

炭素の方は、硼素を含まぬものでは、焼入温度の高低にかゝらず初析フェライトの析出が非常に速やかに起り、且つ初析フェライトは中間段階状態に較べて、より著しく硬度を低下させる為、この場合にはジヨミニー焼入曲線は主として初析フェライトの析出の様相により左右される。硼素を添加したものでは初析フェライトは長時間側にずれているので、ジヨミニー曲線は中間段階で決まる。焼入温度を上昇すれば、中間段階の下部域は促進されるが、上部域は遅滞されるのでその総合結果としてジヨミニー焼入性は向上すると考えられる。次に各段階の状態の焼入温度による影響を鋼種別に考えると、パーライト段階は中炭素、低炭素共硼素の有無にかゝらず焼入温度の上昇により、長時間側にずれるが、上部中間段階では中炭素の硼素を含まぬものは長時間側に、含むものは短時間側にずれている。低炭素の方は硼素の有無にかゝらず長時間側にずれている。下部中間段階では中炭素の硼素を含有せぬものは焼入温度の上昇により長時間側に含むものは短時間側にずれ低炭素の方でも同様の傾向がみられる。この様に硼素含有鋼の中間段階が焼入温度の上昇によつて促進される理由としては、焼入温度が高くなれば硼素のオーステナイトに対する固溶限が増加し、その為、低温へ持ち来した時の、鉄-硼素系化合物の析出又は析離の程度が大きくなり、従つてオーステナイト格子に対する歪化作用が増す。パーライト段階ではこの歪化作用が高温の為に小さいか、又は粒成長による状態遅滞作用が大きくてその為この歪化による状態促進効果が打消されている。この様な考え方もできる訳である。最後に含硼素鋼の焼入温度について一言すると、焼入温度が高すぎる場合には、中間段階に対する硼素の効果は減少するので十分な焼入性が得られず、加えて脱炭、脱硼素、粒成長、等の悪影響もあるので、それ等を考慮して最適の焼入温度を選ばねばならない。

### (79) 含硼素鋼の焼戻性能に就いて

(Tempering Behaviours of Boron-Containing Steels)

株式会社 神戸製鋼所

理 高橋孝吉・工 西原 守・〇牧岡 稔

含硼素鋼が、実用化される場合を大略すると、次の二つの方式がある様に思われる。

- i) 現行の鋼種に硼素を添加して、焼入性能を増加させてより高級な用途に使用する。
- ii) 現行の鋼種より合金量の少い鋼に、硼素処理

を行つて、焼入性能を増加させて置換し、合金量の節約を狙う。

何れの場合にも、焼入性能に就いて、十分な知識を持っているだけでなく、各々の焼入状態に対応する焼戻性能に就いても十分な調査を行い、適材適所に使用する必要がある。

#### I. 供試材に就いて

1/2 Ton 塩基性高周波炉で、強靱鋼 (86B45) 及び肌焼鋼 (94B17) を熔解し、これ等を Ti 及び Al で予備処理を行つてから、モールド中で硼素を添加し、添加量を 0~0.0080 迄変化させて、硼素含有量の異なつた含硼素強靱鋼 (86B45) 及び含硼素肌焼鋼 (94B17) の 80kg 鋼塊を作つた。

化学成分は、次の如くである。

	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	[B] <sub>sol.</sub>
T.S 86B45	0.43	0.94	0.27	0.58	0.65	0.14	0~0.0053
T.S 94B17	0.17	0.97	0.23	0.46	0.38	0.14	0~0.0072

各鋼塊は、35φ 並に 15φ に鍛造して、実験に供した。焼戻性能は、ジヨミニー端焼戻試験結果より測定したが、[B]<sub>sol.</sub> = 0.0013% 以上では、硬化能曲線は殆んど変化なく、これ以上の [B]<sub>sol.</sub> の含有に依つて硬化能は殆んど飽和している事が知られた。50% マルテンサイトに対応する B の相乗係数は、86B45 の場合には、1.5 94B17 の場合には 2.25 であり、文献に記載されている硬化能増進効果と良く一致する。

