

録したものであるが、實驗結果からは酸素の白點發生に對する役割は大したものでは無いといふ結果が得られた。併し實驗の不備不完全より十分な検討が行ひ得なかつた事は誠に残念であり更に實驗方法の改良によ

り訂正さるべき點もあると思ふが現在の結果を取纏めて報告する次第である。

(昭. 21. 12 月寄稿)

熱間工具鋼の研究(I)

(熱間工具鋼(DC)に於ける炭素の影響に就て)

(昭和22年10月秋季講演大會講演)

小柴定雄* 永島祐雄*

STUDY ON THE TOOL STEEL FOR HOT WORKING (I)

Sadao Koshiba & Sukeo Nagashima

Synopsis:—

Tool steel for hot work such as drawing of copper, brass and aluminium pipes or angles, i. e., "DC" hitherto made in Yasugi Works of Hitachi, Ltd. are composed from 0.2~0.3% C, 2~2.5% Cr, 9~11% W, 0.3~0.5% V. A series of experiments has been carried out to study the effect of carbon on this steel, i. e. transformation point, hardness and impact value in room temperature and high temperature, changes of hardness due to repeated heating and cooling, microstructure of sample steel subjected to different heat treatments were measured.

As the results of this experiments, self hardening property, quenching and tempering hardness, and hot hardness increases as the carbon, but impact value in the temperature between 20~750°C decreases.

I. 緒言

以前当社で造つてゐた熱間工具鋼 DC は C 0.2~0.3%, Cr 2~2.5%, W 9~11%, V 0.3~0.5% の高 W~Cr-V 鋼にして熱間に於ける機械的性質特に硬度及び耐摩耗性大なる爲銅、眞鍮、アルミニウム合金等の壓搾引出加工業に最も適してゐるものである。而してこの鋼種の熱処理による諸性質の變化に就ては既に菊田博士¹⁾及び著者等²⁾の詳細な研究がある。即ち著者等は先に當所考案の熱間硬度計を用ひ、その高温に於ける硬度を測定し、熱間に於ける衝撃値と関連し、この鋼種の熱間工具鋼としての優秀なる性質を具有することを確めた。尙歐米諸國に於てもこれに類した熱間工具鋼を實地使用してゐる^{3,4,5,6)}。然し乍らこの種鋼種の各元素個々の影響に就ては未だ何等研究の發表を見ない。しかもこの鋼種の適当な組成に就ては何等明らかでない。それ故著者等は數年前基礎的研究として前述と同様の方法により DC 鋼の各元素個々の影響を究明し、又 Mn 及び Co の効果をも確め、最も適当な組

を明らかにした。

本報告は先づその炭素の影響に就ての結果である。

II. 試料

本研究の試料は 35 KVA 高周波誘導電氣爐により

第 1 表

試料		C	Cr	W	V
分類	符號				
A	D 1	0.19	2.45	9.87	0.28
	2	0.25	2.41	9.84	0.31
	3	0.30	2.50	9.96	0.30
	4	0.35	2.49	9.49	0.30
	5	0.39	2.55	9.28	0.28
	6	0.46	2.55	9.32	0.33
B	D 7	0.21	2.43	9.89	0.37
	8	0.30	2.51	9.87	0.37
C	D 9	0.34	2.52	11.77	0.39
	10	0.39	2.51	11.59	0.40
	11	0.46	2.51	11.55	0.35

* 日立製作所安來工場

成4Kg鋼塊を造り、これを蒸汽鍋にて15mm角棒に鍛伸し、850°Cに焼鈍した。試料の化学成分は第1表に示す如く先づCr 2.5%, W 10%, V 0.3%を標準成分としてCを約0.2~0.5%の範囲に變化した。次にCr 2.5%, W 10%, V 0.4%に於てCを約0.2%と0.3%とし、又Cr 2.5%, W 12%, V 0.4%に對してCを0.3~0.5%に變化した。

