

Fig. 1. Typical creep curves (650°C)

Cr 耐熱鋼の 600°C, 650°C, 700°C のクリープおよび破断強度を調べた。

(2) 12% Cr 耐熱鋼に B を添加すれば 650°C~700°C のクリープおよび破断強度を高めるが、600°C 付近ではあまり効果がない。

(3) 12% Cr 耐熱鋼に N+B を添加すれば 600~700°C のクリープおよび破断強度を高めることができる。

(4) N+B を添加した 12% Cr 耐熱鋼は焼入温度を 1250°C にすることにより、いちじるしくクリープおよび破断強度を高めることができる。

(5) 12% Cr 耐熱鋼に B+N を添加する場合の適量は 0.02~0.03%, B+0.02~0.03% N と考える。

### (107) 12% Cr 耐熱鋼の研究 (VIII)

(12% Cr 耐熱鋼におよぼす B, B+N, Ti, W の影響)

#### Studies on 12 Percent Chromium Heat-Resisting Steels (VIII)

(Effect of B, B+N, Ti, and W on 12 Percent Chromium Heat-Resisting Steels)

T. Fujita, et alius.

東大教授 工博 芥川 武  
東大助教授 工藤 田利夫

#### I. 緒 言

第 7 報で 12% Cr 耐熱鋼におよぼす B, B+N の影響について調べ 0.03% B+0.03% N が最もすぐれていることが明らかとなったが、さらに本報は、B, B+N の影響について詳細に調べた。一方 12% Cr 耐熱鋼に対する Ti+B および W+N+B の影響についても調べた。

これらにより Table 4 に示すごとく新型の 12% Cr

耐熱鋼 (TAF. 1A) を発見することが出来た。この TAF. 1A は 650°C までの高温特性はきわめて優秀で、650°C, 1000 h の破断強度は鉄基オーステナイト系耐熱合金として有名な Timken 16-25-6 よりやゝ高いことは注目に値する。この TAF. 1A はジェットエンジン翼車、排気タービン翼車などに限らず、高温高圧蒸気タービン動翼材、ガスタービン動翼材などに広く使用される見込みである。

## II. 試料および実験方法

### (1) 試料

Table 1 に示すごとく 7 種類の試料を高周波電気炉で 4~5 kg 熔解し、25 mmφ に鍛造した。

S1 は第 1 報の K 143 に相当するものを再熔解したものである。S2 は S1 を基礎にして B を単独で 0.15% 添加したものである。これは鍛造が非常に困難である。S3, S4, S5 は S1 を基礎にして B+N の量を変化させたものである。S6, S7 は 0.15% Ti+0.03% B, 0.20% W+0.03% B+0.02% N を添加したものである。S6 の Ti は金属 Ti で添加した。

### (2) 実験方法

Table 1 の試料に対し熱処理 A [1150°C×1/2 h→O.Q. 700°C×1 h→A.C.] をほどこし 650°C, 12 kg/mm<sup>2</sup> で 2500~4000 h のクリープ試験を行なった。一方熱処理 B [1250°C×1/2 h→O.Q. 700°C×1 h→A.C.] および熱処理 A をほどこした試料に対し、650°C, 24 kg/mm<sup>2</sup> (一部 20 kg/mm<sup>2</sup>) で破断試験を行なった。

また次のごとき熱処理を行なつて硬度、組織の変化も調べた。

焼入処理 1150°C×1/2 h→O.Q.

焼戻処理 500°C, 550°C, 600°C, 650°C, 700°C  
×1 h, 10 h, 100 h, 1000 h→A.C.

## III. 実験結果

### (1) クリープおよび破断強度

Table 2 はクリープおよび破断強度を示す。

B 添加の場合 (S2)

B を 0.15% 添加すればクリープ、および破断強度は 0.05~0.10% B 添加した場合よりかえつて低下し、しかも熔解、鍛造がいちじるしく困難になる。したがつて B 添加は 0.1% 以下でなければならぬ。

B+N 添加の場合 (S3, S4, S5)

B+N を S3 (0.03% B+0.02% N), S4 (0.05% B+0.05% N) 程度に変化させてもあまりクリープおよび破断強度は変化しない。特に B+N を多くした S4 は焼入温度を高くしなければクリープおよび破断強度は

Table 1. Chemical composition of specimens.

