

第1報を終るに當り、學振第24小委員會の御援助に依つて研究が進められたこと、三島委員長の御懇篤なる御指導に感謝する次第である。更に橋本健次、濱野仲太郎、内野久直君等の勞を謝す。

文 献

1) 蓮沼宏: 科學測器 第4卷第3, 4號

- 2) 「鑄物」に發表豫定.
- 3) G. K. Eggleston: Fundamental Considerations in Non-Ferrous Sand Control.
- 4) 大野道雄: 鑄物砂
- 5) 前川靜彌: 鐵と鋼 第34年第12號

## 熱間工具鋼の研究 (VI)

熱間工具鋼 (DC) に及ぼすマンガンの影響に就て

小柴定雄\*・永島祐雄\*

### STUDY ON THE TOOL STEEL FOR HOT WORKING (VI)

Sadao Koshita & Sukeo Nagashima

Synopsis:—

The authors carried out the experiment of effect of manganese on the tool steel for hot working by the same method as previous reports.<sup>1)2)3)4)5)</sup>

As the results of this investigation, it has been ascertained that the manganese gives little effect, and then decrease the resistance for oxidation in high temperature.

#### (I) 緒 言

先きに著者等は熱間工具鋼 (DC) に於ける C, Cr, W, V及びCoの各元素個々の影響に就て研究<sup>1)2)3)4)5)</sup>をなし、適當な組成を明かにした。ところでMnは元來鋼の變態點を降下し、焼入硬化能を増すも熱間工具鋼に對する効果に就ては未だ何等の研究の發表も見ない。それ故著者等はC0.25~0.50%, Cr3.0%, V0.3%のC及びW量異なる數群の熱間工具鋼に及ぼすMn0.5~3.5%の影響を研究した。試料の調製及び實驗方法は前述<sup>1)</sup>と全く同様である。尙Mnの添加は金屬Mnを以つてなした。

#### (II) 試 料

本研究に供した試料の化學成分は第1表に示した。A類の試料群はC0.27%, Cr3.0%, V0.3%に對しMn0.7~3.0%に變化し、B類の試料群はC0.37%, Cr3.0%, W10%, V0.3%に對しMn1.0~3.0%に、C類の試料群はC0.44%, Cr3.0%, W10%, V0.3%に對しMn1.5~3.0%に、又D類の試料群はC0.50%, Cr3.0%, W10%, V0.3%に對しMn2.5~3.5%に變化

第 1 表

試 料		C	Cr	W	V	Mn
分類	符號					
A	D40	0.28	3.04	7.23	0.39	0.75
	41	0.28	2.94	10.01	0.36	1.04
	42	0.26	3.32	10.04	0.33	3.16
B	D43	0.36	3.13	9.80	0.34	1.14
	44	0.38	3.13	9.87	0.33	2.32
	45	0.37	3.26	9.79	0.39	2.58
C	D46	0.44	3.01	9.79	0.39	1.58
	47	0.43	3.16	9.68	0.29	3.00
D	D48	0.52	3.32	10.04	0.37	2.84
	49	0.49	3.50	11.16	0.39	3.35
E	D50	0.39	3.26	11.70	0.33	1.49
	51	0.38	3.30	11.67	0.31	1.70
	52	0.40	3.51	10.54	0.32	2.17
	53	0.40	3.17	11.29	0.36	2.86

した試料を調製した。尙又C0.40%, Cr3.0%, W12%, V0.3%に對してMn1.5~3.0%のE類の試料をも調製し高タングステン含有熱間工具鋼に及ぼすMnの影響をも調べた。

\* 日立製作所安來工場

〔III〕 變態點の生起狀況

前述と同様<sup>1)</sup> 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表に示す。各C量共Mn量を増す程加熱變態の開

第2表

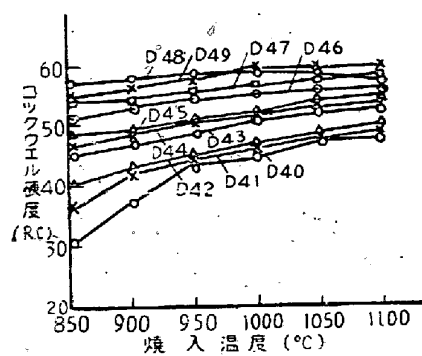
試料分類	料符號	加熱變態		冷却變態			
		開始 (°C)	終了 (°C)	爐冷 (5°C/min) 開始 (°C)	爐冷 (5°C/min) 終了 (°C)	空冷 開始 (°C)	空冷 終了 (°C)
A	D40	840	905	860	790	330	225
	41	830	880	800	715	335	235
	42	745	810	360	260	255	155
B	D43	830	870	775	710	305	200
	44	780	830	315	160	225	115
	45	765	820	315	220	215	120
C	D46	810	840	300	220	200	110
	47	755	800	225	120	10	85
D	D48	750	800	200	85	105	40
	49	750	800	230	140	150	85
E	D50	815	850	(715) 355	305	265	175
	51	820	855	(720) 330	285	245	160
	52	790	830	310	215	220	110
	53	770	820	315	225	215	125

