

低タングステン高速度鋼に及ぼす錫、アンチモン及びチタニウムの影響 (第1報)

小柴定雄*

Effect of Tin, Antimony and Titanium on The Low Tungsten High Speed Steel. (First Report)

By Sadao Koshiha

Yasugi Laboratory, Yasugi works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The writer investigated the effect of Sn, Sb and Ti on the low tungsten high speed steel containing W 9~12%, V 1.2~1.8%, and has measured the hardness and cutting durability and observed the microstructure of these specimens, applying different heat treatments. The results obtained from the present study are as follows :—

- (1) Sn content up to 0.75% do not give any appreciable influence on cutting durability.
- (2) As the content of Sb increases, cutting durability decreases remarkably.
- (3) As the content of Ti increases more than 0.25%, cutting durability decreases appreciably.

[I] 緒言

著者は先きに低 W 高速度鋼に及ぼす Ni, Mn, Si, Al 及び Cu の影響について詳細研究し、各元素の特性を確め、且高速度鋼の性能上その許容限度を明かにした⁽¹⁾⁽²⁾。本研究に於ては更に Sn, Sb 及び Ti の影響について実験し、高速度鋼の性能上如何なる程度の影響を及ぼすかを究明した即ち低高速度鋼に及ぼすこれらの諸元素の影響について各種熱処理による硬度及び切削耐久

試験を行い、併せて顕微鏡組織を観測し、高速度鋼製造上の一指針とした。

[II] 実験方法

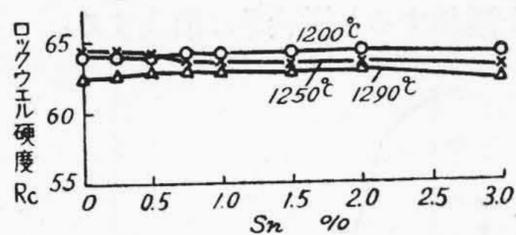
試料は前述⁽¹⁾と同様タンマン電気爐にて熔製した。配合原料として Sn 及び Sb は鐵と 50% の鐵合金を造り、これを合金した。Ti は 28.5% のフェロチタニウムを用いて添加した。切削工具の双形及び切削試験法は従前⁽¹⁾と同様である。被切削材料は C 0.36%, Si 0.68%, Mn 0.40%, Cr 0.85% の Ni-Cr 鋼の焼入焼戻したものでブリネル硬度 350 のものを用いた。

