

(170) 669.14, 018.85 : 669.15'24'26'28'781 - 194.56
 : 621.785.371 : 620.172.251.2 : 669.293
 : 669.295 : 669.784

4. 結 言

17Cr-11Ni-2Mo 鋼に Be, Te, Cu および B を添加し、クリープ破断強度および耐酸化性におよぼすこれら諸元素の影響を調べた。得られた結果を要約すると次の通りである。

- (1) Be は強度におよぼす影響が小さく、靱性を低下させるが、耐酸化性を著しく増大させる。
- (2) Te は強度、靱性および耐酸化性を低下させる。
- (3) Cu は強度を向上させるが耐酸化性を低下させる。
- (4) B は強度、靱性および耐酸化性を増大させる。

文 献

- 1) 中野, 他: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 988
- 2) 藤田, 他: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 998
- 3) N. F. Morr: Iron Age, 171 (1953) 25, p. 149
- 4) 中山, 他: 日本金属学会誌, 29 (1965) 6, p. 573

(170) 含ボロン18Cr-12Ni-3Mo オーステナイト系耐熱鋼の高温性質におよぼす C, Ti, Nb の影響

(オーステナイト耐熱鋼の研究—VI)

金属材料技術研究所

○河部義邦・工博 中川龍一・向山 保
 The Effect of C, Ti, Nb on High Temperature Properties of 18Cr-12Ni-3Mo Austenitic Heat Resisting Steel Containing Boron.
 (Studies on austenitic heat resisting steels—VI)

Yoshikuni KAWABE, Dr. Ryūichi NAKAGAWA and Tamotsu MUKŌYAMA.

1. 緒 言

前報¹⁾において 0.2%C-0.2%B-18%Cr-12%Ni-3%Mo 鋼の高温強度におよぼす Ti の影響を検討し、Ti 添加の効果はそれほど大きくなく、また Ti 量は Ti/C で 3 以下と少ないほうが良いことを明らかにした。しかし、炭化物形成能の大きい Ti, Nb は一般に相当高温強度を高める添加元素として知られており、藤田ら²⁾、中野ら³⁾もボロンを含むステンレス系耐熱鋼への Ti, Nb 添加の意義を認めている。

著者らは炭化物形成元素 Ti の高温強度におよぼす影響をさらに明らかにするとともに、一面見方を変え、どのような基準組成の時添加すると、より効果的であるかを求めるため、C, Ti 量を広い範囲に変え、高温強度におよぼす C, Ti の影響を系統的に検討した。また、0.2%C 鋼で Nb 量の影響をも検討し、Ti 添加の場合と比較して Nb 添加の得失についても一部検討したのでその結果を報告する。

2. 試料および実験方法

Table 1 に試料の化学成分を示す。

各試料とも Si, Mn, Cr, Ni, Mo はそれぞれ 0.7, 1.5, 18.0, 12.0, 3.0% と一定にした。B.16~18 は

C 0.2%, B 0.2% と一定にし、Nb を 1, 1.5, 2.0% 添加し、前報¹⁾で報告した P.18, P.21 試料とともに Nb 量の影響を検討した。B.19~31 は B 0.2% と一定にし、そのうちの B.19~22 は C 0.1%, B.23~27 は C 0.3%, B.28~31 は C 0.4% でそれぞれ Ti 量を変え、各 C 含有量での Ti 量の影響を検討した。その際、