#### II. 完全焼戻時の焼戻性能に就いて

##### a) 含硼素肌焼鋼の低温焼戻性能

[B]<sub>sol.</sub> が、0~0.0072% 迄異なつた五種類の試料を、900°C 水焼戻、100°C~500°C に 3 時間焼戻を行つて、焼戻硬度、衝撃値の測定結果から、低温焼戻脆化に及ぼす B の影響を調べた。完全焼戻の状態の焼戻硬度並びに衝撃値共、B の含有の有無に関せず略々同等の数値を示しており、この実験試料の [B]<sub>sol.</sub> の範囲では相互の差異は認められず、同時に低温焼戻脆性も、殆んど影響は認められなかつた。

但し、冷却速度がより遅い場合には、ジヨミニー端焼戻成績より予想される様に、基準成分と含硼素鋼との焼戻硬度が異なつてくるため焼戻性能が違つてくる事が予想される。

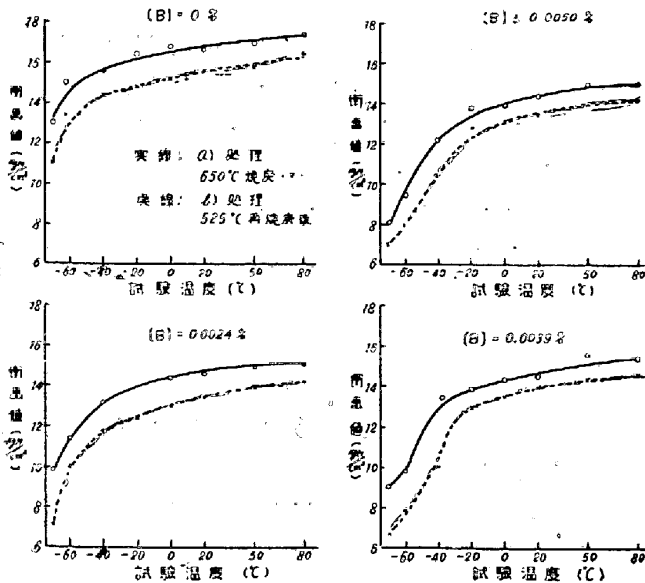
##### b) 含硼素強靱鋼の高温焼戻性能

[B]<sub>sol.</sub> が、0~0.0053% 迄異なつた五種類の試料に

就いて、次の二つの処理を行つて、各々の状態に於ける衝撃転移温度を  $-70^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  の温度範囲で測定し、その結果より高温焼戻脆性の感度を比較検討した。

	熱 処理	備 考
A		最も靱性の大きい状態
B		最も焼戻脆化の著しい状態

試験結果の代表的なものは第1図に示した。



第1圖 含ボロン強靱鋼の衝撃転移温度

衝撃値—試験温度曲線は、何れも類似の形状を示しており、顕著な差異は認められない。含ボロン材は、A), B) 処理共に衝撃転移温度が、若干高温側へ移動する傾向にあるが、ボロン含有に依つて、焼戻脆性が著しくなるとか、ボロン含有の多少に依つて、焼戻脆性の感度を異にすると云う事実は、このボロン含有量の範囲では、認められなかつた。

### III. 不完全焼入状態の焼戻性能に就いて

完全焼入状態に比べて、不完全焼入状態の焼戻性能が劣る事に就いては、既に度々発表されているが、不完全焼入に依る焼戻性能の低下程度は、化学成分に依つて可成り異なつてくるため、含ボロン強靱鋼に就いても、比較検討した。

#### a) 実験方法

河井氏<sup>1)</sup>により考察された扁平ジョミニ—試験を若干改変し、 $100 \times 55 \times 30$  の試験片を使用し、ジョミニ—一端焼入装置に改作を加えて、次の条件で焼入を行つた。