* 日立製作所安來工場冶金研究所

[III] 研究の結果

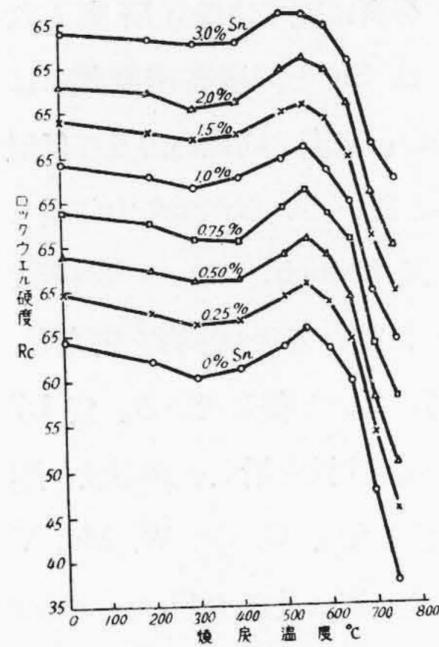
(1) 錫の影響

高速度鋼に及ぼす Sn の影響に就ては餘り研究がなく Gill, Frost⁽³⁾ は Sn はタングステン鑛石の中に As 及び Cu と同様に含まれるから高速度鋼にも Sn は多少含有され得ると説いている。又 French, Digges⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾ は W 12.75%, V 1.99%, Cr 3.6% の高速度鋼に及ぼす Sn 0.15~1.85%, Sb 0.41~1.72%, As 0.09~0.78% 及び Cu 0.36~1.77% の影響を調査しているが、Sn は約 0.5% まで大した影響がない。又 1.8% の Sn を含むと高温脆性が著しくなり、火造り及び壓延が出来なくなると報じている。然し Sn の添加による硬度及び耐久力との関係、焼戻硬度に及ぼす Sn の影響については明かにされていない。それ故著者は C 0.70, Cr 4.0, W 10, Mo 1, V 1.5% の高速度鋼に及ぼす Sn 0~3% の影響を調べた。先づ 1200°, 1250° 及び 1290°C の各温度に 1 分保持 (浸漬時間を 2 分) 油中焼入し、3 種の焼入温度に於ける Sn 量と硬度との関係を求めた。その結果を第 1 圖に示す。焼入硬度は Sn の添加によつて餘



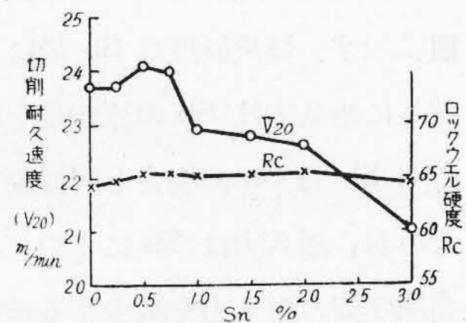
第 1 圖 錫の添加量と焼入硬度
Fig. 1 Content of Sn and Quenching Hardness.

り變りない、而して Sn 約 0.5% までは焼入温度 1250°C の時硬度最も高いが 0.5% 以上は焼入温度を上昇する程硬度を減少する。次に各焼入試料の焼戻温度と硬度との関係を調べたが、1250°C の場合の結果を第 2 圖に示す。但し各曲線は 5 目盛宛ずらして圖示した。焼戻による最高硬度は Sn 約 0.75% までは稍増加するも 1% 以上は殆んど變りない。而しい最高硬度を示す焼戻温度は大差ない。尙 Sn を増す程焼戻硬化度は僅かに増大する。次に 1270°C から油中焼入した各試料の 600°C の温度に於ける焼戻時間の影響を調べた結果焼戻軟化に對



第 2 圖 1250°C より焼入せる錫を添加した高速度鋼の焼戻温度と硬度との関係
Fig. 2 Relation between Tempering Temperature of Quenched High speed steel containing Sn and Hardness.

する抵抗は Sn 約 0.75% までは Sn 量と共に増すもそれ以上は餘り變りない。次にバイトを 1290°C に 1 分保持 (浸漬時間を 3 分) 油中焼入し、550°C に 2 回繰返焼戻し試験に供した。硬度及び耐久力との関係を第 3 圖に示す。硬度は Sn 約 0.5% 以上は殆んど變りない。耐久力は Sn 0.75% までは殆んど變りないが 1.0% 以上は急激に減少する。殊に 2% 以上は著しい、即ち Sn は高速度鋼の硬度には大した變化を與えないが、耐久力は著しく影響される。この點からも硬度と耐久力とは必ずしも一致するものでないことが確認される。その理由としては Sn は恐らく地質に少量溶解するも、その添加量を増加すると結晶粒界に現はれ、硬度には餘り影響がないが、鋼質を脆くするため耐久力を減少するものと考へられる。顯微鏡組織に於ては Sn 量を増す程針狀マルテンサイトは粗大化する。尙 Sn 2% 以上の場合は大洲田の結晶粒界と思はれ

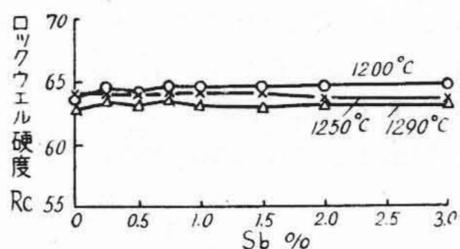


第 3 圖 錫の添加量と硬度及び耐久力の関係
Fig. 3 Relation between content of Sn, Hardness and Cutting Durability.

