

片を切り出し高温捻回試験を行いⅠ型硫化物指数との関係を示すと Fig. 4. の如くなる. 此の図からⅠ型硫化物指数が高くなると捻回数は減少し高温加工性が低下する事が認められる. 1000°C 以下の温度になると捻回数に及ぼす硫化物の影響は認められないが温度が高い程捻回数に及ぼす硫化物の影響は強くなる. 此の事から分塊圧延の温度ではⅠ型硫化物が熱間加工性に関係している事が認められる.

#### IV. 結 言

以上 Ti 脱酸による鋼中硫化物形状の変化及びその熱間加工性に及ぼす影響について述べたが, その結果を要約すれば

- (i) 鋼中硫化物の量は鋼中 S 含有量によつて左右され, Ti 添加の影響はうけない.
- (ii) Ti の添加に依つて鋼中硫化物の形状が変化する. 即ち 0.3kg/t 以上の Ti の添加によりⅠ型硫化物が減少する.
- (iii) Ⅰ型硫化物が多くなると熱間加工性が低下する傾向が認められたが, 1000°C 以下ではその影響は少い様である.

#### 文 献

- 1) G.F. Comstock: Foundry 30 (1942) P.337~P. 330
- 2) 住友金属, 鋼管: 第 13 回製鋼部会提出資料 No. 353 昭 34 年 7 月
- 3) S.C. DESAI: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 250 (1959) No. 3.

### (134) Mn-Si 系, Mn-Si-Cr 系および Mn-Si-Mo 系鋼におよぼす Ti および B の影響

(構造用高抗張力鋼の研究—Ⅲ)

東都製鋼技術部

工博 浅野栄一郎・石田 徹  
○丹 秀 夫

Effect of Addition of Ti and B on Mn-Si, Mn-Si-Cr and Mn-Si-Mo Steel.

(Study on high-strength structural steel—Ⅲ)

Dr. Eiichirō ASANO, Tōru ISHIDA  
and Hideo TAN

#### I. 結 言

前報 (第 58 回講演大会) において, Mn-Si 系, Mn-Si-Cr 系高抗張力鋼の諸性質におよぼす B および Mo の影響を調査したが, 今回は脱酸, 脱窒あるいは結晶微細化作用のある Ti を Mn-Si 系, Mn-Si-Cr 系および Mn-Si-Mo 系高抗張力鋼に B と共に あわせ添加した場合, Ti, B がこれら鋼種の機械的性質 および焼入性におよぼす影響を調査した.

#### II. 試料および実験方法

供試料は Table 1. に示すように 3 系, 18 種類からなり, 各々高周波誘導炉にて熔製した約 10kg 鋼塊を 16mm φ および 35mm φ の丸棒に鍛伸後, 920°C × 1 h, 空冷の焼ならし処理を行なつて各試験材を切削採取した.

試験方法としては, 上記試料を 920°C × 20mn, 加熱

Table 1. Chemical composition of the specimens (%).

Series	Marks	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ti	B *
I	MS-0	0.17	0.510	1.39	—	—	0.105	—
	〃 -1	0.19	0.492	1.30	—	—	0.250	0.0025
	〃 -2	0.17	0.542	1.38	—	—	0.200	0.0050
	〃 -3	0.19	0.602	1.49	—	—	0.290	0.0100
	〃 -4	0.18	0.606	1.33	—	—	0.312	0.0050
	〃 -5	0.17	0.556	1.32	—	—	0.650	0.0050
II	MSC-0	0.25	0.484	1.37	0.55	—	0.080	—
	〃 -1	0.27	0.548	1.54	0.55	—	0.260	—
	〃 -2	0.26	0.502	1.51	0.55	—	0.250	0.0025
	〃 -3	0.26	0.500	1.68	0.54	—	0.299	0.0050
	〃 -4	0.25	0.534	1.72	0.53	—	0.300	0.0100
	〃 -5	0.29	0.590	1.70	0.53	—	0.547	0.0050
III	MSM-0	0.15	0.301	1.17	—	0.60	0.130	—
	〃 -1	0.17	0.402	1.18	—	0.59	0.125	0.0025
	〃 -2	0.18	0.432	1.17	—	0.54	0.129	0.0050
	〃 -3	0.18	0.430	1.17	—	0.54	0.129	0.0100
	〃 -4	0.18	0.474	1.25	—	0.54	0.300	0.0050

\* Percentage of the addition.