Sample No.	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Nb	B	N	Other element
S 1	0.20	0.5	0.4	11.50	0.87	0.13	0.21	—	—	—
S 2	0.16	0.5	0.4	11.83	0.65	0.16	0.18	0.15	—	—
S 3	0.16	0.5	0.4	11.30	0.99	0.12	0.23	0.03	0.02	—
S 4	0.16	0.5	0.4	11.10	0.90	0.12	0.20	0.05	0.05	—
S 5	0.20	0.3	0.4	12.16	0.92	0.21	0.24	0.03	0.10	—
S 6	0.15	0.5	0.4	11.10	0.99	0.13	0.22	0.03	—	Ti 0.12
S 7	0.16	0.5	0.4	11.83	1.20	0.15	0.23	0.03	0.02	W 0.18

Table 2. Creep and rupture properties of 12 percent chromium heat-resisting steels.

Sample No.	Heat treatment A 1150°C×1/2h→O.Q. 700°C×1h→A.C.					Heat treatment B 1250°C×1/2h→O.Q. 700°C×1h→A.C.		
	650°C and 12mg/mm <sup>2</sup> in total strain %			Rupture time and rupture elongation, 650°C and 24 kg/mm <sup>2</sup>		Rupture time and rupture elongation, 650°C and 24 kg/mm <sup>2</sup>		
	at 300 h	at 1000 h	at 2500 h	Rupture time (h)	Rupture elongation (%)	Rupture time (h)	Rupture elongation (%)	
S 1	0.308	0.480	—	429.7*	22.7	196.9	11.7	
S 2	0.326	0.488	0.804	290.5*	7.0	—	—	
S 3	0.258	0.368	0.544	209.3	6.7	821.0	5.0	
S 4	0.268	0.380	0.536	120.7	19.7	805.5	3.3	
S 5	0.242	0.342	—	157.8*	10.0	—	—	
S 6	0.396	0.640	—	26.8	28.3	8.4	14.3	
S 7	0.240	0.334	0.500	359.1	11.0	1730.2	10.7	

\* 650°C and 20 kg/mm<sup>2</sup>

高くない。しかし S5 のごとく 0.03% B+0.10% N を添加すれば、焼入温度を高めても破断強度はいちじるしく低下する。

## Ti+B 添加の場合 (S6)

これは Ti B<sub>2</sub> の析出をおこさせるため、0.15% Ti+0.03% B を添加したが、クリープおよび破断強度はいちじるしく低下する。一方 Ti は 12% Cr 鋼に単独で 0.3~0.6% 添加してもクリープ強度はいちじるしく低下する点から考えて、12% Cr 耐熱鋼に Ti を添加することは絶対さげなければならぬ。

## W+B+N 添加の場合 (S7)

12% Cr 鋼に W を単独に添加した場合のクリープ強度をいちじるしく高めたので、S1 に W を添加し、さらに

これに B+N を添加した。これは著者等が熔解した 12% Cr 耐熱鋼のうちで最もすぐれたクリープおよび破断強度を有し、1250°C より焼入することにより 650°C 付近では Timken 16-25-6 より、やゝすぐれた強度を持っている。しかも破断伸びは 10% 以上で、きわめて優秀である。

## (2) 焼戻硬度

各温度 (500~700°C) でクリープおよび破断試験が行えないので、焼戻硬度を 500~700°C で測定し、この温度付近のクリープ、および破断強度を推定せんとして行なったものである。しかしこのように合金元素が複雑になると単独に合金元素を添加した場合とことなつて、焼戻硬度からクリープ強度を推定することは困難である。

Table 3. Tempering hardness of 12 percent chromium heat-resisting steels.

Sample No.	Addition element	1150°C×1/2h→O.Q.					
		as quench	500°C ×1000h	550°C ×1000h	600°C ×1000h	650°C ×1000h	700°C ×1000h
S 1	—	497	340	305	301	282	226
S 2	0.15B	522	337	312	315	294	235
S 3	0.03B+0.02N	465	352	312	300	282	230
S 4	0.05B+0.05N	472	347	306	299	275	235
S 5	0.03B+0.10N	600	401	339	325	293	230
S 6	0.03B+0.15Ti	475	362	329	312	286	238
S 7	0.03B+0.02N+0.2W	468	351	306	291	275	233

Base composition: Cr=12%, Mo=0.8%, V=0.2%, Nb=0.2%

Table 4. Rupture strength of typical 12 percent chromium heat-resisting steels.