III. 變態點の生起狀況

種々の熱處理による諸性質の變化を知る前に先づその變態生起の狀況を確めてみる必要がある。それ故前述²⁾と同様本多式熱膨脹計を用ひ各試料の爐中及び空中冷却による變態の生起狀況を測定した。その結果を第2表に示した。但し最高加熱溫度を950°Cとし同溫度に30分保持した。

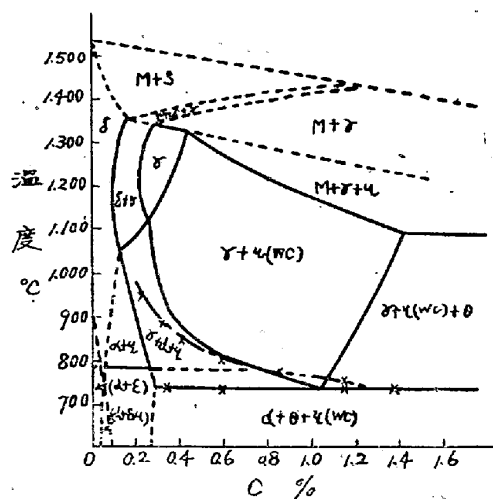
第2表

試料	加熱變態		冷 却		變 態	
			爐冷(5°C/min)		空 冷	
	開始	終了	開始	終了	開始	終了
D 1	900	930	840	815	765	—
2	840	880	825	760	720	—
3	835	875	800	720	325	250
4	825	866	770	700	315	215
5	810	855	755	685	295	210
6	810	840	735	680	220	150
7	880	920	850	810	765	—
8	830	880	815	760	(665)235	220
9	835	865	315	725	310	215
10	828	862	775	700	295	205
11	825	860	755	705	225	160

加熱變態の開始及び終了溫度はC含有量を増す程低い方に移動する。又爐中冷却の場合冷却變態も同様C量を増加する程著しく降下しC量約0.3%以上は330°~200°C附近にAr''點を生起し焼きが入ることが判る。しかもこのAr''點はC量を増す程降下する。従つてC量を増す程焼入溫度を低め且その冷却速度を或る程度小にしても充分焼入効果が得られる。換言すればC量を増す程著しく自硬性を増大することが首肯される。これが理由はC量を増すに従ひWを主體とした複炭化物⁷⁾(恐らくCr及びVを固溶したものと考へられる)を増し且大洲田中にもより多く固溶し、従つてその大洲田を安定ならしめ冷却の際の變態を遅延せしめる爲である。

尙この種Fe-C-W-Cr-V鋼の平衡狀態圖は未だ明らかでないが、W量比較的多い爲假にFe-C-W系とし武田博士⁹⁾のW10%の場合のFe-C-W系の切斷狀

第1圖 W10%のFe-W-C系切斷狀態圖



態圖を示すと第1圖の如くである。この圖より明らかにC 0.25%附近に於ては1000°Cに於てγ+α+ηとなり、0.3%以上はγ+ηとなり後述する如く焼入によつて大洲田はγ→αの變化により麻留田となり著しく硬度を増大することが知られる。

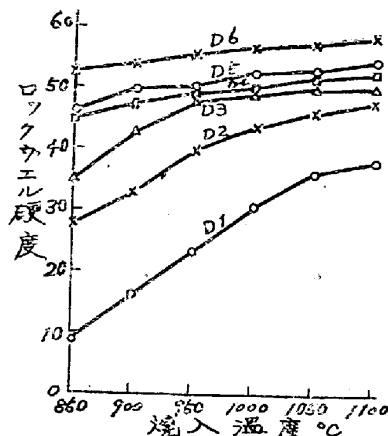
IV 熱處理による硬度の變化

(1) 焼入硬度に及ぼす最高加熱溫度の影響

各試料は前述の如く試験に供する前に充分焼鈍した。試料の大きさは15×15×10mmである。

先づ各試料を850°~1100°Cの最高加熱溫度から油中に焼入し、焼入硬度に及ぼすCの影響を調べた。その結果を示したのが第2圖及第3圖である。但し焼入溫度に保持する時間は30分とした。各試料共最高

