

(160) 15Cr-15Ni 系オーステナイト耐熱鋼のクリープ破断強度におよぼす Ti, Ti+B および Nb+N の影響

東京大学工学部 工博○藤田利夫  
日立金属工業 九鬼秀勝

Effect of Ti, Ti+B and Nb+N on Creep Rupture Strength of 15Cr-15Ni Austenitic Heat Resisting Steels.

Dr. Toshio FUJITA and Hidekatsu KUKI.

I. 緒言

数年前より著者らは Ni が比較的 low 650°~750°C で LCN-155 よりもすぐれたクリープ破断強度を有する耐熱鋼を開発せんとして、15Cr-15Ni 系オーステナイト耐熱鋼を研究している。15Cr-15Ni 系オーステナイト耐熱鋼の高温強度を高めるためには、Mo, W でオーステナイト地を強化し、Ti および B を添加して、Ti の炭化物を析出させ、B で結晶粒界を強化したものが最もすぐれていることを述べたり。

本報では、Mo, W を各々 2% 程度添加し、さらに Ti を比較的少量添加したものとこれに B 0.1% を添加したものと、Ti の代りに Nb を添加しこれに N+B を添加したのものについて、650°~750°C のクリープ破断試験を行なった。また 1150°, 1250°C の溶体化処理がクリープ破断強度にどのような影響があるかを調べた。

そのほか、時効硬度、顕微鏡組織についても研究を行なった。

II. 試料

試料は高周波電気炉で 20kg 溶解し、20mm 角棒に鍛造したものをクリープ破断試験に使用し、また 10mm 角棒に鍛造したものを時効硬度、顕微鏡試料に使用した。試料の化学成分を Table 1 に示す。

S1 は 15Cr-15Ni-2Mo-2W に Ti を 1.8% 添加したものである。S2 は S1 にさらに B を添加し、結晶粒を強化し、碳化物の析出をねらったものである。S3 は S2 の Ti の代りに Nb を添加しさらに N を 0.1% 添加したものである。S4 は S3 の C 量を高め Mo を添加しないものである。

III. 実験結果

(1) クリープ破断強度

試験片は次の熱処理を行ない、650°C, 700°C および 750°C でクリープ破断試験を行なった。

1150°C×1 hr→油冷, 750°C×20 hr→空冷

Fig. 1 に応力時間曲線を示す。Fig. 2 は Larson-Miller によつて表わしたものであり、Table 2 にこれらから求めたクリープ破断強度を示す。

S1 は 15Cr-15Ni-2Mo-2W に Ti 1.8% のみ入ったものであるが、クリープ破断強度は比較的すぐれている。これは 15Cr-15Ni 系オーステナイト耐熱鋼では、Ti を添加すると TiC を析出し、この TiC の析出により高温の強度がいちじるしく改善される。S2 は S1 に B 0.1% 添加したものであり、650°C 付近の強度はい

Table 1. Chemical composition of specimens. (%)

Steel No.	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	Nb	Ti	B	N
S 1	0.27	0.84	1.02	14.41	16.44	2.24	2.03	—	1.80	—	—
S 2	0.28	1.03	0.94	14.46	15.41	2.00	1.72	—	1.67	0.088	—
S 3	0.27	1.18	1.02	17.24	16.62	2.25	2.14	2.16	—	0.096	0.116
S 4	0.47	1.23	0.73	14.28	14.09	—	2.05	1.90	—	0.145	0.109