- 加熱条件  $850^{\circ}\text{C}/1\text{hr}$
- 水冷条件 オリフィス径:  $1''$  徑

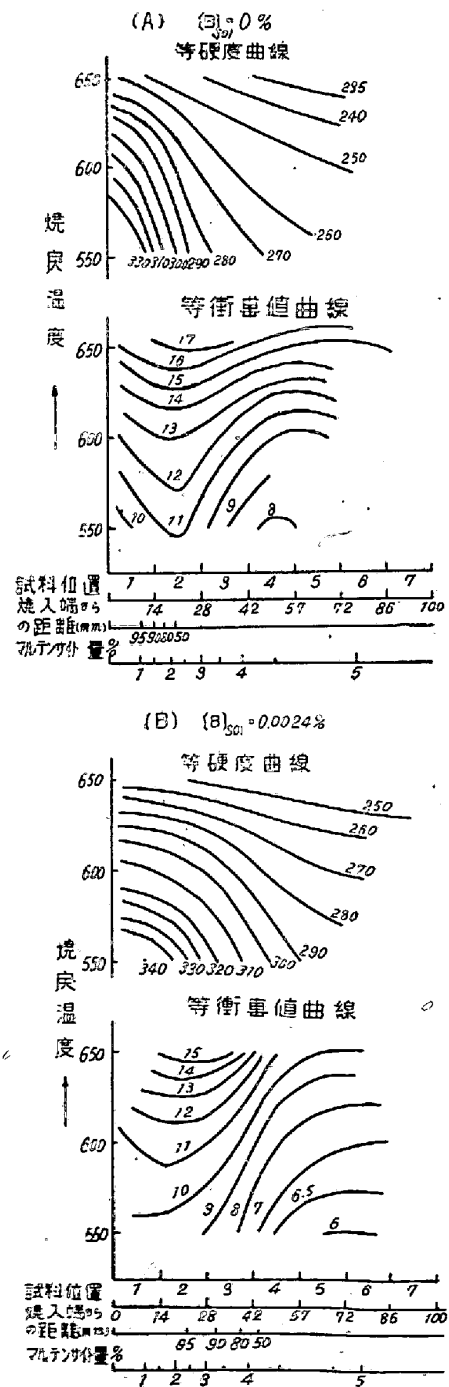
水柱高さ:  $4''$   
 試料—オリフィス間隔:  $1/2''$   
 冷却水温度:  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

焼入後  $550^{\circ}\text{C}$ ,  $600^{\circ}\text{C}$ ,  $650^{\circ}\text{C}$  で各 5hr 焼戻後、試験片を焼入端から等間隔に7個宛接取し、シャルピー—試験片に製作して、衝撃試験を行つた。

註: 1) 河井泰治: 鐵と鋼, 39 (昭和28年) p.264/266.

