

り推定される如く 50mmφ 径以上に於ては兩鋼種共に殆んど差異が認められず、唯 30mmφ に於て含 Boron 鋼の方が若干靱性に富んでいるのが認められた。

以上の結果より見てこの種中炭素鋼の質量効果改良に対する微量 Boron の影響は低合金鋼に對する程顯著ではなく、水焼入に於ては50mmφ、油焼入に於ては30mmφ 以上は餘り Boron 添加の効果は期待し得ない様である。

II. 強靱鋼の扁平型一端焼入試験に於ける Boron 處理の影響

構造用鋼の焼入性の判定には Jominy 試験が最も一般的に使用され實用價值が高く、且實際の品物の焼入の儘或は任意の焼戻状態の硬度随つて抗張力を豫測し得るのであるが、靱性は豫知できない。本實驗は嘗て強靱鋼の研究の際に本學會に於て報告した扁平型一端焼入試験片を用い Boron 處理の調質効果に及ぼす影響を調査したものであり、この方法では品物自體の靱性にその結果を直接あてはめられないにしても、その鋼種或は熔解が種々の焼入状態に於て如何なる焼戻性能を得るかを比較的簡単に知るのに便利と思われる。

1. 供試材

100kg 高周波爐に於て高 Ni—Cr, Cr—Mo 等の3熔解を行い、各熔解の半量は Al 鎮靜の儘、他の半量は Al—Ti—B 處理 (B 添加量 0.002%) を行い夫々を肉厚 70mm の 30kg 扁平鋼塊に鑄造し、17mm 厚の平鋼に歴延し焼鈍した。

2. 試験片及焼入方法

水冷端面が歴延方向になる様に厚 1/2" 幅 8.5" 高 4" の扁平型一端焼入試験片を各 8~10 枚作り、同一條件で一端噴水焼入した後各部の硬度曲線を測定した。

3. 焼戻及衝擊試験

各試験片を夫々焼入の儘及 100, 200, 300, ... 600, 700°C に焼戻後空冷し再び硬度曲線を測定した後、水冷端より 7, 22, 37, 52, 67 及 82mm の箇所が夫々中心になる様に各 6 本のアイゾット試験片を採取して衝擊試験を行つた。

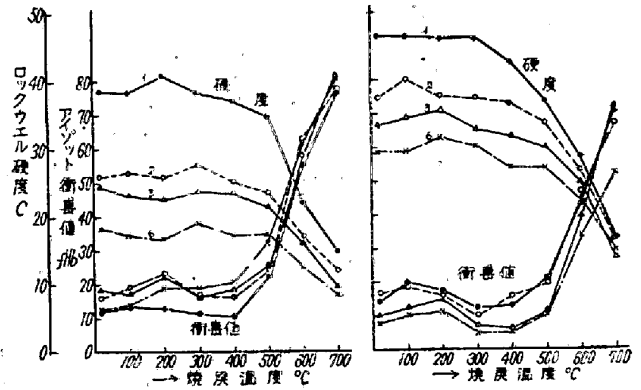
4. 別に同一焼入操作を行つたものに就て水冷端よりの組織の變化を調べた。又同一熔解より標準 Jominy 試験片を作製し、焼入性硬度曲線を求めた。

5. 扁平型一端焼入試験片の各位置に於ける冷却曲線は既報に於て述べた如く空冷端に近づくに従つて若干の差を生ずるが殆んど標準 Jominy 試験片の場合に近似し、硬度曲線も概ねよく一致する。

6. 試験結果の一例を Cr—Mo 強靱鋼について挙げれば第 2 圖の如くである。

成分; 0.29% C, 0.21% Si, 0.54% Mn, 0.029% P, 0.025% S, 0.99% Cr, 0.25% Mo.

