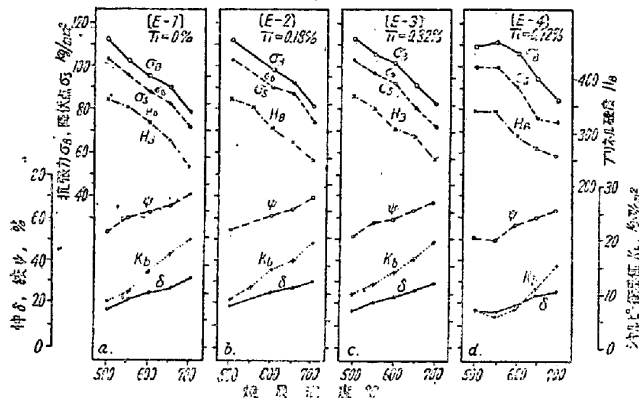


の添加では、焼準後の機械的性質にはやゝ改良される例が多いが、これらは主として前報にのべた種々の金属組織學的改善効果に基くものと判断される。しかし、やゝ多量の Al が混入する場合、又は Ti 約 0.4% 以上を含有する場合は、抗張力、硬度の増加に比し、延伸性、靱性の低下が著しく、この點多量の Al を含む母合金の使用、及び Ti の多量添加は有効とは認められない。

さらに前報試料の内、20kg 鋼塊よりの試料について、焼戻性能曲線を求めるため、一定温度より焼入後、500~700°C に焼戻してその機械的性質を測定した結果の 1 例を第 1 圖 a~d に掲げた。



第 1 圖 a~d Cr-Mo 鋼(C 0.3, Cr 1.2, Mo 0.2%) の焼戻性能曲線。830°C 油冷, 500~700°C/1h 油戻

この系統の試験の結果、少量の Ti の添加は、調質後の機械的性質に著しい影響を与えず、むしろ脱酸、脱窒、清浄度、結晶粒度等に対する間接的影響のみが現われ、その重複した程度によつて種々の場合が認められるが、Ti 約 0.3% 以上を含有する場合は 500°C 以上の焼戻に於て軟化の遲滯を生じ、耐焼戻性を示す。

この作用は焼入温度の高くなるに従つて著しく現われるが、普通の焼入温度によつても、少量の TiO はオーステナイトに固溶し、これが耐焼戻性を生ずることが判る。

しかし、この焼戻に於ける炭化物の析出は、強度-靱性の關係を不良とするから、高温焼戻状態で使用する強靱鋼には Ti 約 0.5% 以上の添加は有利でない。

なお、Ti にて処理した鋼の低温脆性を他の Al, Si-Mn, Zr, V 等で処理した鋼のそれと比較試験したが、特に Ti 処理が低温衝撃抵抗の改善には有効とは認められなかつた。

その他、これら Ti 鋼試料の熱処理と顯微鏡組織の變化についてのべ、さらに前 2 報の結果を綜合して、鐵鋼に及ぼす少量の Ti の影響を總括する。

(65) 含 Boron 強靱鋼に関する研究(II)

各種構造用鋼の一般性質に及ぼす  
微量 Boron 添加の影響に就て

住友金屬工業 K. K. 製鋼所

工 河 井 泰 治

○井 上 陸 雄

小 川 楠 雄

先に第 1 報に於て、内外文献より見た含 B 鋼の特徴と豫備實驗に依り B は添加元素として實際的に應用して焼入性の向上に極めて有効且非常に興味ある元素であることを知り、構造用鋼として一般に廣く利用されている Cr-Mo 鋼に 0.006% 以下の微量 B を添加し、その一般性質に與える影響を報告した。今回は更に引続き行つた各種構造用鋼の焼入性、靱性及び低温衝撃値等に及ぼす微量 B 添加の影響に就て述べる。

I. 高炭素鋼の焼入性及び焼戻性能に  
對する B 添加の影響

供試材として 6t 鹽基性電氣爐により 0.6% 炭素鋼を煉製し、Al, 24% Ferro-Ti 及び低 B 合金を使用して 4 種の B 添加量並びに添加方法を變えた 100kg 鋼塊を鑄込み、鍛造後各種の試験片を製作し試験を行つた。供試材、添加劑の化學成分及び差物方法並びに變態點及び粒度は第 1 表に示す通りである。

1. Jominy 焼入性

標準 Jominy 焼入性試験片を製作し焼入性を調べた結果、B 添加に依る焼入性の改良は 0.63% C の高炭素鋼でも顯著で Multiplying Factor=1.3~1.4 となるのが認められた。

2. 加熱及冷却時變態

熱膨脹計に依り加熱及び冷却時の變態點に與える影響を見ると B の添加は、Ac<sub>1</sub> 及び Ac<sub>2</sub> 變態點には殆んど影響しないが、Ar 變態は含 B 鋼は何れも僅かではあるが降下するのが明瞭に認められ先の Jominy 焼入性の結果と良く一致した。