始及び終了溫度は降下する。次に冷却變態は爐冷及び空冷共同様 Mn 量を増す程少々著しく低下する。而してC量高い程 Mn による變態の降下は著しい。即ち Mn は C と相俟つて鋼の自硬性著しく増大する。尙 W 量約 12% を含む E 試料群に於て Mn 1.5~1.7% の場合爐冷の際 700°C 附近に Ar' 變態を生起し 330~350°C 附近に Ar'' 變態を現はす。Mn 2% 以上は 310°C 附近に Ar'' 變態を現はすのみで Ar' 變態は現はれない。空冷の場合前述と同様 Ar'' 點を生起しその溫度は Mn 量を増加する程降下する。而して爐冷の場合の Ar'' 點より約 100°C 低い。

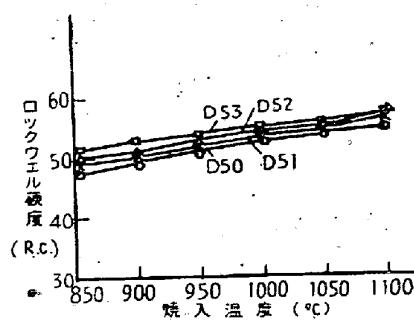
〔IV〕 熱處理による硬度の變化

(I) 焼入硬度に及ぼす最高加熱溫度の影響

前述の如く各試料は鍛伸後充分焼鈍した。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 Mn の影響を調べた。その結果を示したのが第1圖及び第2圖である。但し焼入溫度に保持する時間を 50 分とした。各試料共最高加熱溫度を上昇する



第1圖 焼入溫度と硬度との關係 (試料 D40~D49)

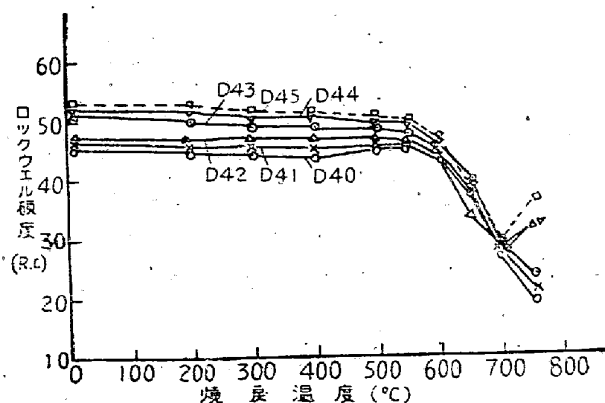


第2圖 焼入溫度と硬度との關係 (試料 D50~D53)

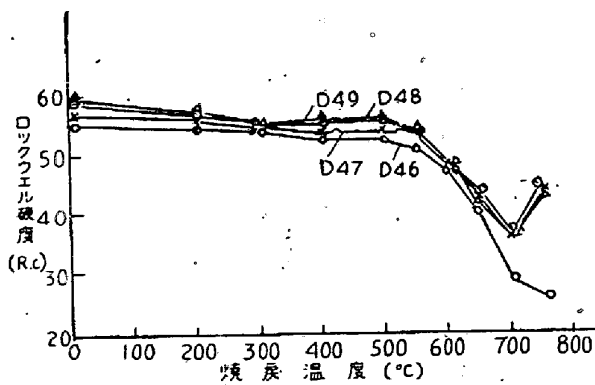
程焼入硬度を増大する。但し C 0.52% を含む試料 D48 は 1050° 以上はかへつて僅か減少する。ところで Mn 量を増す程最高加熱溫度による硬度増加の割合は少い。又前述の如く同一 Mn 量に對しては C 量を増加する程同様最高加熱溫度による硬度増加の割合は少い。これらの理由に就ては既に前に述べた通りである。又各 C 量共 Mn 量を増加する程焼入硬度を増大する。

