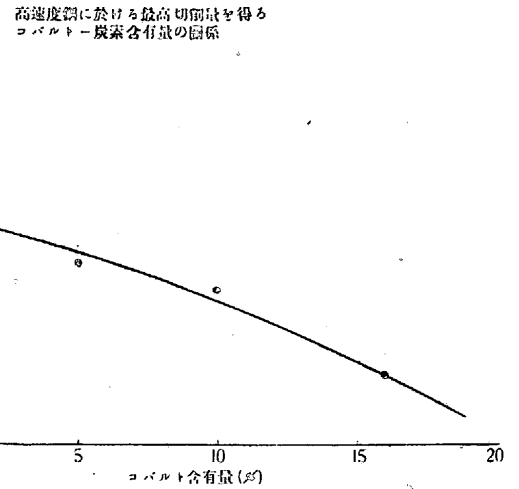
第 8 圖



第 9 圖



第 10 圖



第 10 圖に示す。

即ち第 10 圖によれば現在に於ける總ての高速度鋼に就て炭素含有量を 0.6~1.0% の如く定めるのは當を得ざるものにして Co 含有量の異なる高速度鋼に於てその Co 含有量に對して夫々適當なる炭素含有量が定めらるべきである。最も一般鋼材に複雑なる熱處理を施し、且極めて粗雑な切削試験による結果として圖示される様な決定的な含有量があるべきでなく、著者は工場内に於ける經驗からして Co 含有量と炭素含有量の關係を大體次の様に定め

第 2 表 高速度鋼に於ける最高切削量を得る Co・C 含有量の關係

高速度鋼 Co 含有量 %	相當規格名	最大切削量と與へる炭素含有量 %
15	第四種乙	0.15~0.35
10	第四種甲	0.4~0.6
5	第三種	0.6~0.8
0	第二種	0.7~1.0

III. 實驗結果

前 2 章の實驗結果よりして、著者は次の如き最優秀である

高速度鋼の標準型を定めた。之を高周波高速度鋼 (舊名利原 Rigen 高速度鋼) と名付けたのである。

Co 16%, W 20%,
Cr 3.5%, C 0.25%

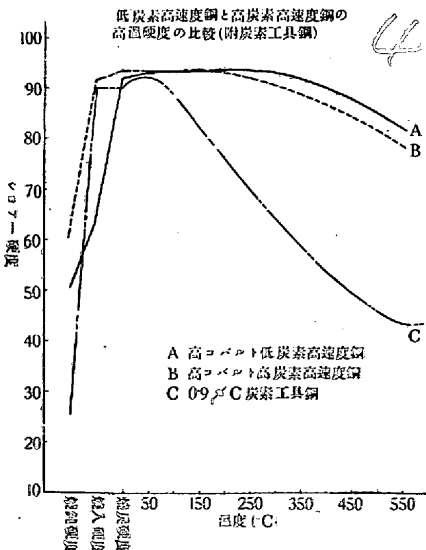
即ち V を規格から除去し、炭素含有量を現規格に比し極めて少くした。此の標準高周波高速度鋼と、一般規格による Co 高速度鋼の切削試験結果を第 11 圖に示す。尙参考に現在輸入最秀品の切削量を示す。

この低炭素 無 V 高 Co の高周波高速度鋼の特異性を現規格の高 Co 高速度鋼と比較した實驗結果を示す。即ち第 12 圖は兩高速度鋼の焼入-焼戻硬度と温度の關係を示すものにして

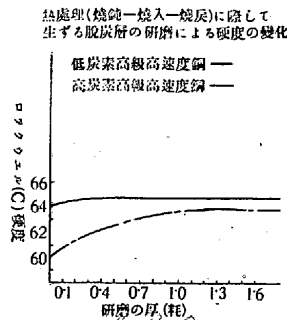
第 11 圖 低炭素高速度鋼と高炭素高速度鋼の切削能力の比較試験結果

試験方法	レバーによる試験	旋盤による試験
被切削材	12% マンガン鋼	12% マンガン鋼
切削速度	8 米/分	23.8 米/分
送り量	0.54 耗	0.53 耗
切込みの深さ	0.64 耗	1.27 耗
切削能力比較圖 (耗)		
低炭素	—	—
高炭素(現規格)	—	—
高炭素(輸入品)	—	—