3. 等温變態曲線

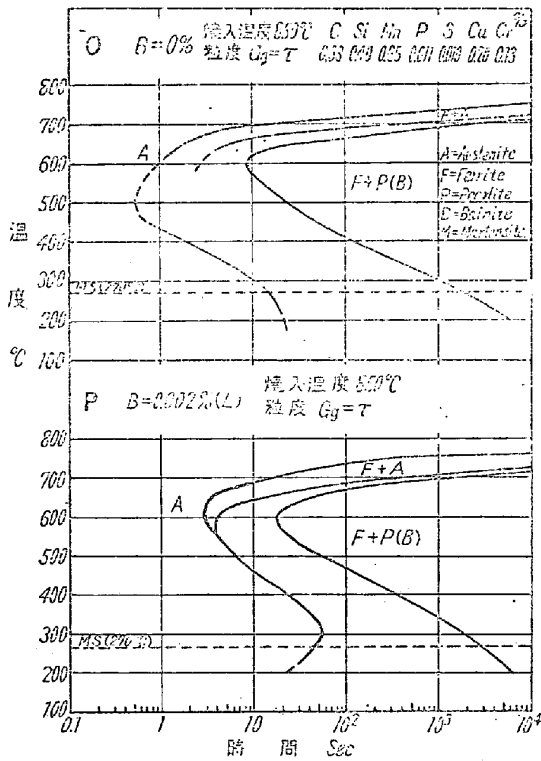
經時焼入法により顯微鏡組織及び硬度より等温變態曲線を各鋼に就て求め、別に Greninger-Troiano 法に依り Ms 點の實測を行つた。代表として B を有しない鋼及び含 B 鋼 P の結果を第 1 圖に示した。即ち Ms 點は各供試料共に 270°C で同一であるが、B 添加により 700~300°C 間の變態開始曲線は著しく遲延すると同時に變態完了も稍々長びくのが認められた。

第1表 供試材，添加劑の化學成分  
差物方法並びに變態點及び粒度

熔解番號	化 學 成 分 %							
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	N <sub>2</sub>
E12536	0.63	0.40	0.65	0.011	0.019	0.20	0.13	0.0127

符號	變態點 °C		粒 度			B添加量 % (合計)	差 物 %			
	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	850°C Gg	925°C G	1200°C GN		Ti	Al	B	備 考
O	725	755	7	6.5	1.2	0	0	0.02(F)	0	(F)6t爐中に添加
P	730	755	7	6.5	2	0.002	0.05(L)	0.02(F) 0.03(L)	0.002(L)	(L)取鋼中に添加
Q	725	750	7	6.5	1.5	0.004	0	0.02(F)	0.004(M)	加
R	730	755	7	6.5	1.5	0.004	0.05(L)	0.02(F) 0.03(L)	0.002(L) 0.002(M)	(M)100kg 鑄型中に添加



第1圖 0.63% C 高炭素鋼の等溫變態曲線に及ぼすB添加の影響

4. 機械的性質

油冷に依り完全焼入をした場合の焼戻時の靱性には、本實驗の添加量範圍では殆んど變化を來たさない。但し空冷した試料は本實驗では殆んど硬化されないがB添加量の増加と共に靱性が低下する。650°Cで等溫焼鈍を行ったものも同様な傾向を呈するが、焼準のものに比しその程度は輕微である。

5. 粒度その他

オーステナイト粒度は各鋼とも細粒でB添加による粗

粒化は認められず又Bの檢出は Grange の金相的方法により可能である。

II. 各種強靱鋼の焼入性及び焼戻性能に對する B 添加の影響

高周波電氣爐により Mn-Cr, Mn-Cr-V, Mn-Cr-Mo, Mn-Cr-Mo-V, Mn-Ni-Cr-Mo 及び低 Ni-Cr 鋼計 11 種の低合金強靱鋼を熔製し、無B鋼は爐中に Al 0.05% 添加して出鋼、含B鋼は残りの爐中に Al 0.10%, Ti 0.10% 及び B 0.002% 添加して出鋼し各々 16kg 鋼塊に鑄込み、壓延後各種の試験片を製作し試験を行った。尙使用した Ferro-Ti 及び低B合金は先報と同じである。

1. Jominy 焼入硬度曲線

標準 Jominy 試験片に依り焼入硬度曲線を求め、計算により DI 値及びこれを基として B の Multiplying Factor を求めた結果、Mo を含まない試料及び V を含有した試料に於てはB添加による焼入性の改良は餘り著しくないが、Mo 及び Ni を含む Complex low alloy steel は焼入性が顯著に改良せられるのが認められた。然し Grossmann の焼入性算定法による M.F.=1+1.5(0.90-C%) に上記の値を代入して見ると Mn-Ni-Cr-Mo 系鋼以外の各種種に於ては B の M.F. は大分低値を示してゐる。