Steel name	C	Cr	Mo	W	V	Nb	Other element	Stress for rupture in 1000h. (kg/mm <sup>2</sup> )	
								600°C	650°C
H46 (original) <sup>(1)</sup>	0.15	11.0	0.50	—	0.70	0.15	—	23.0	14.0
H46 (latest) <sup>(1)</sup>	0.15	11.5	0.45	—	0.30	0.25	—	25.5	15.0
Rex 448 <sup>(1)</sup>	0.20	11.0	0.80	—	0.15	0.50	—	26.4	16.0
Ascolloy <sup>(2)</sup>	0.20	12.0	—	3.0	0.25	—	Co 5.0	24.0	12.5
C422 <sup>(2)</sup>	0.23	13.0	1.0	1.0	0.25	—	—	23.0	11.5
TAF 1A <sup>(3)</sup>	0.16	12.0	0.8	0.2	0.2	0.2	N+B 0.02+0.03	35.0	26.5
TAF 1B <sup>(3)</sup>	0.16	12.0	0.8	—	0.2	0.2	N 0.03	33.0	23.5

(1) British type (2) American type (3) Japanese type

(3) 各種耐熱鋼の 650°C における破断強度

Fig. 1 は、著者等の実験室で行なつた 12% Cr 鋼, TAF. 1A, 18-8 鋼, 18-8 Mo 鋼, Timken 16-25-6 の 650°C における破断試験の結果である。これにより TAF. 1A の 650°C, 1000h の破断強度は 12% Cr 鋼に比較して 7~8 倍になつてゐることがわかる。

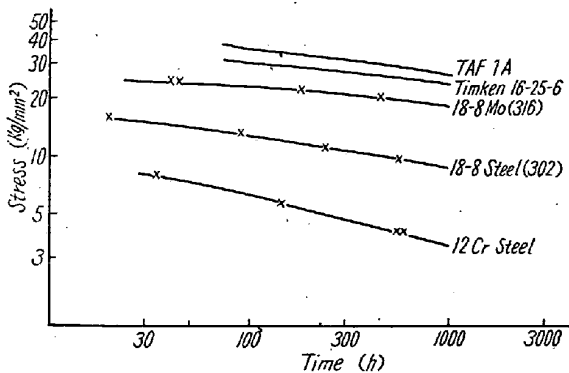


Fig. 1. Rupture strength of heat-resisting steel at 650°C.

(4) 代表的 12% Cr 耐熱鋼の破断強度

Table 4 は 12% Cr 耐熱鋼の 600°C, 650°C の 1000 h の破断強度を示す。これから見て著者等の研究により得た TAF. 1A は英国, 米国のものよりはるかに強力であることがわかる。

#### IV. 結 言

以上の実験結果を要約すると次のごとくなる。

- (1) 12% Cr 耐熱鋼に B を単独に 0.15% 添加すると, 0.05%~0.10% B を添加した場合より, かつてクリープおよび破断強度は低下する。
- (2) 12% Cr 耐熱鋼における B+N は 0.02~0.05 % 程度の範囲で変化しても, クリープ強度はあまり変化しない。ただし添加量が多くなれば焼入温度を高めなければならぬ。
- (3) 12% Cr 耐熱鋼に 0.03% B+0.10% N を添加したものは, いちじるしく破断強度が低下する。したが

つて N は B と同時に添加する場合でも 0.05% 以下でなければならぬ。

(4) 12% Cr 耐熱鋼に Ti+B を添加すればクリープ強度をいちじるしく低下せしめる。

(5) 12% Cr 耐熱鋼に W+B+N を添加した TAF. 1A は 1250°C から焼入することにより 650°C, 1000h の破断強度は Timken 16-25-6 合金よりやゝ強力になる。また TAF. 1A の 650°C, 1000h の破断強度は, 12% Cr 鋼の 7~8 倍である。

(6) 12% Cr 耐熱鋼の合金元素が複雑になればなる程焼戻硬度でクリープ強度を推定することは困難である。

### (108) LCN 155 耐熱鋼におよぼす Cb, N の影響

(溶体化処理後の焼戻における析出について-III)  
Effect of Cb and N on the LCN Heat-Resisting Steel

(On the Precipitation during Tempering after Solution Treatment)

T. Masumoto, et alius

東北大学金属材料研究所 工博 今井 勇之進  
工修 増本 健

#### I. 結 言

本合金の時効性におよぼす Cb, N の影響について筆者等はすでに二報にわたり報告し, Cb および N を同時に添加することにより溶体化処理後の焼戻硬度を高くし, 軟化速度遅く, 硬化量を大とすることを明らかにしさらに Cb, N がこの優秀な時効性を与える理由を調べるために顕微鏡組織, X線, 電子顕微鏡による析出物の形状, 種類, 構造におよぼす Cb, N の効果を研究した