後、炉冷および空冷したものその他、油焼入したものに対しては 400~650°C に焼戻処理をして硬さ試験および引張試験を行ない、さらにジョミニ一端焼入試験を行なつて焼入性を調査した。

### III. 実験結果

#### (1) Mn-Si 系鋼におよぼす Ti, B の影響

B を 0~0.0100% の範囲で添加すると、B 量の増加とともに焼なまし、焼ならしおよび焼入状態における硬さ、引張強さは増大する。この傾向は焼戻状態においても同様であるが、焼戻温度の上昇とともに増加の割合は減少する。引張強さは焼戻状態では、0.0025 および 0.0100% B 添加した場合最高となる。しかし 0.0050% B の場合でも前記二者と大差はない。焼戻温度が 600°C 以上に高くなれば、B 量が多いほど引張強さは僅かながら上昇する。また断面収縮率は B 量の増加により僅かに減少し、伸びに対してはほとんど影響をおよぼさない。

一方、B が 0.0050% 存在する場合、Ti 量が 0.30% までは、硬さおよび引張強さはほとんど変わらないが、Ti が 0.60% では、焼なまし、焼ならし、焼入および焼戻状態における硬さ、引張強さを著しく減少せしめる。また焼戻状態における伸びを増大させるが、焼戻温度が 550°C 以上になると Ti 量の多少による伸びの変化も余り認められない。したがって、Ti は脱酸剤として少量添加すべきものであり、0.60% 以上添加すれば B の効果は著しく消失し、機械的性質は B を全く添加しないものよりも劣る。

#### (2) Mn-Si-Cr 系鋼に及ぼす Ti, B の影響

Ti を 0.30% 含有している場合、B を 0~0.0100% の範囲で添加しても、機械的性質に顕著な影響は認められない。

一方、B が 0.0050% 存在する時、Ti を 0.10~0.50% の範囲で添加すると、Ti 量の増加とともに焼ならし状態における硬さおよび引張強さは増大するが、焼戻状態では逆の傾向を示し、焼戻温度の上昇とともに減少する。

#### (3) Mn-Si-Mo 系鋼におよぼす Ti, B の影響

先に II-(1) で述べた Mn-Si 系に Mo を 0.50% 添加した鋼につき Ti, B 量をいろいろ変化せしめて実験した。

Ti 量が 0.13% である時、焼なまし状態における硬さ、引張強さは B 量の増加とともに急激に増大して 0.0050% B の時最高となり、これ以上の B を添加すれば逆に減少し、0.0100% では B を全く添加しないものと比較して硬さ、引張強さに差はなくなる。しかし、焼なら

し状態では添加 B 量の多いほど高い硬さ、引張強さを示すが、0.0050 および 0.0100% における硬さ、引張強さの差は僅少である。さらに焼戻状態では、添加 B 量の増加とともに硬さ、引張強さは著しく増大するが、焼戻温度の高くなるにしたがって 0.0025, 0.0050 および 0.0100% B 添加の場合の増加の割合は減少し、0.0050% B で最高となる。逆に、伸びは B 量の増加とともに減少するが、硬さ、引張強さの場合と同様、0.0025% B 以上では、その減少の割合は極めて少くなる。

他方、B が 0.0050% 存在する場合、Ti を 0.10~0.30% の範囲で添加すれば、Ti 量が多くなるほど、焼なまし、焼ならし、焼入焼戻状態における硬さ、引張強さは低下する。

Mn-Si 系の MS-0, 0.60% Mo を添加した MSM-0 および 0.60% Mo と 0.0025% B をあわせ添加した MSM-1 の 3 種の鋼を比較すれば、焼なまし、焼ならしおよび焼入状態における硬さ、引張強さは MS-0, MSM-0, MSM-1 の順で高くなる。さらに 500°C 以上に焼戻せば MS-0 と MSM-0 の差は減少し、MSM-1 が著しく機械的性質に優れていることが明白になる。また焼ならし状態における伸びは MS-0 が MSM-0, MSM-1 に比べ相当大であるが、調質状態ではこの 3

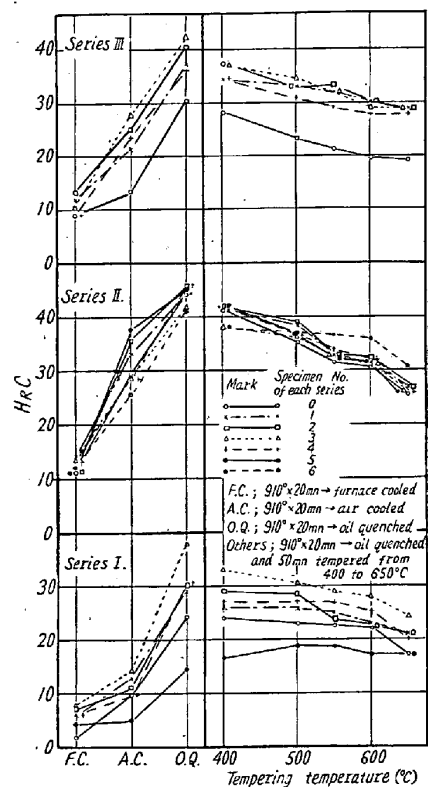


Fig. 1. Effect of heat treatment on hardness of I, II and III series steels.