第2圖 焼入溫度と硬度との關係 (試料D1~D6)

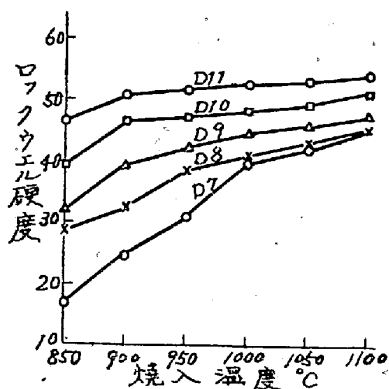


下し自硬性を増す爲である。

尙C量を増加する程前述の如く複炭化物固溶體を増加し、且地質にも溶解し焼入によつて多量の麻留田を生ずる爲硬度を高めるのである。尙又W10%の場合よりW12%の場合の方各炭素量共焼入硬度が低く又V量高い程焼入硬度を減少することが窺はれる。

加熱溫度を上昇する程焼入硬度を増大する。而してC量を増す程最高加熱溫度による硬度増加の割合は少い。これは前に述べた熱膨脹曲線より明らかにC量を増す程冷却の際の變態點を降

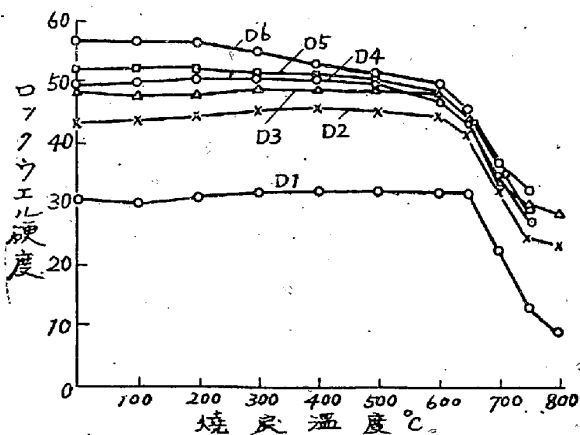
第3圖 焼入温度と硬度との関係
(試料 D7~D11)



(2) 焼戻温度と硬度との関係

次に焼戻硬度に及ぼすCの影響を見る爲900°, 1000°, 及び1100°Cから焼入した各試料の焼戻温度と硬度との関係を調べた。1000°の場合の一例を第4圖に示した。C約0.2%の場合には650°Cまでは硬度の減少殆んどなく寧ろ僅か上昇する傾向を示すのである。

第4圖 D1~D6 試料の焼戻温度と硬度との関係 (焼入温度: 1000°C)



700°C以上は急激に減少し軟化する。而してC量を増す程焼戻による硬度の減少を開始する温度は稍低い方に移動する。殊に焼入温度低い程著しい。尙各C量共焼入温度1000°C以上は650°C附近まではその硬度の減少は少い。換言すればC量低い程且焼入温度を上昇する程焼戻軟化に対する抵抗を増大する。之は前述の如く焼入温度を上昇する程復炭化物固溶體を地質により多く固溶しその安定度を増し、焼戻に対する軟化を困難ならしめる爲である。然し600°C以上の高温の焼戻に於ても硬度の値はC量を増す程大である。これが理由は前に述べた通りである。