#### b) 冷却速度の実測

実験に用いた同じ試験片を同じ焼入条件で一端焼入を行い、試験片各位置の冷却速度の実測を試みた。即ち、試



第2圖 焼戻性能曲線

第 1 表 焼入組織一定の時の焼戻硬度及衝撃値

焼戻温度	焼入時のマルテンサイト量	[B]=0%	[B]=0.0024%	[B]=0.0050%	[B]=0.0034%	[B]=0.0053%
550°C	95%	10.3 (335)	9.3 (332)	8.5 (333)	8.9 (337)	8.2 (336)
	90%	10.6 (325)	8.7 (321)	7.8 (320)	7.6 (324)	7.0 (323)
	80%	11.0 (310)	8.0 (312)	6.9 (308)	6.8 (314)	6.3 (310)
	50%	11.2 (300)	7.0 (303)	6.6 (298)	6.2 (297)	5.9 (302)
600°C	95%	12.6 (305)	11.3 (305)	11.5 (308)	10.6 (309)	10.1 (309)
	90%	13.0 (298)	10.8 (297)	11.0 (300)	9.7 (297)	9.5 (300)
	80%	13.1 (290)	10.0 (289)	9.8 (290)	8.5 (290)	8.7 (292)
	50%	13.0 (282)	8.9 (283)	8.9 (280)	7.8 (284)	8.0 (286)
650°C	95%	16.3 (253)	15.3 (252)	13.9 (258)	14.2 (261)	13.1 (261)
	90%	16.6 (251)	15.2 (249)	13.3 (250)	12.9 (259)	12.4 (260)
	80%	16.8 (248)	14.5 (245)	12.5 (247)	11.8 (255)	11.6 (259)
	50%	17.1 (246)	13.0 (242)	11.3 —	10.9 (252)	10.8 (255)

( ) 内は、ヴィッカース硬度値/30kg

験片の中央、焼入端から 7.5mm, 20mm, 30mm, 45mm, 60mm, 75mm の位置に、試料中心迄 4mmφ の孔を穿ち、白金-白金ロジウム熱電対を挿入して測定した結果、標準ジョミニイ-試片のそれと大差ない結果を得た。

c) 実験結果

焼入端面からの距離を異にする各試料のシャルピー試片の焼戻温度と対する硬度、衝撃試験を行った。その結果より、焼戻温度と焼入端面からの距離に対応する等硬度、等衝撃値曲線を作製した。(第 2 図参照)

尚この図表より、同一焼入組織(ジョミニイ-端焼入硬化能曲線より計算したマルテンサイト量)に相当する所の焼戻硬度及び衝撃値を各鋼種に就き算出した一覧表を第 1 表に示した。

これらの図表より次の事が判明する。

i) 焼戻軟化抵抗は、焼入組織の如何に拘らず、ボロンの含有量に依つて影響を受けない。

ii) 不完全焼入に依つて靱性の低下する程度は、ボロン添加材の方が著しい。

iii) ボロン添加材は、比較的完全焼入に近い状態の時には、基準材に比べて、強度-靱性の関係が大差ないが、不完全焼入の度合が大きくなるに従つて、強度-靱性の関係が著しく低下してくる。

ボロン添加を行った材料は、焼入性能が著しく増加するにも拘らず、焼戻性能が著しく低下する。傾向のある原因としては、

a) 焼入時或は焼戻時にボロン化合物が析出してきて、靱性を低下させる。

b) 同一焼入硬度(含ボロン材は、無ボロン材に比べて冷却速度が遅い)の組織を比較すると、含ボロン材の方がより高温より長時間後に析出した組織

を示しており、又組織が粗大である為である。

の二つの原因が考えられるが、何れが大きな原因をなしているかは、明かでない。

(80) ボロン強靱鋼について

(Boron-Added Constructional Steels.)

大同製鋼 K.K. 研究部 浅田千秋

○ 保田正文

今年の春に本会東海支部講演会に於いてボロン肌焼鋼の試験結果を詳細に報告した。その後次のような 9 種類の強靱鋼及び 1 種類の肌焼鋼を熔製し各種の試験を行った。

(1) 50kg 高周波炉熔製, 20kg 鋼塊

i). Si-Mn-Cr 鋼系

Si-Mn-Cr 鋼

(0.35% C, 1% Si, Mn 及び Cr)

Si-Mn-Cr-B 鋼

(0.003% B 添加)

Si-Mn-Cr-Mo-B 鋼

(0.003% B 及び 0.08% Mo 添加)

ii). Cr 鋼系 (SCr.75)

Cr 鋼

(0.35% C, 1% Cr)

Cr-B 鋼

(0.003% B 添加)

Cr-Mo-B 鋼

(0.003% B 及び 0.08% Mo 添加)

iii). S. A. E. 80B40 鋼

iv). S. A. E. 86B35 鋼

(2) 5ton 塩基性アーク炉熔製, 150kg 鋼塊 (主と