る所に黒く腐蝕されて見える部分が存在する。之は恐らく Sb の含有量の多い部分であらう。

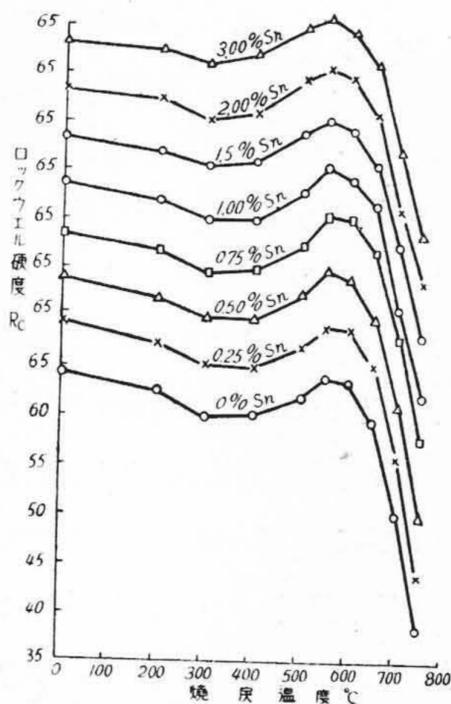
(2) アンチモンの影響

高速度鋼に及ぼす Sb の影響に就ては餘り研究がなく、前述の Gill, Frost⁽³⁾ は Sn と同様高速度鋼には少量の Sb は含まれると云い、砒素と同様高温及び低温脆性を引き起し有害であると説いているが耐久力に関しては明かにされていない。又 French, Digges⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾ は前述の如く Sn と同様 Sb に就いてその影響を研究し、約 0.4% までは大した影響がないと報じている。尙 1.7% 以上を含むときは著しく高温脆性を増し、製造及び壓延は困難である。著者は前述の如く C, Cr, W, Mo, V 略一定の低タングステン高速度鋼に及ぼす Sb 0~3% の影響を調べた。先づ 3 種の焼入温度に於ける Sb 量と硬度との関係を第 4 圖に示す。焼入硬度は Sb の添加によ



第 4 圖 アンチモンの添加量と焼入硬度
Fig. 4 Content of Sb and Quenching Hardness.

つて殆んど變りない。又焼入温度を上昇する程硬度は減少する。次に 1250°C の場合の焼戻温度と硬度との関係を第 5 圖に示す。焼戻による最高硬度は Sb の添加量によつて殆んど大差ない。次に 1270°C 焼入試料の 600°C に於ける焼戻時間の影響を調べたが、焼戻軟化の抵抗は Sb 約 1% までは殆んど大差なきも 1.0% 以上はかえつて減少することを知る。次にバイトの硬度と耐久力との関係を第 6 圖に示す。焼戻硬度は Sb 量によつて殆んど變りない。然るに耐久力は Sb の添加量を増す程急激に減少する。即ち Sb は Sn の場合と同様硬度には殆んど變化を與えないが、耐久力は Sb によつて著しく減少する。Sb の高速度鋼の耐久力を減少する理由については次の如く考えられる。Sb はその一部は地質に溶解し、一部は結晶粒界に含まれる。而して Sb を増す程顯微鏡組織から明かにマルテン組織は粗大となり、炭化物粒子も稍粗になる。それ故硬度には殆んど變りないが、Sb を増す程著しく脆くなることが想像される。従つて耐久力を著しく減少するものと考えるのである。