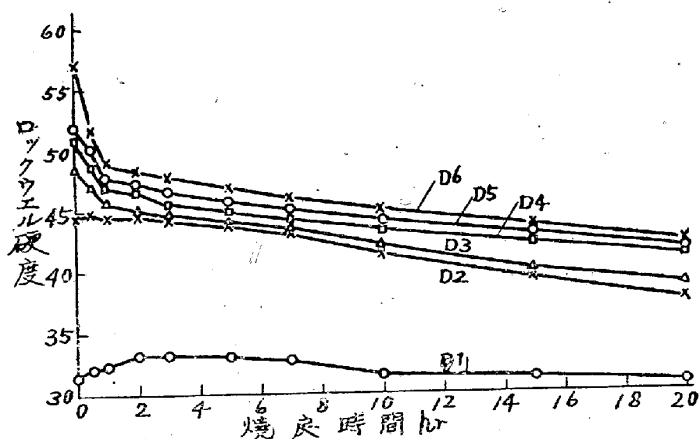
(3) 焼戻時間の影響

C含有量の反覆加熱及び冷却による硬度の變化に及

これに就ては追つて後報に述べる考へである。

次に各試料の1000°Cから油中焼入した場合の顯微鏡組織を觀測した。何れも微細な複炭化物粒子と麻留田(一部吐粒洲を含むものもある)とより成る。

第5圖 D1~D6 試料の焼戻時間と硬度との関係



ぼす影響を見る爲各試料を1000°Cより油中焼入し之を600°C及び700°Cの温度に反覆加熱し、その硬度の變化を調べた。600°Cの場合を第5圖に示した。

C0.2%の時初め反覆加熱時間を増す程硬度を増大し7時間以後は徐々に減少する。而してC量を増す程前述の如く焼入硬度は高いが、焼戻加熱による硬度の減少は稍著しい。又加熱温度700°Cの場合には孰れも最初30分~60分で急激に硬度を減少する。殊にC量を増す程著しい。尙C量を増す程結局の硬度の高いことは前述の通りである。

V 高温硬度試験

前報告²⁾と同様の方法によりC量異なる各試料の高温硬度を測定し熱間に於ける性能を確めた。

(1) 試験温度と熱間硬度

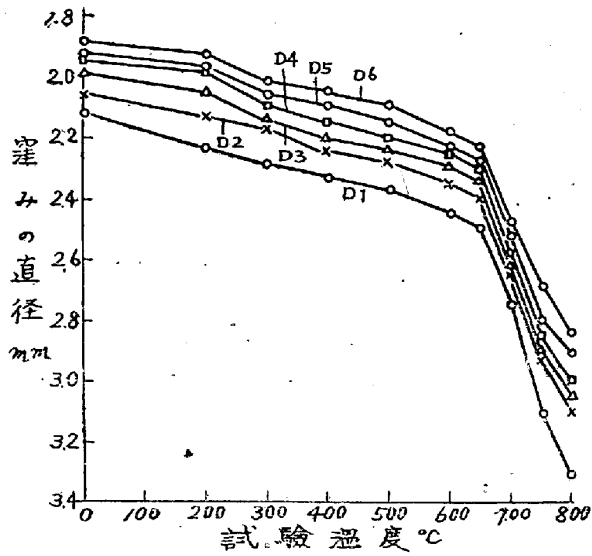
1000°Cから油中焼入し、650°Cに焼戻した各試料を200°C~800°Cの試験温度に30分保持し、熱間硬度を測定した。第6圖はその一例を示す。各試料の熱処理硬度を第3表に示した。

第3表

試料	焼入	焼戻	硬度
D	1		30.5
	2		38.5
	3		39.8
	4		41.5
	5		42.0
	6		43.3
D	7		32.8
	8		39.0
D	9		41.5
	10		43.0
	11		44.6