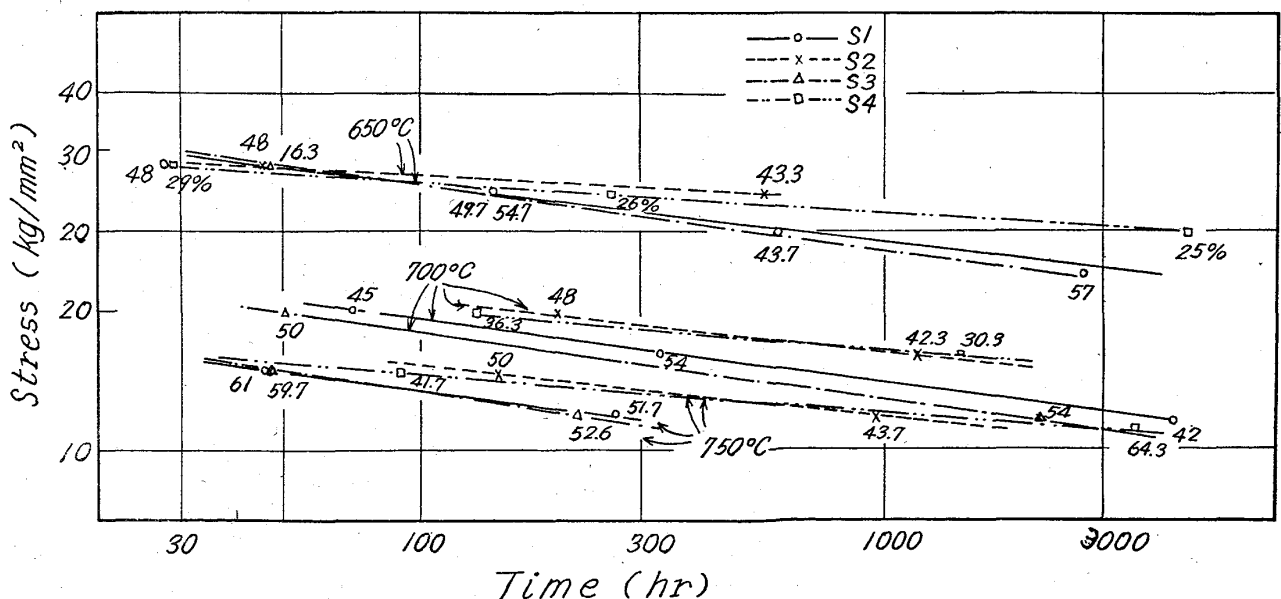


Fig. 1. Rupture strength of 15%Cr-15%Ni austenitic heat resisting steels.

ちじるしく改善され、長時間側の強度の低下も非常に少ない。750°Cでも短時間側ではかなり良いが、長時間側ではやや低下する。S3はS2のTiの代りにNb 2% 添加しさらにN 0.1% 添加したものであるが、クリープ破断強度は最も低く、長時間側の低下もいちじるしい。S4はS3よりCを高めたものであるが、Moが添加されないにもかかわらずS1, S3よりも強い。

以上のように15Cr-15Ni系オーステナイト耐熱鋼は、Nb, B およびNで強化するより、Ti およびBによつた方が効果は大きく、しかもC量を少し高くした方がよい。

(2) クリープ破断強度におよぼす熱処理の影響

クリープ破断強度におよぼす熱処理の影響を調べるため、熱処理を次の2種について行ない、700°Cでクリープ破断試験を行なつた。

- { 1150°C×1hr→油冷, 750°C×20hr→空冷
- { 1250°C×20hr→油冷, 750°C×20hr→空冷

この結果を Fig. 3 に示す。

1250°Cでの溶体化処理により700°C, 1000hrの強度が4~6kg/mm<sup>2</sup>高くなる。特にS3のクリープ破断強度の改善がいちじるしく、Ti添加のS1よりも強くなる。しかし、溶体化温度を高くすると破断伸びがいちじるしく低下することは注意しなければならない。

(3) 時効硬度と顕微鏡組織

時効硬化現象を調べるために次の熱処理を行なつた。

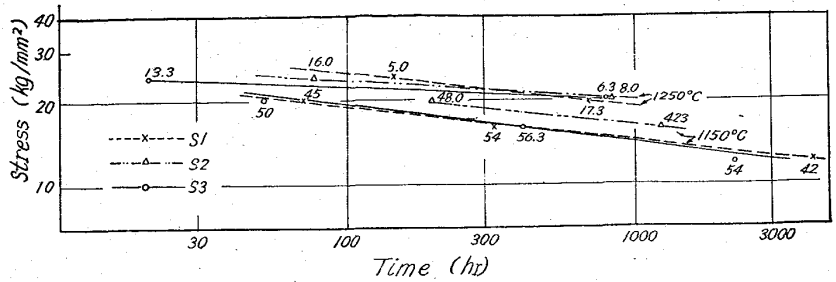


Fig. 3. Effect of solution treatment on rupture strength of 15%Cr-15%Ni austenitic heat resisting steels at 700°C.