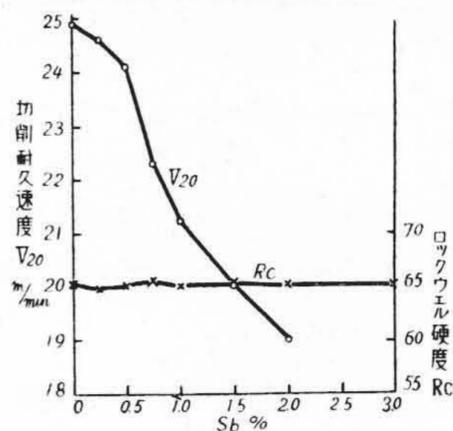
第 5 圖 1250 °C より焼入せるアンチモンを添加した高速度鋼の焼戻温度と硬度との關係

Fig. 5 Relation between Tempering Temperature of Quenched Highspeed steel containing Sb and Hardness.

(3) チタニウムの影響

高速度鋼に対する Ti の影響については殆んど研究がなく Gregg⁽⁷⁾ はその著書で Ti は大洲田の溶解能力を低める元素に見える。その結果として硬度や耐久力を減少する。然し炭素量を増す事によつて回復出来るであらうと述べているのみで、従つてその硬度や耐久力に對しては何等確實な結果を示していない。尙一

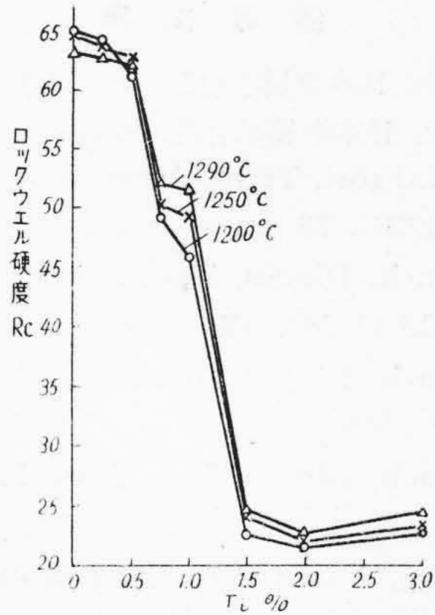
般に Ti は鋼の結晶粒の成長温度を高め。且樹狀晶の除去に著しい効果を示すと共に Comstock⁽⁸⁾ によると約 0.15% 以上添加すると樹狀晶は消失する。



第 6 圖 アンチモンの添加量と硬度及び耐久力の關係

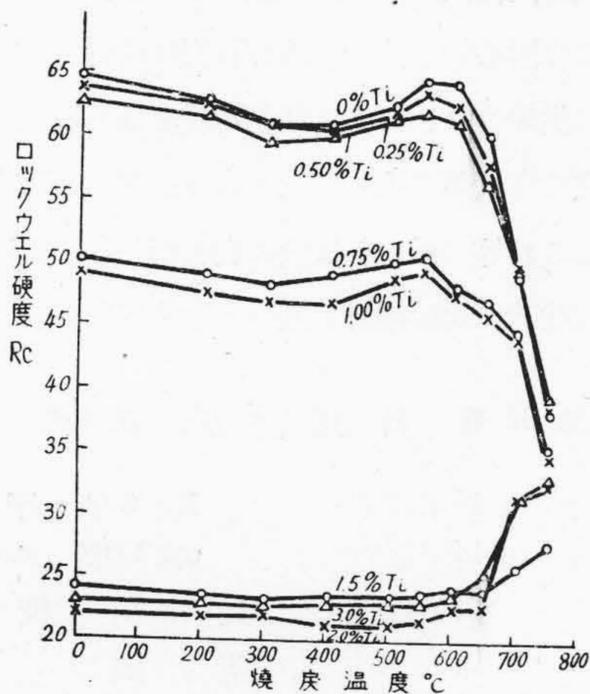
Fig. 6 Relation between content of Sb, Hardness and cutting Durability.

著者は前述と同様の低タングステン高速度鋼に及ぼす Ti 0~3% の影響を調べた。第 7 圖は 3 種の焼入温度に於ける Ti 量と硬度との關係を示す。焼入硬度は始め Ti の添加によつて徐々に減少するも 0.75% 以上は急激に減少する。殊に 1.5% 以上は硬度が著しく低く、殆んど



第7圖 チタニウムの添加量と焼入硬度
Fig. 7 Content of Ti and Quenching Hardness.

