

(169) 669.14, 018.85; 669.15'24'26'28-194  
 ; 620.172, 251.2; 669.725; 669.777

される。

(3) 析出を伴わない場合には再結晶軟化温度が高いものは高温引張り強さが強いことは同一合金では成り立つ。

(4) N 添加材の高温引張り強さは歪時効のため高く、クリープ破断強度も短時間側では高いが長時間では薄れる。

(5) Ti 3.5% 添加材は 750°C でも過時効せず、クリープ破断強度は 700°C では Ti 2% 材と大差ないが 750°C ではかなり開きがでる。

### (169) 17Cr-11Ni-2Mo 鋼の高温特性におよぼす Be および Te の影響

(オーステナイト耐熱鋼の研究—III)

日立製作所, 日立研究所

佐々木良一・○幡谷 文男

#### Effect of Be and Te on High Temperature Properties of 17Cr-11Ni-2Mo Steel.

(Study on austenitic heat resisting steels—III)

Ryoichi SASAKI and Humio HATAYA

#### 1. 緒 言

700°C 付近で使用される耐熱鋼については多くの研究<sup>1)2)</sup>があるが、本研究では従来耐熱鋼用元素としては

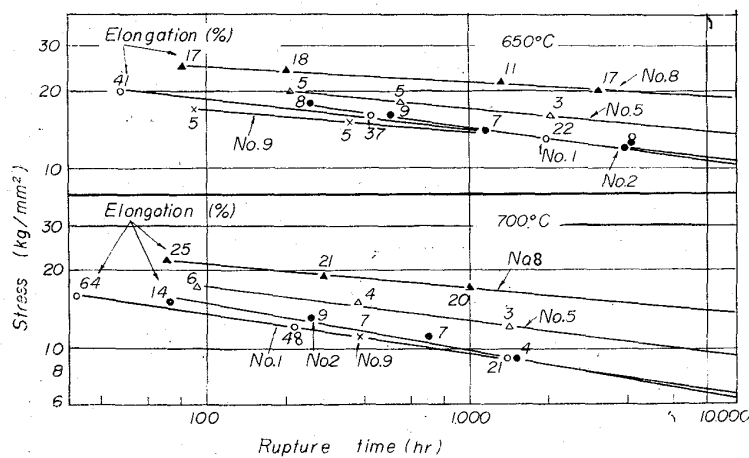


Fig. 1. Creep rupture curves of 17Cr-11Ni-2Mo steels.

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

No.	C	Si	Mn	Cu *	Ni	Cr	Mo	Be	Te*	B
1	0.07	0.46	1.73		11.90	16.77	1.94			
2	0.25	0.59	1.00		10.60	15.58	1.44	0.06		
3	0.08	0.40	1.72		12.37	16.89	1.95			0.05
4	0.24	0.65	1.18		10.64	15.50	1.43	0.04		0.04
5	0.11	0.62	1.30	3.00	11.50	17.87	1.54	0.04		
6	0.16	0.79	1.30	3.10	10.85	15.50	1.43	0.06		
7	0.10	0.80	1.20	3.13	10.65	15.50	1.46	0.06		0.05
8	0.12	0.80	1.21	3.29	12.87	15.63	2.08	0.07		0.08
9	0.14	0.70	1.35		11.40	18.10	1.64		(0.1)	
10	0.11	0.77	1.38		10.75	17.30	1.59		(0.5)	
11	0.15	0.69	1.19		10.70	16.60	2.01		(0.1)	0.08

\* Charged value.

とんど顧みられなかつた Be<sup>3)</sup> および Te の影響について調べた。また高温強度の増大に効果のある Cu および B との複合添加についても行なつた。これらの元素の強度におよぼす影響については調べられているが、耐酸化性については報告が少なく、本報告ではクリープ破断試験および酸化試験を行なつた結果について述べる。

#### 2. 試料および実験方法

試料は高周波溶解炉で 8~10kg 溶製し、鍛造後 1,100°C × 1hr 加熱水冷の熱処理をほどこした。Table 1 は試料の化学組成を示す。すなわち 17Cr-11Ni-2Mo 鋼に約 0.05% Be および約 0.05% B を単独および複合添加し、さらに 3% Cu も添加した。また Te については配合量で 0.1~0.5% 添加し、B との複合添加も行なつた。クリープ破断試験は 6φ の試片を用い、650°C および 700°C で行ない、酸化試験は 10φ × 20 の試片を用い、大気中 850°C で 500hr まで加熱し、酸化増量を調べた。

#### 3. 実験結果

##### 3.1 クリープ破断試験

Fig. 1 は No. 1, No. 2(Be), No. 5(Cu-Be), No. 8 (Cu-Be-B) および No. 9(Te) の 650°C および 700°C におけるクリープ破断試験結果を示す。これらの破断伸びにおよぼす Be の影響をみると、650°C においては No. 1 が 22~41% あるのに対し、Be を含む No. 2 は 7~9% に減少している。これに Cu の入つた No. 5 は 3~5% と減少しているが、さらに B が入つた No. 8 は 11~18% といくぶん回復している。なお図には省略したが B 単独添加の No. 3 は 74~78% と非常に大きい値を示している。Te の入つた No. 9 は 5% に低下している。700°C においても同じように Be, Cu および Te を添加すると伸びは減少し、これに B を添加すると回復を示す。