溶体化処理 1150°C×1hr→油冷

時効処理 { 600°C }  
 { 650°C } × 1, 3, 10, 30, 100, 300,  
 { 700°C } × 1000, 3000 hr → 空冷  
 { 750°C }  
 { 800°C }

これらの結果、S1~S4までいずれも時効硬化はほとんどなく、溶体化処理硬度でS1がHvで171, S2が184, S3が207 およびS4が211で、時効10hr後でS1が190, S2が200, S3が215 およびS4が220で、3000hrまでほとんど硬度の変化がない。

つぎに、クリープ破断試験を行なう前の熱処理すなわち1150°C×1hr→油冷, 750°C×20hr→空冷, および1250°C×1hr→油冷, 750°C×20hr→空冷を行なつた後の組織を観察した。

1250°Cで溶体化処理を行なうことによりクリープ破断強度が700°C, 1000hrで4~6kg/mm<sup>2</sup>高くなることは組織の上から、合金元素が完全に固溶され、さらに結晶粒が大きくなるためと考えられる。結晶粒が粗大化したためクリープ破断伸びが減少することも実験結果と一致している。

B入りのS2, S3およびS4などの結晶粒界は1250°Cの溶体化処理で一部溶融を起しているようである。

IV. 結 言

15Cr-15Ni系オーステナイト耐熱鋼の高温強度を高めるためには、合金元素としてNb, Nなどを添加するより、Ti, Bなどを添加する方が有効である。C量も0.3~0.4%位が適量であると考えられる。

この系統のオーステナイト耐熱鋼では、時効硬度や顕微鏡組織からクリープ破断強度を類推することは非常に困難で、どうしてもクリープ破断試験を行なう必要がある。

また、溶体化処理温度を高めるとクリープ破断強度を高めるが、破断伸びがいちじるしく低下する。したがってあまり溶体化処理温度を高めることはできない。

文 献

- 1) 藤田他: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 609~611

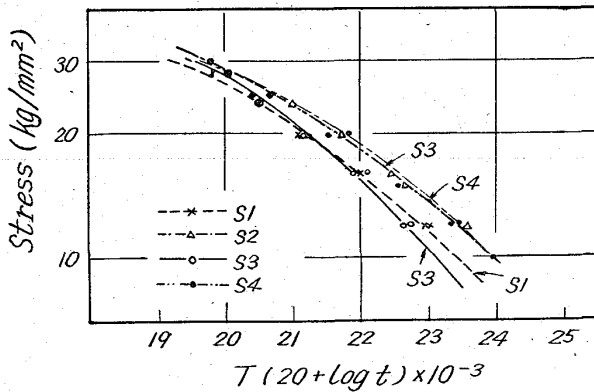


Fig. 2. Rupture strength of 15%Cr-15%Ni austenitic heat resisting steels.

Table 2. Creep rupture strength of 15% Cr-15% Ni austenitic heat resisting steels.

Steel No.	Rupture strength (kg/mm <sup>2</sup> )					
	650°C		700°C		750°C	
	100 hr	1000 hr	100 hr	1000 hr	100 hr	1000 hr
S 1	25.0	17.5	18.0	13.5	13	9.5
S 2	26.5	21	21.5	16.5	15.5	11.5
S 3	25.5	18.5	17.5	13	12	8.5
S 4	26.5	20.5	21.0	16.5	15	11

(161) 15Cr-25Ni 系オーステナイト耐熱鋼におよぼす Ni, B および Mo+W の影響

(オーステナイト系耐熱鋼の研究—Ⅱ)

東京大学工学部 工博○藤田 利夫  
日立金属工業 笹倉 利彦・九鬼 秀勝

Effect of Ni, B and Mo+W on 15Cr-25Ni Austenitic Heat Resisting Steels.  
(Studies on austenitic heat resisting steels—Ⅱ)

Dr. Toshio FUJITA, Toshihiko SASAKURA  
and Hidekatsu KUKI.

I. 緒 言

15%Cr-25%Ni 系オーステナイト鋼に, Mo 1.5%,

W 1.5%, Ti 4% および B 0.05% を添加したものが非常にすぐれたクリープ破断強度を有することは, 第 6<sup>1)</sup>, 7<sup>2)</sup>, 8<sup>3)</sup>報にのべた。

本報では, この耐熱鋼から Mo+W を除いたもの, さらに B を 0.133% 添加したもの, また Ni を 35%, 50% に増加したものについて, クリープ破断強度, 時効硬度, 顕微鏡組織などにどのような影響をおよぼすかを調べた。

II. 試 料

試料は高周波真空溶解炉で 6kg 溶解し, 20mm 角棒に鍛造したものをクリープ破断試験に使用し, さらに 10mm 角棒に鍛造したものを時効硬度および顕微鏡試料に使用した。試料の化学成分を Table 1 に示す。

S1 は 15%Cr-25%Ni 系オーステナイト鋼に Ti 4%, B 0.05% 添加したもので著者らが求めた基準組成から

Table 1. Chemical composition of specimens. (%)