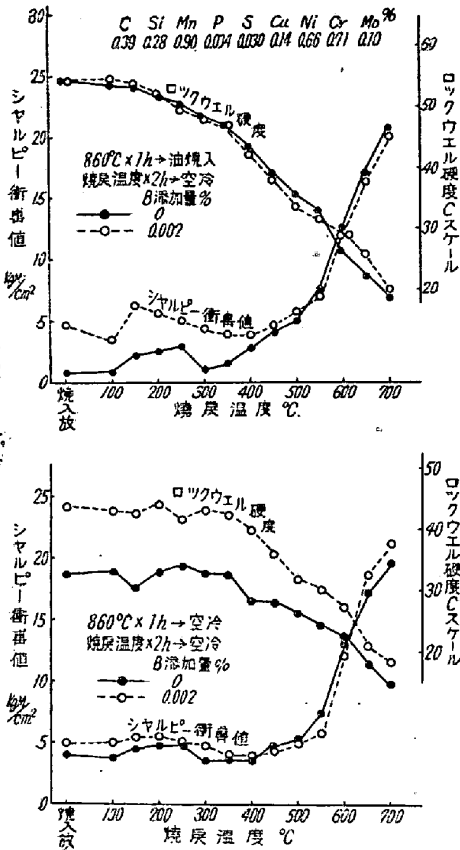
2. 機械的性質

一般に 400°C 以下の低温焼戻では Boron 處理により靱性が向上し 300~350°C の低温焼戻靱性が小となると共に高温焼戻の状態に於ても B 添加に依る靱性の低下は殆んど認められなかつた。尙この傾向は焼入性の殆ん

ど改良されなかつた Mn-Cr 鋼に於ても比較的顯著に認められた。

又空冷後焼戻した試料に於ても B 添加により硬度衝撃値の相對關係が改良され質量効果に對して有効なことが

知られる。各試料を 850°C×1h→650°C×4h→F.C. の等温焼鈍を行つた場合の衝撃値は B 添加により脆化するのが認められたが左程顯著ではない。第 2 圖に一例として Mn-Ni-Cr-Mo 低合金鋼の焼戻性能曲線を示した。



第 2 圖 焼戻性能曲線

### III. 低温衝撃値に及ぼす Boron 添加の影響

先に Boron 添加による一般性質の變化を検討した Cr-Mo 鋼 (第 1 報にて發表せるもの) 及び高炭素鋼に就てシャルピー衝撃試験により遷移温度に及ぼす影響を調べた。試験は油焼入後 200°C 及び 650°C の 2 種の温度に焼戻後標準寸法に本仕上し -75°C, -30°C, 0°C, +28°C, +100°C の各温度で試験を行つた。その結果、兩鋼種共に Boron の添加により少々遷移温度を上昇する様な傾向が認められた。尙この性質は熔鋼の性質及添加合金により影響が大きいと思われる。

要するに Boron 鋼を工業的に實用化するためには、B 添加に際して韌性を犠牲にすることなく焼入性を向上せしめ又常に一定の効果が得られる様な製鋼方法、添加

方法及び添加量の諸條件を確立する必要があり、今後の工業的規模に於ける研究試験の結果に俟たなければならぬ。

## (66) ボロン鋼の研究

K.K. 神戸製鋼所 工 高尾善一郎  
理 高橋孝吉  
工 西原守  
○谷藤彌壽生

含ボロン鋼は既に米國に於ては實用化が可成り進んでおり、一部には規格化された鋼種もある。歐州に於ては米國に比べると實用化は遅れているが、研究は可成り活發に實施されているようである。一方我が國では金研の今井教授による一連の研究並に二三の會社における實用化研究が發表されており、最近結成された“ボロン鋼研究懇談會”による綜合的研究により發達することが期待される。

我々は従來の研究において比較的ボロン添加の効果の現われ難いとされている、低 Mn-Cr 合金鋼を基準に選んで高周波誘導爐 (100KVA) で試験熔解を行い

- (i) ボロン母合金の添加方法
- (ii) 焼入性能の比較
- (iii) 焼戻性能の比較

をボロン添加鋼種と無ボロン鋼種について研究した。

#### i) 添加方法

出鋼前に Fe-Si で豫備脱酸後、Al を可成り多量に爐中で添加し、半量を出鋼して無ボロン鋼の比較試料とし、残りの半量には爐中で Fe-B の 0.005% 添加し、直ちに出鋼して含ボロン鋼塊とするのを標準とした。その際 Fe-B の添加を有効にし、損失を最小に留める爲 Al と同時に Ti を添加する事も試み、Fe-B 添加に際しても塊狀、粉末狀等種々工夫を加えた。熔解試料の化學成分の一例を第 1 表に示す。

各試料は 40kg 丸型鋼塊と同時に鑄造ジョミニー試片を採取し、鋼塊より鍛伸した鍛造試料との比較に使用した。鑄造材、鍛造材共に豫備處理として

燒準 900°C/2hr 空冷

燒戻 650°C/4hr 空冷

を實施した。

#### ii) 焼入性能

ボロン添加による焼入硬化能の増加程度を定量的に知る爲、各試料の鑄造並に鍛造試片によるジョミニー端焼入試験を實施し、焼入端面よりの硬度分布を求めた。