(2) 焼戻溫度と硬度との關係

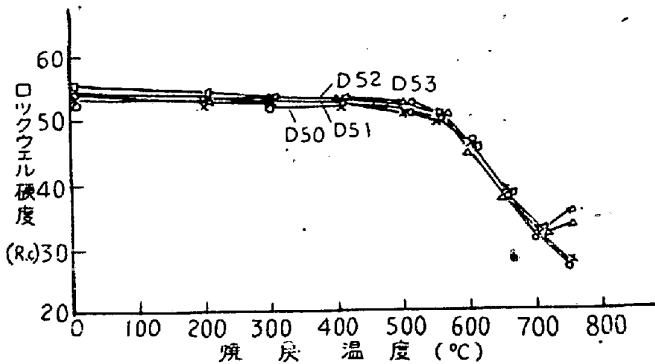
次に焼戻硬度に及ぼす Mn の影響を見るため、900°C 1000°C 及び 1100°C から焼入した各試料の焼戻溫度と硬



第3圖 D40~D45試料の焼戻溫度と硬度との關係 (焼入溫度 1000°C)



第4図 D46~D49試料の焼戻温度と硬度との関係 (焼入温度 1000°C)



第5図 D50~D53試料の焼戻温度と硬度との関係 (焼入温度 1000°C)

度との関係を調べた。1000°C の場合の結果を第3図~第5図に示した。

各曲線図を通覧するに Mn含有量を増す程概ね焼戻硬度を増大するも焼入温度 1000°C 以上に於ては 650°C 以上の焼戻による硬度は Mnによつて大差ない。而して焼入温度 900°C の場合は 550°C 以上少々急激に硬度を減少し軟化するも 1000°C の場合は 550°C までは殆んど大差なく、600°C 以上は少々著しく硬度を減少する。1100°C の場合は 550°C 附近に於て少々硬度を増大し、二次硬度を示し 600°C 附近迄は殆んど大差なく、650°C 以上は軟化する。即ち焼入温度を上昇する程軟化の温度は高温側に移動する。これは焼入温度高い程 W 及び Cr を固溶した複炭化物をより多く大洲田に固溶し常温に於て大洲田を多量に残留する爲である。而して Mn 量を増加する程 650°C 以上に於ける軟化の割合は少々著しい。尙 W 12% を含む E 類の試料群の場合各焼入温度共 Mn 量による影響は極めて僅かにして、前述と同様 600°C 以上は殆んど變りない。即ち焼戻軟化に対する抵抗は Mn によつて餘り變りない。尙 Mn 量を増す程炭化物粒子は僅かに大なる傾向を示す。

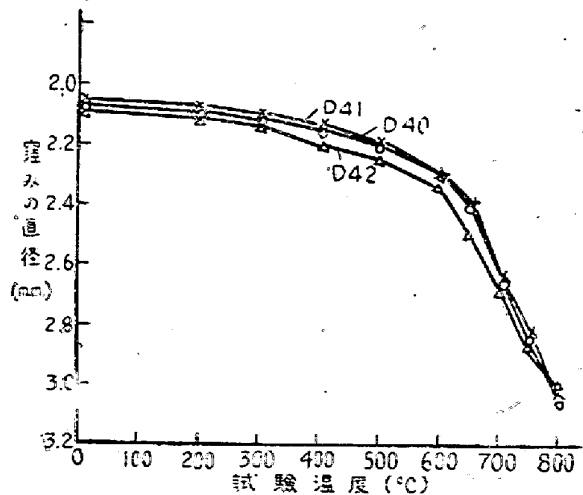
(3) 焼戻時間の影響

Mn 含有量の反覆加熱及び冷却による硬度の變化に及ぼす影響を見るため 1000°C から油中焼入し、之を 300°C 及び 600°C の温度に反覆加熱し、その硬度の變化を調べた。その結果を記述すると次の通りである。加熱温度 300°C の場合には A, B, C 及び D 類の各試料群に於て各 Mn 量共最初 30~60 分で硬度を僅か減少し、それ以上は殆んど變化ない。而して Mn 量を増す程焼入硬度も高いので焼戻硬度も大である。W12% を含む E 類の試料群に對しても略同様である。次に加熱温度 600°C の場合には前述と同様最初 30~60 分で急激に硬度を減少し、2 時間以上は少々緩慢なるも尙時間と共に硬度を減少する。而して C0.28% の場合 Mn 0.75% と 1.04% とは殆んど焼戻軟化の抵抗は變りないがそれ以上 Mn 量を増すとかへつて減少する。C0.37%, 0.44% 及び 0.50% の場合も同様 Mn 量を増加する程かへつて焼戻軟化に對する抵抗を減少する。尙 W12% の場合の E 類の試料群に對しても略同様の傾向を示す。