焼入温度; 900°C 粒度; Gg=8



第2圖 機械的性質

符號	水冷端より	焼入冷却速度 (550°C) C°/sec.	マルテンサイト量 (%) B ナシ	B 處理
1 ●	7mm	25	60	100
2 ○	22mm	4.5	15	50
3 △	37mm	3	3	30
6 ×	82mm	1.3	2	10

即ち Boron 處理により著しく調質性が向上すると共に、硬度、靱性の相對値が改良されることが知られる。但し中間段階變態の進行により不完全焼入の程度が大となるに従つて靱性が劣化することは Boron 處理の有無を問はず顯著に認められるが Boron 鋼は焼入時のマルテンサイト量が増すので、無 B 鋼に比し強靱性が優れている。

(53) ボロン處理低合金鋼の試作研究 (各種鋼の實用性への検討)

大阪特殊製鋼技術部 工 荒 木 透

I. 緒 言

ボロン處理によつて低合金強靱鋼類の焼入性を高め實用性能を向上させ得る事は外國では勿論、我國に於ても可成り研究が行われて來た。現在の特種鋼材の原價引下げや合金元素の節減に有用なものとして早く工業化され規格化される事が期待されている。

茲に當所に於ける試作結果を基として、各低合金肌焼鋼及び強靱鋼につき實用性の見地から検討して見た。

II. ボロン處理による熱處理性の向上其他

試作に用いたボロン添加劑としては、B=1.3%, Ti=20% の Fe—Ti—B であつて工業的に得られる市販のものである。B の偏析を伴う爲粒狀に碎いてよく混じて用い

第 1 表

No.	鋼種 (JIS)	C	Si	Mn	Cr	Mo	% Ni+Cu	粒 G	計算値 $D_{r''c}$	Jominy 實測 $D_{r''}$	實測の B の M.F.	試料の採り方
1	SH85B	·15	·25	·70	1·02	·24	·34	6	2·5 (50M)	2·5 (50M)	1·6	スプーン添加 3kg鋼塊, 鍛造比3
2	" +B	同上	B 處理	(FeTiB=2kg/T)				>8	5·	4·		
3	SH80B	·18	·24	·65	1·07	·05	·30	7	2·15	2·3	1·6	同 上
4	" +B	同上	B 處理					8	4·3	3·7		
5	(DRP 2)	·21	·25	·88	·58	·17	·62+·26	8	2·5	2·6	2·1	B 高周波爐添加 3kg 鋼塊及 200kg 鋼塊
6	" +B	同上	B 處理					>8	5·2	5·5		
7	(DRP 3)	·21	·22	·73	·84	·17	1·24+·17	7	[2·4](90M)	[2·6](90M)	2·1	Bは鋼塊添加 (アーク爐) 30kg鋼塊, 鍛造比10
8	" +B	同上	B 處理					8	[4·8] "	[5·3] "		
9	SCR 75	·31	·35	·82	1·16	—	·31	6·5	3·1 (50M)	3·1 (50M)	1·7	Bスプーン添加 3kg 鋼塊
10	" +B	同上	B 處理	(FeTiB=1·5kg/T)				>8	5·3	5·3		
11	SCR 85	·36	·25	·73	·91	—	·29	7	2·2	2·5	1·7	同 上
12	" +B	同上	B 處理					>8	3·8	4·2		
13	SCRM095	·35	·25	·77	1·01	·17	·31	6	4·2	4·2 [2·5]	1·7	同 上
14	" +B	同上	B 處理					8	7	>6 [4·3]		
15	(DTP 6)	·36	·27	·97	·73 ($\frac{W}{3}$)	·60+·25		7	[2·5](90M)	[2·8](90M)	1·8	Bは高周波爐添加 3kg 鋼塊及 200kg 鋼塊
16	" +B	同上	B 處理					>8	[4·3] "	[5] "		

() は社内規格鋼

る。試作の鋼種及び試料の採取法は第1表に示す通りでスプーン添加はアーク爐のタップ前である。

表に於て、No. 6 及び No. 16 は特に 200kg 鋼塊による二次製品迄の試作を行つている。

A) 焼入硬化能の著しい向上は Jominy 試験によつて確められる。試片は鍛造熱處理後機削して前回報告⁽¹⁾の要領によつて硬化能曲線を測定し、之よりの理想焼入直後 $D_{r''}$ と、成分より算出した理想焼入直徑 $D_{r''c}$ とを表に記した。Bのマルチプライングファクター: M.F. は肌焼鋼 (No. 1~8) に於て 1·6~2·1 を示し、スプーン添加は混和不完全のため数値が低目に出た様である。強靱鋼 (No. 9~16) は殆んどBの効果: M.F. は等しく、1·7~1·8を示している。他の多くの実験の結果からも肌焼鋼は2以上を示す事が多いが、混合法や熔湯の状態による影響を受けやすい様である。