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

	C	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb	B
B.16	0.22	17.86	10.83	2.95	—	1.06	0.19
B.17	0.23	17.82	10.52	2.91	—	1.53	0.18
B.18	0.23	17.78	10.71	2.98	—	2.06	0.17
B.19	0.12	17.64	10.72	2.91	—	—	0.19
B.20	0.12	18.07	12.53	3.10	0.13	—	0.21
B.21	0.10	17.65	10.66	2.91	0.42	—	0.18
B.22	0.13	17.96	12.57	3.10	0.70	—	0.21
B.23	0.32	18.03	12.40	3.15	—	—	0.22
B.24	0.32	17.83	12.10	2.91	0.25	—	0.20
B.25	0.32	17.84	12.11	2.90	0.35	—	0.21
B.26	0.30	18.00	12.04	2.91	0.62	—	0.22
B.27	0.32	17.77	12.18	2.88	0.89	—	0.20
B.28	0.41	17.86	12.22	2.90	—	—	0.19
B.29	0.41	17.80	12.04	2.95	0.23	—	0.20
B.30	0.41	17.81	12.23	2.98	0.38	—	0.20
B.31	0.41	17.68	12.26	2.92	0.89	—	0.19
B.32	0.21	17.64	12.50	3.10	—	—	0.11
B.33	0.13	17.73	12.19	2.94	0.49	—	0.09
B.34	0.31	17.64	12.00	2.87	0.40	—	0.10
B.35	0.43	17.63	12.15	2.86	0.40	—	0.10

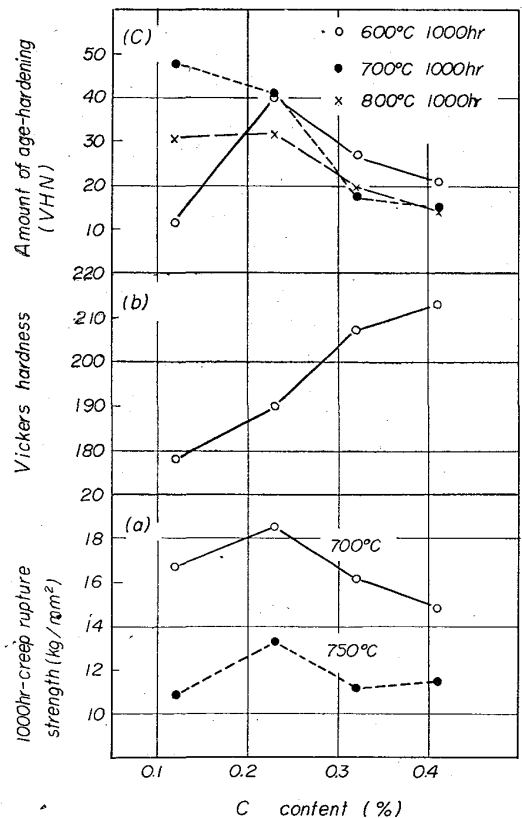


Fig. 1. Effect of C content on (a) 1000hr-creep rupture strength, (b) as solution treated hardness, (c) amount of age-hardening, of 0.2B-18Cr-12Ni-3Mo steel.

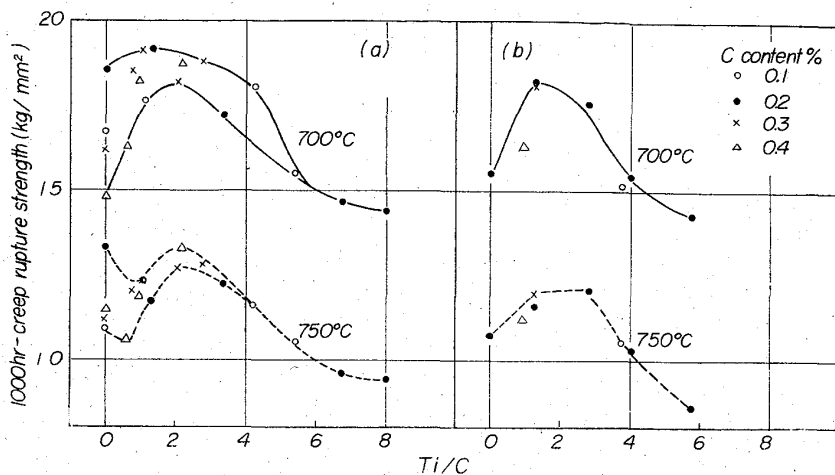


Fig. 2. Relation between 1000hr-creep rupture strength and Ti/C of (a) 0.2B-18Cr-12Ni-3Mo steels, (b) 0.1B-18Cr-12Ni-3Mo steels.