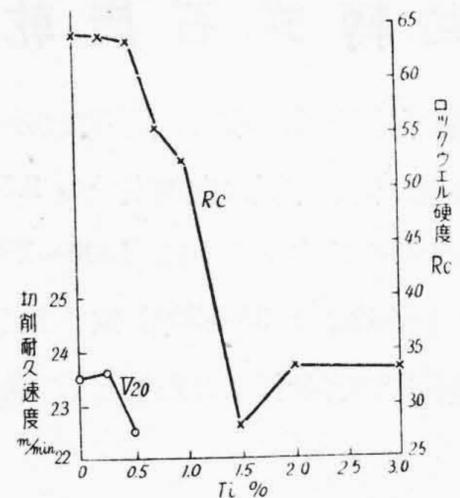
焼入効果を示さない。之は焼入状態で α 晶を呈し、炭化物を一部固溶したものと考えられる。又 Ti 0.75%以上は Ti 量低い場合と稍趣を異にし焼入温度を上昇する程硬度を増大する。これは或る程度 Ti 量の多い場合には焼入温度を上昇する程地質に溶解する Ti の量や炭素及び他の合金元素の量を増し硬度を増大するものである。次に 1250°C 焼入試料の焼戻温度と硬度との関係を第8



第8圖 1250°C より焼入せるチタニウムを添加した高速度鋼の焼戻温度と硬度との関係
Fig. 8 Relation between Tempering Temperature of Quenched High speed steel containing Ti and Hardness.

圖に示す。焼戻による最高硬度は Ti 量を増す程減少し、0.75% 以上は急激に低下する、而して焼戻硬度曲線は Ti 量によつて3種の型式に分類される、即ち Ti 0~

0.5% の範囲に於ては普通の焼戻曲線を示す。Ti 0.75~1.0% の範囲に於ては焼入状態で大洲田と複炭化物を溶解した α 晶より成り高速度鋼の定性的状態圖⁽⁹⁾の($r+\alpha+\eta$)界域に属するもので従つて焼入硬度も低く焼戻による最高硬度も低いが尚 550°C 附近に於て二次硬度の現象が僅かに見られるのである。更に Ti 1.5% 以上に於ては所謂析出硬化型合金⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾の焼戻曲線を呈する。従つてその説明も同様になされる。かゝる Ti の含有量の多いものは恰も高速度鋼の炭素量を低めた場合と同様の様相を示すものである。従つて Ti 含有量の多い場合には炭素量を高くし、地質の炭素量の濃度を増し、焼入温度に於て大洲田を呈する様しなければ焼入効果は得られない。次に各焼入試料の 600°C に於ける焼戻軟化の抵抗は Ti 0.5% までは殆んど變りない。尚 Ti 0.75~1.0% に於ては焼戻時間によつて硬度は餘り大差ない。第9圖はバイトの硬度と耐久力との關係を示す。硬度は Ti



第9圖 チタニウムの添加量と硬度及び耐久力との關係

Fig. 9 Relation between Content of Ti, Hardness and cutting Durability.

約 0.5% までは餘り變りないが 0.75% 以上は急激に減少する。従つて耐久力は 0.75% 以上は硬度低く求め得なかつた。耐久力は 0.25% までは殆んど變りないが、0.5% 以上は急激に減少する。