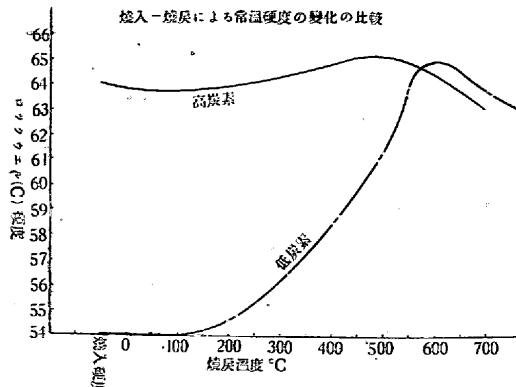
第 14 圖



第 15 圖



第 12 圖



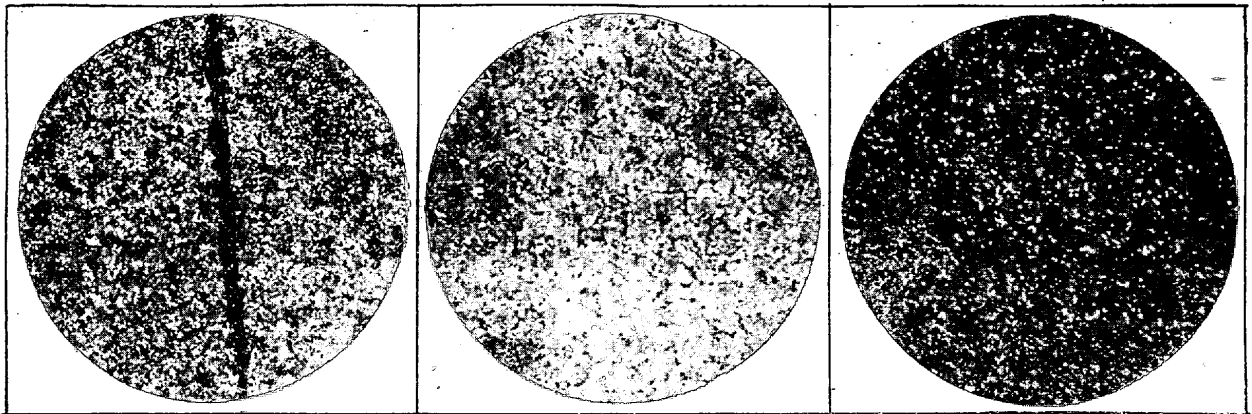
50x17=8.5

第 13 圖 (低炭素高速度鋼)

焼鈍 850°C 30 分

焼入 1,350°C

焼戻 580°C 2 時間 ×960



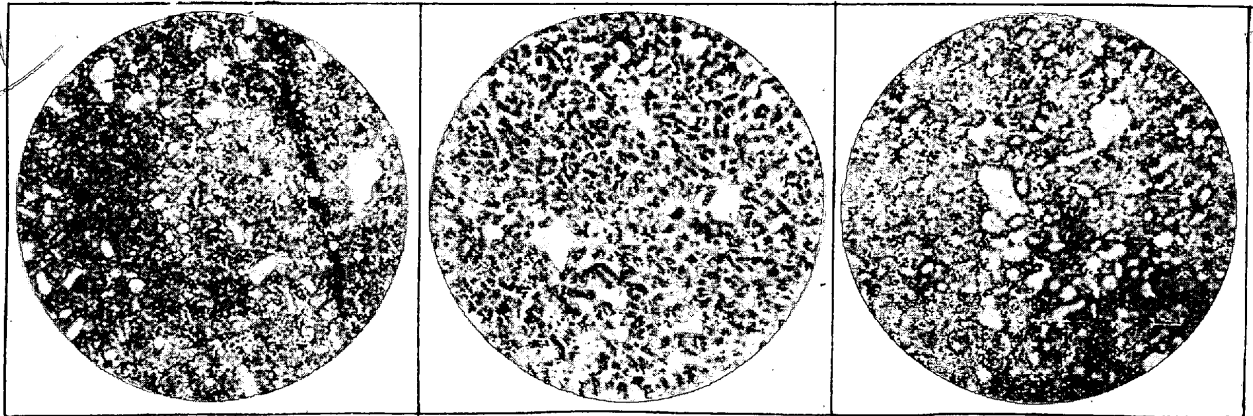
8.5

(高炭素高速度鋼)

焼鈍 850°C 30 分

焼入 1,280°C

焼戻 550°C 30 分 ×960



低炭素のものは焼入硬度が極めて低くロックウェル硬度“C”、スケールにて 51~54°でこれは今日までの高速度鋼に対する一般概念と非常に異て居る。従て焼戻による硬度増加が低炭素のものに於て極めて著しく、高炭素のものにては時には現場に於て焼戻を特に必要としなかつた程にその焼戻効果が少い。此の現象は高炭素のものに於ては焼入れすることにより既に過剰な炭化物が析出して硬度は相等大であるが、低炭素のものにては此の一次的炭化物の析出は極めて少なく過飽和の状態にあり、それが焼戻によって始めて析出するためである。此の事は第 13 圖の顯微鏡寫眞によって明らかである。即ち高炭素のものに於ては焼入により粒子大なる一次的複炭化物が析出し尙加ふるに焼戻により二次的複炭化物が析出されるのである。

之に反し低炭素のものは一次的複炭化物が少く、焼戻により二次的複炭化物が析出され、焼戻析出によつての複炭化物が主なる故組織は極めて微細にして、析出状態も一樣である。高 Co 高速度鋼に於けるこれ等複炭化物は普通高