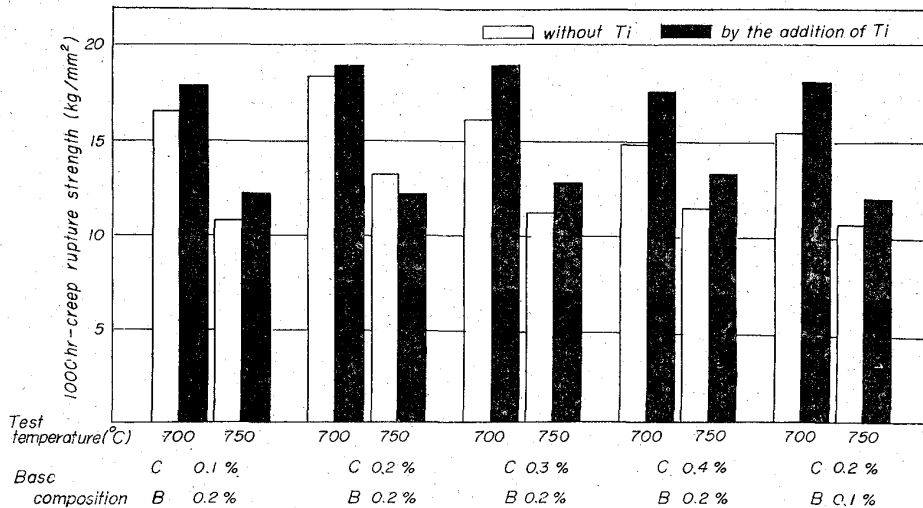


Fig. 3. Effect of addition of Ti on 1000hr-creep rupture strength of various base steels.

Table 2. Effect of Ti on high temperature strength for 0.1 and 0.4C-0.2B-18Cr-12Ni-3Mo steels.

Mark	Composition (%)		Tensile strength at 700°C (kg/mm²)	1000 hr-creep rupture strength	
	C	Ti		at 700°C (kg/mm²)	at 750°C (kg/mm²)
B.19	0.12	—	39.6	16.7	10.9
B.21	0.10	0.42	45.1	18.0	11.6
B.29	0.41	0.23	47.4	16.3	10.6
B.30	0.41	0.38	45.9	18.2	11.9
B.31	0.41	0.89	47.1	18.7	13.3

前報¹⁾で報告した0.2% Cでの Ti 添加の影響をも data にくり入れた。B.32~35 は B を 0.1% と一定にし、C, Ti 量を変えて、前報¹⁾の結果とともに、B を 0.1% に減少した時の C, Ti の影響を検討した。

溶解は 15kVA 高周波炉で 6 kg 溶製し、80 mm φ × 120 mm の鋼塊とし、硬さ、組織用には 10 mm 角に、クリープ・ラプチャー試験用には 18 mm 角にまで鍛造した。

クリープ・ラプチャー試験片は 1150°C × 1hr → W.Q., 750°C × 3hr → W.Q. の熱処理を行ない、700, 750°C で試験した。時効硬さ用試験片は 1150°C × 1hr → W.Q. の溶体化処理後、600, 700, 800°C で時効後、適当時間ごとに常温に急冷して測定した。

3. 実験結果および考察

Fig. 1 に 0.2B-18Cr-12Ni-3Mo 鋼の (a) 1000hr-クリープ・ラプチャー強さ、(b) 溶体化処理状態の硬さ、(c) 各温度 1000hr での時効硬化量におよぼす C 量の影響を示す。クリープ・ラプチャー強さは 700, 750°C とともに C 0.2% の時最も強い山形の傾向を示す。それに対し、溶体化処理状態の硬さは C 量の増加とともに増加し、時効硬化量、特に 700°C では C 量の増加とともに減少する傾向を示す。また、B は C の溶解度を下げる⁵⁾ ので、0.3, 0.4% C 鋼では溶体化処理状態で多量の Cr₂₃C₆ が粒界に析出している。このことから、十分 C が matrix 中に固溶し、粒界析出物が少なく適度の溶体化処理硬さを持ち、かつ適当量の時効硬化性を与えるように C を添加した時、高温強度は最も高い。