B) 滲炭性に關するボロン處理の影響及び他の合金元素との総合的效果を比較する爲、各種肌焼鋼と第1表の No. 1, 2, 5, 6 について標準固體滲炭劑で 930°C × 4 hr の滲炭處理を行つた。この結果によると、次表の如くである
即ち比較的はつきりした傾向は Cr の含量によつて滲炭深度が比例的に増加することで、粒度や Pb, B 等の著

鋼種	C	Cr	Mo	Ni	% G(粒)	滲炭深度 mm(5/100單)
SH50—	·11	·13	—	—	7·	·55 ; ·85
SH80A	·15	·20	tr	2·2	7·5	·60 ; 1·0
SH 100	·15	·84	"	3·3	7·5	·65 ; 1·05
低NiCr(快)	·18	·87	·25	1·2(Pb)	7·	·65 ; 1·05
SH85 B	·15	1·02	·24	—	(·19)	·70 ; 1·3
同上B處理	"	"	"	—	(B) >8	·75 ; 1·3
DRP 2	·21	·58	·17	·62	8	·65 ; 1·15
同上B處理	"	"	"	"	(B) >8	·60 ; 1·1

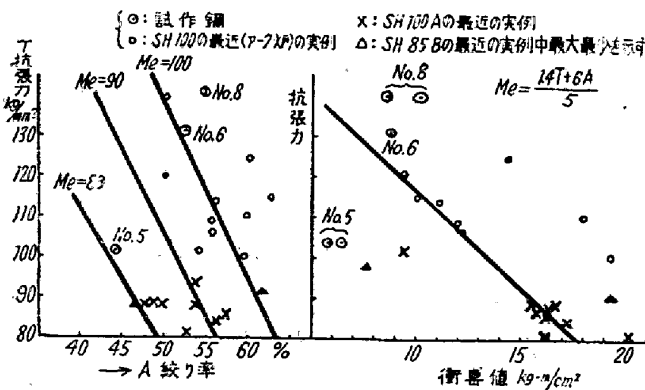
しい影響は見分けられない。肌焼鋼としての實用性の點から云えば、DRP 2 の如き Cr の低いトリプルアロイ系や之をB處理した鋼種が安價で取扱いが容易である。

C) 熱處理後の機械的性質 (材力) についてのボロンの影響は吾國に於ても種々研究されつゝあるが、要するに以上の「焼入硬化能が倍加する爲完全マルテンサイト組織に近づける事が出来る」事と、「滲炭處理の容易且良好な肌焼層を得やすい鋼種を經濟的に選び得る」事がB處理鋼を用いる事の特點と云えよう。

肌焼鋼について、第1表の No. 5, 6, 8 の各鋼及び SH 80 A, SH 100, SH 85 B 等のアーク爐生産品の材力試験値を比較して、圖にまとめると第1圖の如くなる。

圖より見ると、No. 5 のトリプルアロイ系が B 處理

(1) 鐵と鋼 第38年 第10號, p. 109.



第 1 圖

後 (No. 6) によつて焼入性の向上と共に材力が上つて居り、その Merit Factor: Me を比べると、SH 85 のレベルから SH 100 のレベルに向上したものと云い得る。(之は 25mm ϕ の油焼入を規格の熱処理によつて行つた場合である)。No. 8 は更に之に上廻る材力を有している。

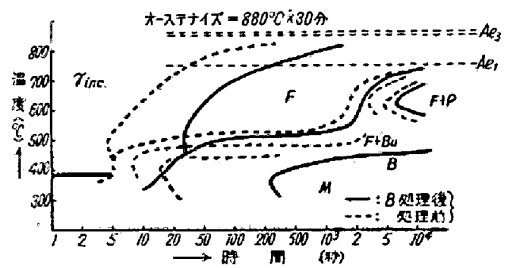
猶ほ各鋼種の變態點 (特に A_{c1}) が焼入處理及歪みの問題と關連し、實用性の難易の一ファクターとなるのでダイヤライトメーター實測値によつて之を比較して見ると