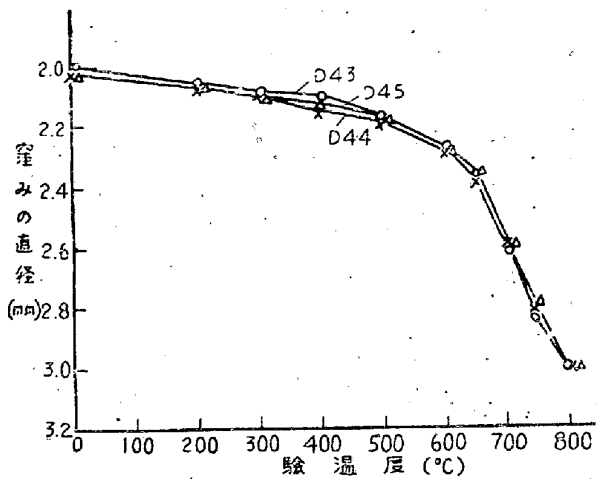
[V] 高温硬度試験

前報告<sup>1)</sup>と同様の方法により Mn 含有量異なる各試料の高温硬度を測定し高温に於ける性能を確めた。

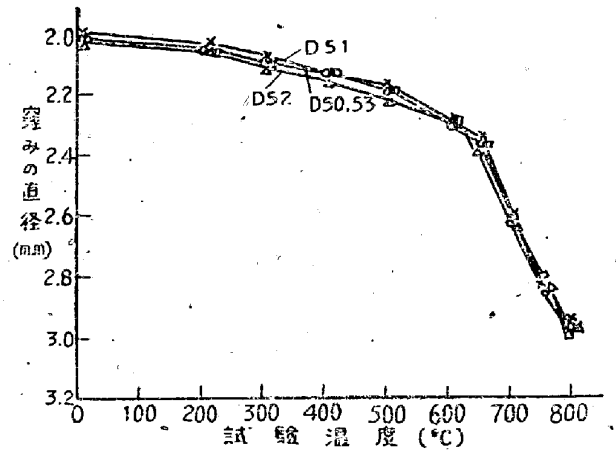
1000°C から油中焼入し、650°C に焼戻した各試料を 200°C~800°C の試験温度に 30 分保持し、熱間硬度を測定した。その結果は第6図~第9図に示す。これによつて熱間硬度に及ぼす Mn の影響が知られる。尙各試料の熱処理硬度を第3表に示した。圖より明かに各試料共 600°C 附近までは比較的徐々に熱間硬度を減少するも 650°C 以上は急激に減少し軟化することが首肯される。



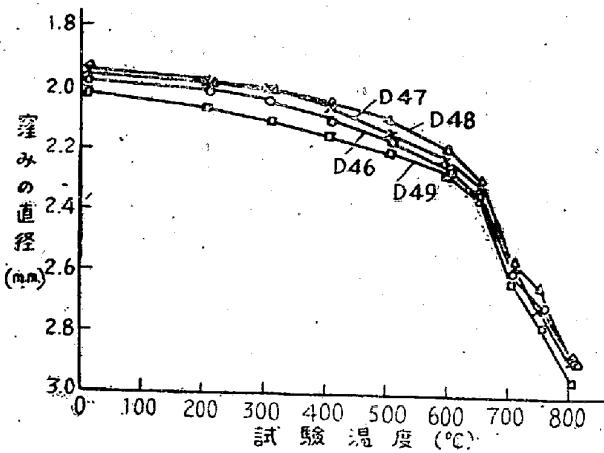
第6図 D40~D42試料の試験温度と熱間硬度との関係



第7圖 D43~D45試料の試験温度と熱間硬度との関係



第9圖 D50~53試料の試験温度と熱間硬度との関係



第8圖 D46~D49試料の試験温度と熱間硬度との関係

第3表

試料	焼入焼戻硬度 (R. C.)	試料	焼入焼戻硬度 (R. C.)
D40	37.3	D48	42.8
41	38.0	49	40.0
42	35.6	D50	38.1
D43	39.7	51	38.6
44	39.0	52	37.7
45	39.8	53	38.3
D46	40.8		
47	42.4		

の結果から Mn を 1%以上増加するも高温硬度に大して効果を與へない。即ち先きの焼戻軟化曲線と關聯し Mn は熱間用工具には硬度に關する限り好影響はない。

〔VI〕 高温衝擊試験

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° に焼戻し前述と同様シャルピー衝擊試験機により高温に於ける衝擊試験を行つた。その測定結果は第4表に示す。然し大部分焼割れを生じ正確な値を求め得なかつたが大體の傾向が見られる。孰れも2本試験の平均値を示す。常温に於ける衝擊値は各C量共 Mn 量を増す程概ね減少する。