圖より明らかに各試料共650°Cまでは比較的徐々に熱間硬度を減少するも700°C以上は急激に減少し軟化することが首肯される。而して各試験温度共C量

第6圖 D1~D6 試料の試験温度と熱間硬度との関係



を増す程熱間硬度を増大する。

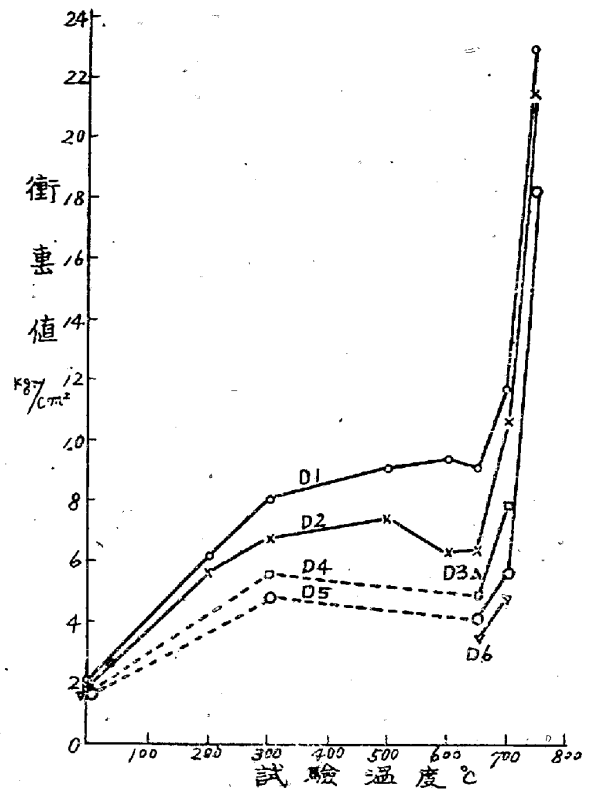
(2) 熱間硬度に及ぼす焼入及び焼戻温度の影響

次に各試料の焼入及び焼戻温度の熱間硬度に及ぼす影響を見る爲先づ焼入温度を 900°, 1000° 及び 1100°C の 3 種とし、焼戻温度を 650°C に一定とした場合の熱間硬度の變化及び焼入温度を 1000°C に一定とし、焼戻温度を 300°, 650°C 及び 700°C の 3 種に變化した場合を實驗した。各試料共焼入温度を上昇する程熱間硬度を増大する。之は前にも述べた如く²⁾ 焼入温度を上昇する程地質に溶解する複炭化物を増大し焼入によつて生ずる麻留田を安定ならしめる爲である。又 C 量を増す程前述の如く各焼入温度共熱間硬度を増大する。而して C 0.35% 以上はその増加の割合は稍緩慢である。次に焼戻温度の影響を見るに 300°C の場合最も高く 650°C に於ては僅か減少し、700°C 以上は前述の通り著しく減少し軟化する。この場合も同様 C 量を増す程熱間硬度も増大する。これらの結果より熱間工具としては焼入温度を比較的高目にし、その焼戻温度はその工具の使用温度によつて異なるも約 300°~650°C に焼戻することが望ましい。此の際その常温に於ける硬度及び熱間に於ける硬度は餘り變りない。

VI 高温衝撃試験

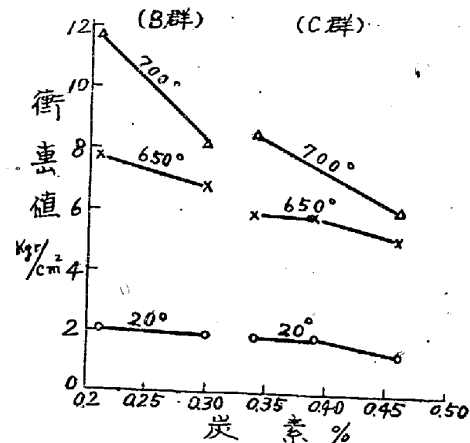
次に高温に於ける靱性を見る爲各試料を 1000°C から油中焼入後 650°C に焼戻し前述と同様²⁾ シヤルピー衝撃試験機により高温に於ける衝撃試験を行つた。その測定結果を示したのが第 7 圖である。但し各測定値は 2 本の試料の平均値を示した。