Fig. 2 は各試片の 650°C および 700°C における 1,000hr および 10,000hr 強度を示す。強度におよぼす各元素の影響をみると、Be を添加しても (No. 2) 強度はほとんど変化しない、B を添加すれば (No. 3) 従来と同じく強度増大を示すが、さらに Be を添加しても (No. 4) それ以上の増大は認められない。Cu, Be および B を複合添加す

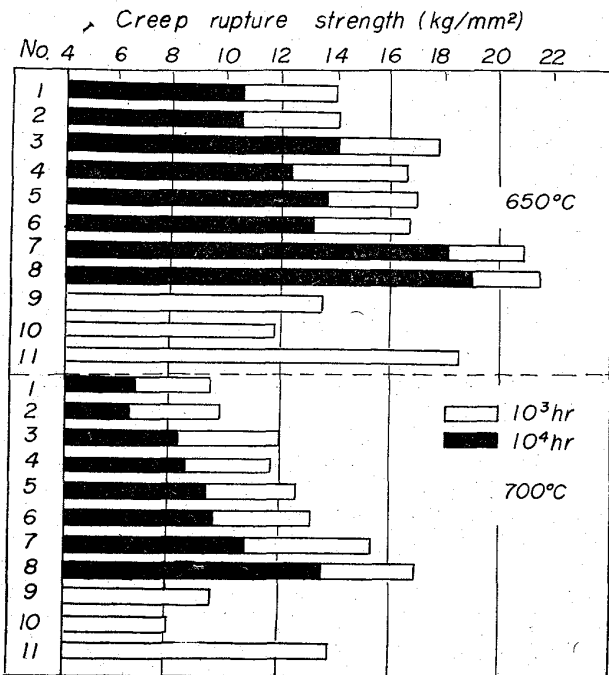


Fig. 2. Creep rupture strength of 17Cr-11Ni-2Mo steels.

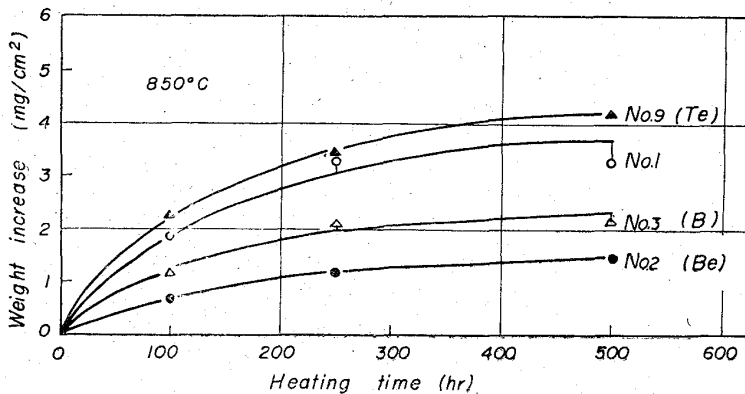


Fig. 3. Result of oxidation test in air at 850°C.

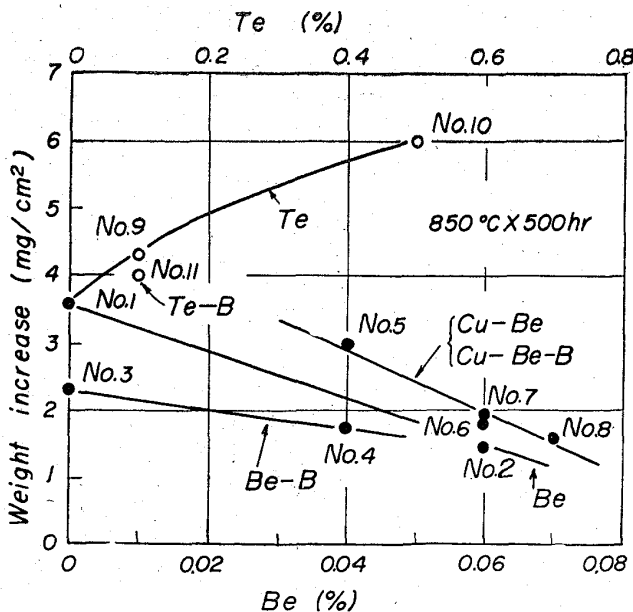
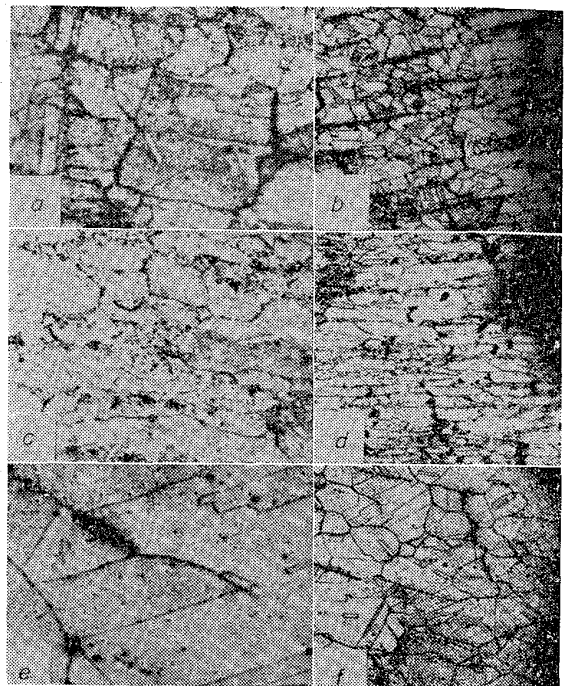