次に各 C% ごとに Ti を添加した試料について Ti 添加の影響

を検討した。各応力-ラプチャー時間曲線から 1000hr 強度を求め、Ti/C との関係を図 2 に示した。(a) 0.2% B 鋼、(b) 0.1% B 鋼とも C 含有量にかかわらず巾のある 1 本の曲線として図示され、Ti/C で 1~3 の時最も強く、Ti/C の増大とともに強度は急激に低下する。試験温度が 750°C と高くなると最適 Ti 量は高 Ti 側に移行する傾向があり、また 0.1% B 鋼では最適 Ti 量の範囲は狭くなる傾向が認められる。この Ti の添加により最も強度の増加する試料との比較を各 C, B 含有量ごとに示したのが Fig. 3 である。0.2% C-0.2% B 鋼では基準材そのものの強度が最も強く、Ti 添加により強度の増加できる量は少なく、750°C では減少さえする。それに対し、C 量が 0.1, 0.3, 0.4% の場合、B 量が 0.1% と基準材の強度が低い場合には Ti の添加で強度は着実に増加する。この現象は、ボロンを含有する鋼では熱間加工性、溶接性の上から、C, B の含有量をできるだけ低くおさえる必要があり、その場合の強度低下を熱間加工性、溶接性を悪くしない Ti の添加でカバー

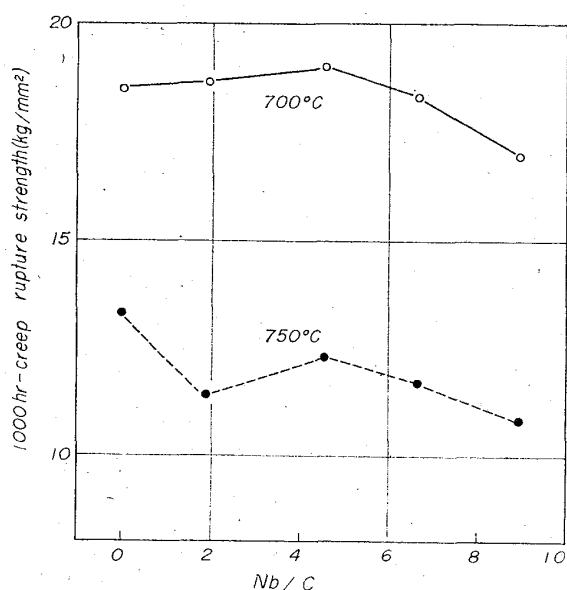


Fig. 4. Relation between 1000hr-creep rupture strength and Nb/C of 0.2C-0.2B-18Cr-12Ni-3Mo steels.