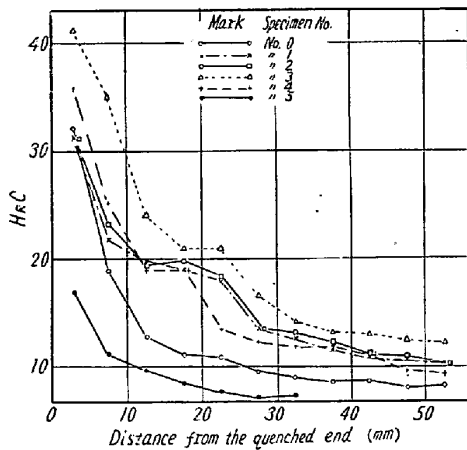


Fig. 2. Jominy curves of I series steel.

種の鋼の間に差はほとんど認められなくなる。

Fig. 1. は MS系 MSC系 および MSM 系の硬度におよぼす熱処理の影響を示したもので、上述の結果を明白に表わしている。

(4) 焼入性におよぼす Ti, B の影響

MS系で Ti が 0.30% 存在する時、0.0050% B を添加すれば最も良好な焼入性を示し、0.0025, 0.0100% B では両者にほとんど差がない。MSC系では、同様に Ti が 0.30% 存在すると B の添加による焼入性の向上が認められ、0.0100, 0.0025, 0.0050% B の順で増大するが、3者の差は僅少である。また MSM系では、Ti が 0.13% 存在する場合、B の添加により著しく焼入性を増加し、0.0025, 0.0050% B ではたいした変化は認められないが、0.0100% B において最高の焼入性を示す。

一方、B を 0.0050% 含有する場合、MS系、MSC系および MSM系のいずれの場合においても、添加 Ti 量の増加にともない焼入性は劣化する。

一例として MS系のジョミニー曲線を Fig. 2. に示す。

#### IV. 結 言

以上 Mn-Si系、Mn-Si-Cr系および Mn-Si-Mo系高抗張力鋼におよぼす Ti, B の影響について若干の検討を加えたが、これを要約すれば、

(1) Mn-Si系で Ti が 0.30% 存在すると、B は硬さおよび引張強さを若干増加させ、断面収縮率を減少させるが、伸びの低下は僅かである。

(2) Mn-Si-Cr系で Ti が 0.30% 存在する場合、機械的性質におよぼす B 添加の効果は認められない。

(3) Mn-Si-Mo系で Ti が 0.13% 存在する場合、0.0025~0.0050% の B は硬さおよび引張強さを著しく増大させ、B 添加の効果を明白に示す。この傾向は焼入

状態において特に顕著である。

(4) B が 0.0050% 存在する場合、Ti は 0.30% まで添加すれば、機械的性質に悪影響をおよぼさない。

(5) B は各系の鋼の焼入性を向上させるが、0.10% 以上の Ti はこれを劣化させる。

### (135) 鋼の焼戻軟化抵抗におよぼす V, W, Mo および Cr 等単独添加の影響

(鋼の耐焼戻性におよぼす特殊元素の影響-I)

東北大学工学部

理博 門 間 改 三

日本製鋼所室蘭製作所

○ 石 塚 寛

Effects of V, W, Mo or Cr on the Resistance to Temper Softening of Steels.

(Effects of special elements on the resistance to tempering of steels—I)

Dr. Kaizo MONMA and Hiroshi ISHIZUKA

#### I. 緒 言

鋼に特殊元素を添加する目的には種々あるが、その一つとして、焼入鋼の焼戻に対する軟化抵抗を高めることにある。この意味には二つの場合があり、一つは工具鋼等の如く高硬度を目的とする場合で、軟化抵抗が高ければそれだけ工具の耐久性が向上する。またその二つには構造用鋼の場合で、軟化抵抗が高いことはそれだけ高温度に焼戻さなければならないことを意味し、靱性の高いものが得られる。かかる意味から我々は、焼戻に及ぼす特殊元素の影響を、軟化に対する抵抗性の立場から定量的な検討を加えることとした。

鋼の耐焼戻性に及ぼす合金元素の影響については比較的多くの報告が見られる。しかしそれらの結果は、一般に低合金鋼の範囲であつたり、あるいは断片的な数種の合金鋼についてのものであつて、広い組成範囲にわたる各種元素の定量的な影響についてはあまり試験されていない。よつて筆者等は広い組成範囲にわたる特殊元素の焼戻性に及ぼす影響について定量的な検討を加えつつあるが、まず第1報として 0.3% C 鋼をベースとし、これに V, W, Mo, Cr 等炭化物形成用元素を単独添加した場合の影響について報告する。

#### II. 試 験 方 法

供試合金鋼は高周波誘導電気炉により溶製し、鍛造お