Fig. 4. Effect of Be and Te on oxidation in air after heating 500hr at 850°C.



( $\times 400 \times 2/3$ ) ( $\times 100 \times 2/3$ )  
 a, b) No 2 (Be) 9 kg/mm<sup>2</sup> 1,476hr  
 c, d) No 4 (Be-B) 11kg/mm<sup>2</sup> 1,640hr  
 e, f) No 9 (Te) 11kg/mm<sup>2</sup> 383hr

Photo. 1. Microstructures of creep ruptured specimens at 700°C.

ると (No. 7, 8) 強度は著しく増大する。また Te の影響をみると、添加量が少ない場合は (No. 9) 強度変化を示さないが、添加量が多いと (No. 10) 強度は減少する。Te および B を複合添加すれば (No. 11) 強度は増大する。

Fig. 3 は空气中で 850°C に加熱した場合の酸化増量を示し、Fig. 4 は 850°C $\times$ 5hr 加熱後の酸化増量におよぼす各添加元素の影響を表わす。微量 Be の添加により耐酸化性は著しく増大し、B の添加も耐酸化性を増す。これは中山ら<sup>4)</sup>が Fe-B について酸化試験を行ない、0.04% B の添加で酸化増量が 1/4 に減少するという結果と同じ傾向を示す。Cu と Be を複合添加すれば、No. 1 より耐酸化性を増すが、Be 単独添加の場合よりも酸化増量は大きく、Cu は耐酸化性を低下させる。また Te の添加は耐酸化性を著しく低下させる。

Photo. 1 は Be, Be-B および Te を添加した試片の 700°C クリープ破断後の顕微鏡組織である。破断伸びはそれぞれ 4%, 39% および 7% であり、No. 2 および No. 9 は結晶粒がほとんど変形せず、粒界に亀裂を生じている。No. 4 も粒界に亀裂を生じているが、B を含むため結晶粒界が強化され、他に比べ結晶粒が変形しており、破断伸びが大きい。

以上の結果により、Te は強度および耐酸化性を低下させるが、Be は強度に影響を与えず、耐酸化性を向上させるので、高温で耐酸化性の要求される部分の材料に適している。また Cu, Be および B を複合添加すれば強度および耐酸化性のすぐれた材料が得られる。

(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<sup>1)</sup>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<sup>2)</sup>、中野ら<sup>3)</sup>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<sup>1)</sup>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

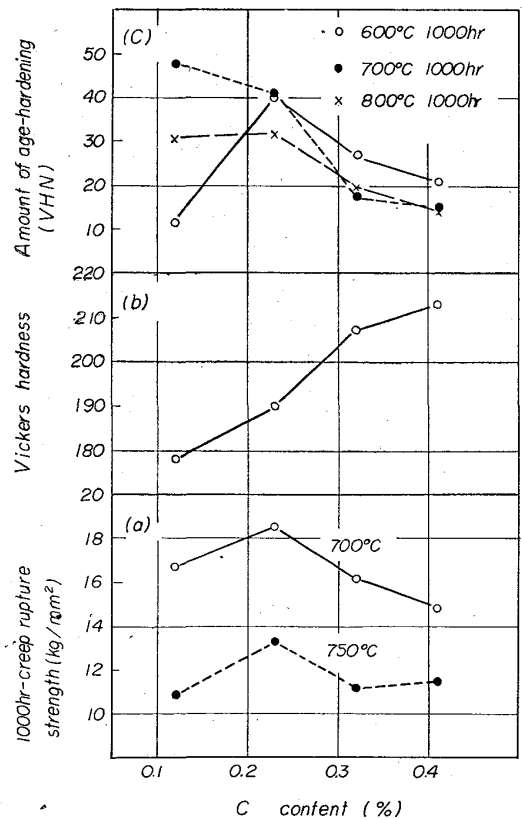


Fig. 1. Effect of C content on (a) 1000hr-creep rupture strength, (b) as solution treated hardness, (c) amount of age-hardening, of 0.2B-18Cr-12Ni-3Mo steel.