速度鋼に於けるよりもその組成複雑にして、従てその炭素含有量も現存規格で定められてゐるよりも遙かに少量であるべきである。これにより考ふるに高炭素高 Co 高速度鋼にては焼入により一次的複炭化物が多量に晶出され尙且二次的複炭化物が析出されることが説明づけられるのである。

第 14 圖は高温硬度による低炭素と高炭素高速度鋼の差異を比較せるものにして、高炭素のものは 180°C 附近より軟化し始むるに反し低炭素のものは 300°C 附近より軟化する。即ち高炭素のものは低炭素のものに比し約 100°C も軟化點が低いのである。尙参考に炭素工具鋼 (0.9% C) の高温硬度を示す。尙焼鈍硬度及焼入硬度を比較するに第 14 圖より明らかなる如く、高炭素のものは焼鈍硬度はシヨアー硬度にて 61 にして焼入硬度が 92 に對し、低炭素のものは焼鈍硬度 50 にして、焼入硬度は 63 位である之等を焼戻することに依り高炭素のもの硬度増加は 2 なるに反し低炭素のものは 25 も増加してゐる。之等現象は

第 13 圖の顯微鏡寫眞と合せ考へて複炭化物の多少により明らかである。

此の様に軟化點の見地よりして高 C_0 高速度鋼に於ては發熱の極めて大なる高速度重切削には低炭素のものが最も適することが明らかである。

次に高温加工及び熱處理に於ける兩者の差異は第 14 圖に示せる如くである。此の結果は焼鈍後焼入焼戻を行ひし際に生じたる脱炭の深度を硬度變化より見たるものにして高炭素のものにありては約 1.2mm も脱炭し、従て眞の硬度を得るには約 1.5mm も研磨しなければならないのに反し低炭素のものにてはその脱炭が殆んど認められない。此の點低炭素高速度鋼は研磨代の少なきを要する細物工具及複雑な形の切削工具の製作にも亦極めて適當であることを示すものである。尙最近の如く盛刃、附刃が盛に行はれる様になって來たが、これ等は常に脱炭に依て相等な質及歩留の低下を來してゐる状態にあるが、此の點これ等の用途にも亦低炭素高速度鋼が推賞さるべきである。

尙又低炭素のものは鍛延作業又は壓延作業に於ける歩留も高炭素のものに比して極めて優秀である。

總 括

以上の主として現場に於ける實驗結果から次の様な結果を得た。

- a) 高速度鋼にては切削能力を主とする場合、又 C_0 , W 等の高級資材の節約の意味で C_0 15% 前後 W 20% 前後が最も經濟的である。此の點現存規格通りである。
- b) V はその使用の必要を認めず。従て規格より除くべきである。
- c) 炭素は C_0 含有量によつて定むべきであつて C_0 含有量の低下に際しては増加すべきで、現存規格の如く一率

に定むべきでない。

d) 盛刃、附刃又は細物工具等に對する高速度鋼材料は低炭素高速度鋼が最も適當である。

e) C_0 等を節約するため C_0 含有量を低下させるのが可であるか、低炭素として C_0 含有量を大にして切削能力を増大させ、高温加工歩留等を改良する何れかを採用するかを本研究は暗示するものである。

以上の研究は日本高周波重工業株式會社北品川工場及東京應用科學研究所に於てなされた實驗であつて、各社幹部諸公に對して深甚な謝意を表すものである。又本研究遂行に當り、或は現場にあり、或は研究所にあつて熱心に御助力下さつた理學士關谷甚四郎君、木村譽雄君、山本武男君、小幡親雄君、應野新三君等に心から感謝したい。

文 獻

- 1) G. Mars: Die Spezial Stähle. 1922
- W. Oerstel u. Grützner: Die Schnelldrehstähle. 1931
- I. L. Gregg: The Alloys of Iron & Tungsten. 1934
- 2) F. Osmond: Rev. de Mét. Mein. 1904 348~352
- 3) F. W. Taylor: Trans. Am. Soc. Mech. Eng. 28 (1907) 31~379
- 4) J. W. Langley: Trans. Am. Soc. Civil Eng. 27 (1892) 385~405
- 5) J. B. Nau: Iron Age 49(1892)248
- 6) Le Demozay: Rev. de Mét. Mein. 26(1929)115~116
- 7) Stahlwerk Becker (Krefeld:) D. R. P. Nr. 281~386, Rl. 18 b gr 20 1912.
- 8) Ed. Handremont u. H. Schrader: Kruppsche Mh. 13(1932)
- 9) Ed. Hondremont: Sondersshahl Berlin (1935)
- F. Rapatz: Edelmetalle, Berlin (1934)
- N. E. Woldmon: Engineering Alloys. Am. Soc. Metals (1936)