第4表

試験温度(°C)	D40	D41	D42	D43	D44	D45	D46	D47	D48	D49	D50	D51	D52	D53
200	1.50	1.10	0.65	0.96	0.78	0.54	0.74	0.50	0.52	0.45	0.75	0.66	0.54	0.49
300	3.50	—	3.63 <sup>x</sup>	3.07	2.11	—	1.47 <sup>x</sup>	1.26 <sup>x</sup>	0.83	1.20 <sup>x</sup>	1.27 <sup>x</sup>	—	2.32 <sup>x</sup>	—
600	5.20 <sup>x</sup>	—	—	5.84 <sup>x</sup>	—	—	3.17 <sup>x</sup>	2.48 <sup>x</sup>	2.13	2.84	5.3	—	4.50 <sup>x</sup>	—
650	5.10	5.50	6.14	5.80	5.2	5.4	4.50	3.60	2.80	3.2	5.00	4.0	5.2	4.8
700	11.03	11.80	13.30	10.58	12.71 <sup>x</sup>	—	11.48	7.05 <sup>x</sup>	6.82	6.03	10.57	—	10.02	—

x 割レ。

又 300~650° に於ては衝撃値は稍々高い。尙 700° 以上温度上昇すると急激に靱性を増大する。高温に於ける衝撃値は Mn 量によつて餘り大差ない。寧ろ Mn 量高い方高温衝撃値大なる場合がある。

### 〔VII〕 結 論

上述の研究結果を要約すると次の通りである。

(1) C 0.25~0.50%, Cr 3.0%, W 10~12%, V 0.3% の C 及び W 量異なる數群の熱間工具鋼に及ぼす Mn 0.5~3.5% の影響を研究した。

(2) 各 C 量共 Mn 含有量を増す程加熱變態の開始及び終了温度は降下する又冷却速度も同様爐冷及び空冷共 Mn 量を増す程著しく降下する。而して C 量高い程 Mn による變態點の降下は著しい。

(3) 焼入及び焼戻硬度も Mn 量を増加する程概ね増大する。而して 650° 以上は焼戻硬度は餘り大差ない。

(4) 1000° から油中焼入した各試料の 300° 及び 600° C の温度に反覆加熱及び冷却による硬度の變化を調べた。600° 以上の高温に於ける長時間反覆加熱に對する軟化抵抗は Mn 量を増す程減少する。

(5) 高温硬度は Mn 量によつて餘り大差なく、低 C の場合は Mn 量を増すとかへつて減少する。

(6) 高温衝撃値も Mn 量によつて餘り大差ない。

(7) 上述の結果から Mn は 1% 以上増大するも熱間工具鋼に對しては何等効果なく、寧ろ耐酸化性を害する故望しくない。(昭, 24, 1 月寄稿)

### 参 考 文 献

- |    |              |       |
|----|--------------|-------|
| 1) | 小紫, 永島, 鐵と鋼, | 35年4號 |
| 2) | "            | 35年6號 |
| 3) | "            | 35年7號 |
| 4) | "            | 35年8號 |
| 5) | "            | 36年3號 |

## 各種鋼材の熱間抗張試験

(昭和 24 年 4 月日本鐵鋼協會講演大會講演)

前田 元三\*・吉川 丞一\*・太田 傳\*

### THE HIGH TEMPERATURE TENSION TEST OF THE MISCELLANEOUS STEEL BARS

*Motozo Macda, Zyoichi Yoshikawa & Tuto Ōta*

#### Synopsis:—

The author carried out a series of the high temperature tension test of the miscellaneous steel bars produced at Yabata Iron and Steel Works, Japan, namely, carbon steel (0.07~1.06%C), silicon steel for electrical sheet "T" and "B", stainless steel, and Cr-Mn steel.

All the test specimens are hot-worked and finished to 16mm dia without machining, and the testing temperature covered from room temp. to 1450°C, stepwisely at 50°C.

As the results of this experiments, it has been ascertained that;

1. Low carbon steel's have the characteristic temperature range of the somewhat increasing tensile strength and decreasing elongation at about 900°C. But, generally, each kind of steels extremely decreases its tensile strength and increases elongation above 800°C without much difference each other, showing that suitable temperature for rolling or forging is 800~1250°C and the value is approximately 3~7 kg per mm<sup>2</sup> at 1000°C.
2. Silicon steel "T" and "B" have slightly high value of elongation and reduction of area at temperature range 800~900°C

\* 日鐵八幡製鐵所技術研究所