[IV] 結 言

上述の研究結果を要約すると次の通りである。

(1) W 約 10% を含む低 W 高速度鋼に對し Sn, Sb 及び Ti の各元素共單獨に約 3% まで添加し、熱處

理による硬度の變化、切削耐久力及び顯微鏡組織を觀測した。

(2) Sn 約 0.75% までは切削耐久力は大差ないが、1% 以上は急激に減少する。而して硬度と耐久力とは必ずしも比例しない。

(3) Sb の含有量を増す程切削耐久力は急激に減少し極めて有害である。

(4) Ti 0.75% 以上は焼入硬度を著しく減少する。Ti の含有量によつて 3 種の焼戻硬度曲線が得られる。切削耐久力は Ti 約 0.25% までは殆んど大差なきも 0.5% 以上は急激に減少する。殊に 0.75% 以上は硬度著しく低く、切削に堪え得ない。

終りに臨み御懇篤なる御指導を賜りたる菊田博士に深甚なる感謝の意を表する。

参 考 文 獻

- (1) 小柴, 日本金屬學會誌, 9 (1944), 17
- (2) 小柴, 日本金屬學會誌, 9 (1944), 18
- (3) Gill, Frost, Trans. Amer. Soc. Steel Treat., 9 (1926), 75
- (4) French, Digges, Trans. Amer. Soc. Steel Treat., 13 (1928), 919
- (5) French, Digges, Bur. Stand. J. Research, 3, (1929), 829
- (6) French, Digges, Iron Age, 124 (1929), 1704
- (7) Gregg, Alloys of Iron & Tungsten, (1934)
- (8) Comstock, Heat Treating & Forging, 26 (1940), 33
- (9) 成田, 工具材料
- (10) Köster, Tonn, Arch. Eisenhütt., 5 (1931) 431
- (11) Sykes, Metal Progress, 32 (1933), 29

(第 21 頁よりつづく)

回 轉 式 石 炭 乾 燥 機

小 玉 美 芳

が廣い床面積を必要とする事と、設備費が比較的嵩む憾がある。乾燥用に使う石炭は處理炭量の 2.5~3.0% 程度で 1 kg の水分を除去するのに 1200~1500 Kcal の熱量を必要とし熱効率 35~50% 位であるが、石炭水分に依る燃焼装置の容量低下の對策として適切な方法の一つである。

以上述べた装置は回轉胴體が爐の中に入つて回轉し最

初外側から間接に加熱し次で石炭に接觸する方式であるが、半間接回轉式でも胴體が爐と全然別個に設けられ、胴體內には同心的に内管を入れ石炭は内管と胴體の間の環狀部に供給され、ガスは最初内管を通り石炭を間接に加熱し次で環狀部に入り石炭と直接接觸する方式のものがある。これ等二種の乾燥機の利害得失は稿を改めて理論的、實驗的に比較検討し度いと考へて居る。

— 編 集 後 記 —

月刊誌に戻つたばかりで、前號といふ、本號も發行豫定日より遅れ、皆様に申譯ないと存じています。何分第 2 號「電源開發特集號」が普通の倍大號(100 頁)、引續いて第 5 號には終戦後初めての「總まくり號、一“最近に於ける日立技術の成果”を特集増大號として 350 頁に及ぶ大物と取組んで、編集部はもとより、印刷關係者も本當に嬉しい悲鳴をあげている次第です、どうか不惡御諒承願いたい。必ず第 6 號以降は毎月その月の下旬には配本出来る豫定。

尙本號も 60 頁近い、内容豊富な論文揃いで、久しぶりに日研、中研からも貴重な論文を併載出来ました。

(寺澤生)

第 32 卷 日 立 評 論 第 4 號

昭和 25 年 5 月 10 日印刷 1回 30圓 千 6 圓
 昭和 25 年 5 月 15 日發行 誌代 6回 200圓 (送料共)
 編集兼發行人 長谷川 俊 雄
 印刷人 花 崎 實
 印刷所 大東印刷株式會社

禁 無 斷 轉 載

發 行 所 日 立 評 論 社

東京都品川區大井坂下町 2717
 振替口座東京 71824 番
 電話大森(C6) 111-10 番
 3131-10 番
 會員番號 A 208062 番

廣告取扱店 東京都港區南佐久間町 1の26 廣 和 堂