No.	鋼 種	G	A_{c1}	A_{c3}	$A_{r'}$	$A_{r''}$	終點
1	CrMo	6 760	855	690	—	600	°C
2	CrMo+B	8 770	870(860)	490	370	—	°C
5	低NiCrMo	8 725	800(880)	490	340	—	°C
6	同上+B	>8 725	800	—	430	305	°C
8	NiCrMoB	8 750	810	—	410(300)	—	°C
—	SH 80 A	7 700	790	620	—	540	°C
—	SH 100	7 695	750	550	405	300	°C

冷却速度: 空冷
昇熱速度: $-7^\circ/\text{sec.}$ at 700°C
 $+10/\text{min}$

の如くであつて、特に Cr 多い SH85B の B 處理は Ti の共存によつて A_{c3} の上 3 現象が認められる事があり、通常行われている 850°C 前後の二次焼入によつては不完全焼入となり且つ硬化能も上つていないから注意を要する。かような例の試片について顯微鏡硬度を主として恒温變態の實驗を行つた處第 2 圖の如き TTT 曲線を得た。即ち B の効果は他の例に於て認められると同様にパーライト域の初析フェライト析出を遅らせるがパーライト變態には大きな變化を與えない。中間以下の段階の變態は開始終了點共に遅れ、溫度としては大きな變化は無い。オーステナイズする溫度は B 及び Ti の入つた試片は 870°C を越えぬと完全な焼入硬化能を得られず、恒温變態又は焼入處理によつて得られる組織は顯微鏡的にも不均一な二相に分離されたものとなりやすく材力は極めて悪化する。

強靱鋼についてはその材力の要求の主なるものがソルバイト組織に於て使用されるものであり、之を上述のメリットファクター: Me によつて比べる場合、SCMo,



第 2 圖 SH 85 B 及同 B 處理鋼の恒温變態圖

SCr, SNC 等の鋼種に於て試験片上には大きな差は見せず、約 $Me=100$ の線を上下している。當社の約 200 チャーチ弱のデーターを綜合して見ると各鋼種共大差なく Me として $\bar{Me}=101$, $2\sigma \div 10$ 程度を示し、寧ろ重要なのは實用上のマセフェクトと實際の熱處理時の變態組織が如何なるものが得られるかと云う事である。

衝撃値に關しては焼戻脆性に着目して安全な鋼種を選ぶ必要があるが、FeTiB の使用法が茲に述べた範圍程度であれば寧ろ $250\sim 300^\circ\text{C}$ 焼戻の高强度の使用途に對して優れた衝撃値を示し、他は大差ないデーターを得ている。(數値省略)

III. 綜 括

以上主として實用上の要求に對する觀點から試作研究の結果を述べ検討を加えたが結論的に、

- 1) B 及び Ti の添加條件については製鋼技術上の検討をも要するが、本合金 1~2 kg/T の添加によつて Al 處理後安全に熱處理性改善の目的を達する事が出来る。
- 2) B 處理の意義を有効にするには Cr の多い鋼種よりは Ni 0.5~1.5% 程度のトリプルアロイ系統のものの方が實用性に於て種々の點で優れている。
- 3) 特に比較的 Cr の高い鋼種で炭素量低い (0.15% 以下) ものでは B-Ti 合金によつて加熱變態點の上昇が認められ實用性を害する事がある。
- 4) B 處理によつて、Ni, Mo の高い鋼種と同等の材力、信頼性のある使い易い鋼種を得られ經濟上には低級鋼と同等の線で利用出来るから實用上均質な熱處理が容易となり量産に適する。

(54) 含ボロン鋼の研究 (I)

特殊製鋼 K. K. 工 山 中 直 道
工 〇 日 下 邦 男
小 泉 武 二

含ボロン鋼に就ては我が國に於ても最近各方面で研究され、その焼入性の向上により Ni, Cr, Mo 等の合金元