Steel No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	Ti	B	Zr
S 1	0.04	0.56	0.71	0.005	0.004	25.46	13.82	—	—	3.92	0.055	—
S 2	0.04	0.55	0.85	0.009	0.004	26.31	13.91	1.49	1.45	3.70	0.058	—
S 3	0.04	0.53	0.81	0.011	0.005	25.46	14.27	1.59	1.32	3.82	0.133	—
S 4	0.02	0.53	0.53	0.006	0.007	25.60	14.04	1.40	1.05	4.48	0.050	0.045
S 5	0.02	0.55	0.46	0.005	0.007	35.50	14.15	1.40	1.36	4.64	0.057	0.045
S 6	0.04	0.52	0.93	0.008	0.003	49.94	15.31	1.57	1.35	3.76	0.051	—

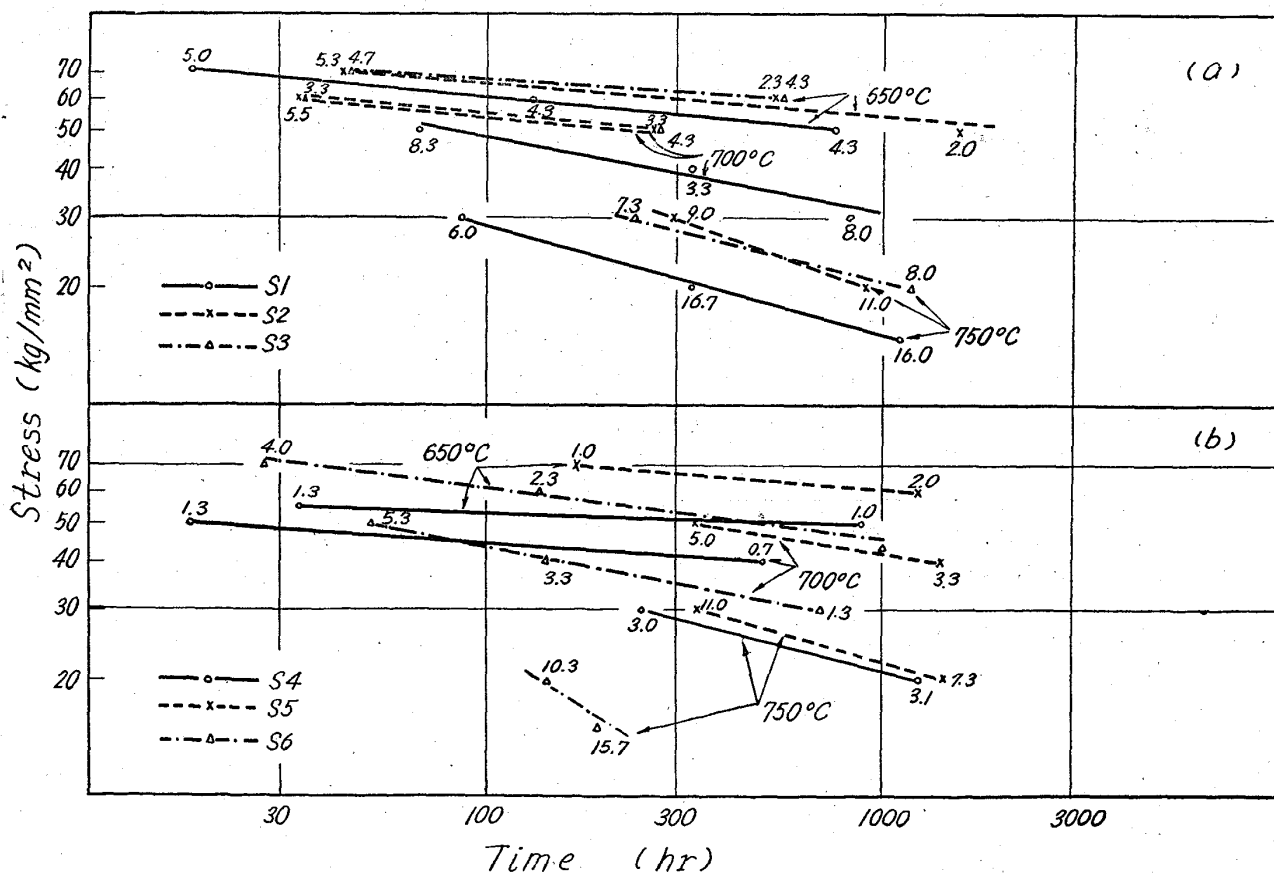


Fig. 1. (a) Effect of Mo plus W and B on rupture strength of 15%Cr-25%Ni austenitic heat resisting steels.  
(b) Effect of Ni on rupture strength of 15%Cr-25%Ni austenitic heat resisting steels.