第7圖 D1~D6 試料の試験温度と衝撃値との関係



試験温度に対する衝撃値の關係は前述²⁾ と略同様の傾向を示し、而して C 量を増す程 200°C 以上の高温に於ける衝撃値を減少し、即ち靱性を低下することが首肯される。尙各 C 量共 650°C 以上は急激に靱性を増大する。尙常温に於ける衝撃値は C 量によつて餘り變りなく、僅かに減少する。而して試験温度を上昇するに従ひ、C 量を増すと靱性を著しく低下することが見られる。即ち C 量低い程高温に於ての複炭化物の析出が少く、硬度は低いが靱性を保持するものと考へられる。

第8圖 高温衝撃値に及ぼす炭素の影響(D7~D11)



尙第 8 圖は B 類及び C 類の試料群に於ける C 量と常温、650°C 及び 700°C の 3 種の温度に對する衝

撃値との関係を示したものである。

前述と同様 C 量を増す程軟れも衝撃値を減少することが判る。特に 650°C 及び 700°C の場合著しい。

これらの結果と前述の高温硬度との関係を総合してみるに 650°C 以上温度を上昇すると熱間硬度は稍著しく減少し、衝撃値は逆に著しく増大することが知られる。

VII 結 論

上述の研究結果を要約すると次の通りである。

(1) Cr 2.5%, W10~12%, V0.3~0.4% の熱間工具鋼 CD に及ぼす C0.2~0.5% の影響を研究した。

(2) C 量を増す程加熱変態の開始及び終了温度を低下し、冷却変態も亦 C 量を増す程低下する。而して空冷の場合には C0.3% 以上は 330°~200°C 附近に Ar'' 点を生起し、自硬性を有することを示す。

(3) C 量異なる各試料の 850°C~1100°C の 6 種類の最高加熱温度による焼入硬度を測定し、又焼戻による硬度の変化をも求め C の挙動を明らかにした。

(4) 1000°C から油中焼入した各試料の 600° 及び 700°C の温度に反覆加熱及び冷却による硬度の変化を調べ焼戻軟化に対する C の影響を確かめた。

(5) 焼入焼戻試料の 200°~800°C に於ける高温硬

度を測定し、650°C までは高温硬度の減少は比較的少く、700°C 以上は急激に軟化することを明らかにした。又 C 量を増す程高温硬度も高い、尚焼入及焼戻温度の高温硬度に及ぼす影響をも調べた。

(6) C 含有量の高温衝撃値に及ぼす影響を實驗し、高温硬度との関係を明らかにした。

終りに臨み本研究を遂行するに當り終始懇篤なる御指導を賜りたる菊田博士に深甚なる敬意と感謝の意を表する。

(昭. 23. 8 月寄稿)

参 考 文 献

- (1) 菊田, 日評 23 (昭 15), 501, 543
- (2) 小柴, 永島, 日評 27 (昭 19), 215
- (3) A. Portevin, Metal Progress, 28 (1935)
- (4) J. P. Gill, M. A. Frost, Trans, Amer, Soc, Steel Treat., 9 (1926), 75
- (5) J. P. Gill, Metal Progress, 36 (1939), 440
- (6) Kinzel, Crafts, The Alloy of Iron & Chromium (1937)
- (7) 小柴, 安來研報, 178 (昭 18-2)
- (8) Gregg, The Alloy of Iron & Tungsten. (1934), 287
- (9) 武田, 金屬の研究, 6 (1929), 509

製鐵技術總覽

昭和 16 年 7 月 創刊

月刊 A 5 判 約 48 頁

定 價 一ヶ月 ¥ 50.-

(創刊號ヨリ在庫アリ)

内 容

内外鐵鋼業並附帶工業關係技術文献

抄録及特輯記事

特に最近の海外文献の抄録多數掲載

— 發 行 所 —

日本製鐵株式會社技術部

東京都千代田區丸ノ内 2 の 2 (丸ビル 2 階)

電話丸ノ内 (23) 1341-1349

振替口座東京 43098 番