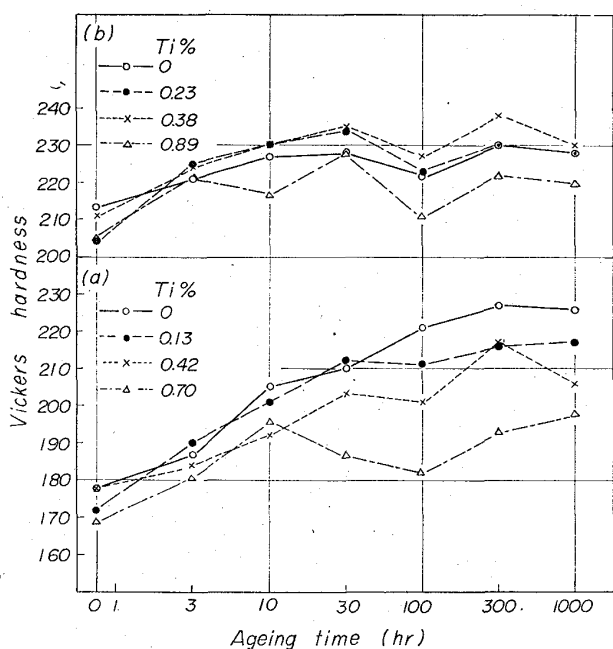


Fig. 5. Relationship between hardness and ageing time at 700°C for (a) 0.1C-0.2B-18Cr-12Ni-3Mo-Ti steels, (b) 0.4C-0.2B-18Cr-12Ni-3Mo-Ti steels.

できるという意味から意義が大きい。この作用は炭化物形成能の大きい元素に共通と思われる、Nb 添加の場合も同様に現われると思われる。

次に 0.2% 鋼の 1000hr 強度におよぼす Nb 量の影響を Fig. 4 に示す。強度は Nb/C で 3~6 の時最も強く、山形の関係を示す。その強度は Ti 添加の場合とほとんど等しく、その曲線の傾向も Ti 添加の場合と同様である。ただ、Nb/C が大きくなつても、Ti 添加の場合ほど急激に強度は低下せず、また最適 Nb 添加量の巾が

広いという特色がある。

この炭化物形成能の大きい元素 Ti, Nb の添加で高温強度を改善する機構を考察するため、0.1, 0.4% C 鋼の高温引張強さにおよぼす Ti の影響を Table 2 に、700°C での時効硬さ曲線におよぼす Ti の影響を Fig. 5 に示す。

0.1% C 鋼では Ti の添加で高温引張強さは着実に増加し、かつ時効硬化性が割合大きいことから Ti は matrix に固溶し、TiC として析出しクリープを阻止する機構が優先していると思われる。それに対して、0.4% 鋼では Ti の添加で高温引張強さはほとんど増加せず、かつ時効硬化性が著るしく低いことからして Ti の多くは溶体化処理状態ですでに析出していると思われる。それにもかかわらずクリープ・ラプチャー強さが Ti の添加で増加するのは、TiC として析出し、クリープを阻止する作用は当然あるであろうが、その前に、Fig. 1 に示すように 0.2% C 鋼では Ti を添加しなくても強度は十分に高いことからして、Ti の添加で TiC として C を補足し、0.2% 鋼の matrix の条件に近づく機構が優先していると推察される。

4. 結 言

0.1 または 0.2% の B を含む 18Cr-12Ni-3Mo 系耐熱鋼の高温性質におよぼす C, Ti, Nb の影響を明らかにするため、0.1~0.4% で Ti 0~2% の試料および 0.2% で Nb 0~2% の試料を溶製し、検討した。その結果次の結論を得た。

- (1) クリープ・ラプチャー強さにおよぼす C 量の影響は 0.2% の時極大となる山形の傾向を示す。
- (2) クリープ・ラプチャー強さにおよぼす Ti 量の影響は C 含有量にかかわらず Ti/C との関係で 1 本の曲線として図示され、Ti/C で 2~4 の時極大となり、さらに Ti 量が増加すると強度は急激に低下する。
- (3) この Ti 添加の効果は 0.1, 0.3, 0.4%, B 0.1% と Ti を添加しない状態での基準材の強度が低い時ほど大きい。
- (4) クリープ・ラプチャー強さにおよぼす Nb 量の影響は Nb/C で 3~6 の時極大となり、さらに Nb 量が増加しても Ti 添加の場合ほど急激には強度は低下しない。

文 献

- 1) 河部, 中川, 沼田, 上原: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 1003
- 2) 藤田, 丸鬼: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 998
- 3) 中野, 山本, 太田, 大砂, 清水: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 988
- 4) 河部, 沼田, 中川: 鉄と鋼, 50 (1964) 4, p. 729
- 5) C. CRUSSARD, J. PLATEAU, G. HENRY: Joint International Conference on Creep Proc., Vol. 1, p. 1