

IV. 結 言

以上の実験結果を要約するとつぎのごとくなる。

(1) B および N を複合添加した 12%Cr 耐熱鋼の 600°C, 650°C のクリープ破断強さおよび熱処理のクリープ破断強さにおよぼす影響について調べた。

(2) W を添加した 12%Cr 耐熱鋼は 600°C のクリープ破断強さはよくなるが、650°C のクリープ破断強さはかえって低下する。

(3) 12%Cr 耐熱鋼には、0.2% 程度の Nb 添加が非常に有効である。

(4) 12%Cr 耐熱鋼の焼入温度は 1150°~1200°C が適当であり、焼入保持時間は $\frac{1}{2}$ ~1 h で十分である。

(5) 12%Cr 耐熱鋼の焼戻処理は 680°~700°C×1h →空冷がもつとも適当である。また焼入時の冷却速度はあまりクリープ強さに影響がないので焼割れのもつとも少ない空冷が適当である。

(110) 長時間のクリープ破断特性と焼戻硬度について

(12%Cr 耐熱鋼の研究—Ⅱ)

Long Period Creep Rupture Properties and Tempering Hardness

(Studies on 12 percent chromium heat resisting steels—Ⅱ)

T. Fujita, et alius.

東京大学工学部

故 工博 芥川 武・工〇藤田 利夫

I. 緒 言

12%Cr 耐熱鋼の数千時間程度のクリープ試験については第9報でのべたが、本報ではさらに長時間のクリープ破断試験の結果についてのべる。

一方BおよびNを単独および複合添加した 12%Cr 耐熱鋼の 650°C, 10000 h の焼戻処理をおこない、これらの焼戻硬度、顕微鏡組織などの変化を調べた。

II. 試 料

長時間のクリープ破断試験をおこなった試料の化学組成を Table 1 にしめす。S10~S12 は高周波電気炉で 4~5 kg 熔解し、24~25 mm の丸棒に鍛造した。S13, S14 は高周波電気炉で 30~50 kg 熔解し 25 mm の角棒に鍛造した。

焼戻処理に使用した S21~23, S31~33 は高周波電気炉で 4~5 kg 熔解し、10 mm の角棒に鍛造した。

III. 実 験 結 果

(1) 長時間のクリープ破断試験におよぼす合金元素の影響。

第9報でのべた長時間クリープ試験は、現在も引きつづいておこなっている。試料の熱処理は 1150°C× $\frac{1}{2}$ h →油冷, 700°C×1h →空冷であり、試験条件は 650°C, 12 kg/mm² である。この結果を Fig. 1 にしめす。

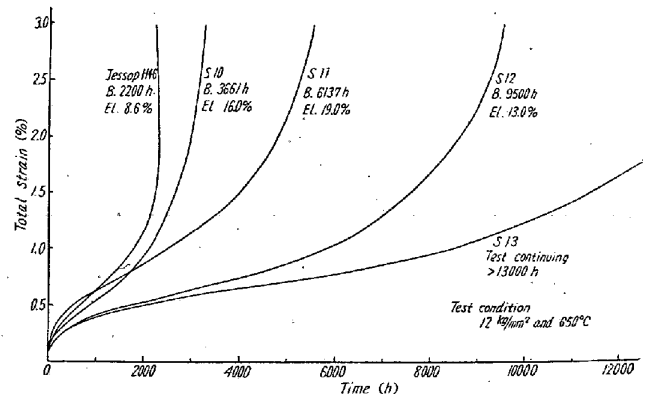


Fig. 1. Comparative creep curves of 12% chromium heat-resisting steels.

この図にBおよびNを添加しない 12% 耐熱鋼すなわち Jessop H46, S10 のクリープ曲線を付記した。

これからつぎのことがわかる。

(i) B 0.03% および Ti 0.12% を添加した S11 は最初の 1000 h 程度は S10 よりクリープ歪は大きいですが、破断時間は 6137 h で S10 の約 1.7 倍の破断時間になる。

(ii) B 0.05% および N 0.05% を添加した S12 の破断時間は 9500 h で S10 の約 2.6 倍の破断時間にな

Table 1. Chemical compositions of specimens tested.

Steel No.	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Nb	B*	N*	Other element
S 10	0.20	0.4	0.5	11.50	0.87	0.13	0.21	—	—	—
S 11	0.15	0.4	0.5	11.10	0.99	0.13	0.22	0.03	—	Ti 0.12
S 12	0.16	0.4	0.5	11.10	0.90	0.12	0.20	0.05	0.05	—
S 13	0.21	0.5	0.8	11.16	1.29	0.17	0.29	0.03	0.03	—
S 14	0.21	0.32	1.16	11.61	0.95	0.20	0.24	0.03	0.03	—

* Additional amount.

る。

(iii) B 0.03% および N 0.03% を添加した S13 は 13000 h でもなお全クリープ歪が 1.9% で破断しない。

これらから短時間のクリープ試験で、長時間のクリープ試験の結果を推定することがいかに困難かがわかる。

(2) 長時間のクリープ試験および熱処理の影響。

S14 を 1150°C, 1250°C に $\frac{1}{2}$ h 保持して油冷し, 700°C で 1h 焼戻をおこなった。これを 650°C で 12 kg/mm², 16 kg/mm² のクリープ試験をおこなった。その結果を Fig. 2 にしめす。

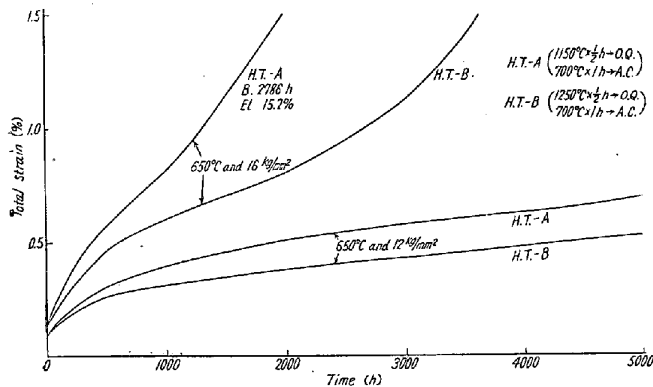


Fig. 2. Creep curves of specimen (S14).

これらから焼入温度を 1150°C から 1250°C にすることによりクリープ破断強さをいちじるしく強くし、荷重が 12 kg/mm² から 16 kg/mm² になると、クリープ速度は非常に大きくなるのがわかる。

(4) B および N を添加した 12%Cr 耐熱鋼の長時間の焼戻硬度。

一般に 12%Cr 耐熱鋼は炭素量が一定であれば、焼戻硬度の高いものほど、クリープ強さが大きいので、B および N を複合または単独に添加した 12%Cr 耐熱鋼すな

わち S10~13, S21~23, S31~33 を 1150°C × $\frac{1}{2}$ h → 油冷, 700°C × 1 h → 空冷する熱処理をおこなったのち、650°C で 10000 h の焼戻をおこなった。その結果を Table 2 にしめす。

(i) B を単独に 0.01~0.10% 添加した 12%Cr 耐熱鋼の焼入硬度、および 700°C, 1 h の焼戻硬度は B の添加量によりほとんどかわらない。しかし 650°C で 10000 h 焼戻をおこなうと、B を 0.01% 添加したものはかなり硬度は低下するが、B を 0.1% 添加したものはかえって硬度は上昇している。これらから、B を 0.10% 程度添加すれば 650°C の長時間のクリープ破断強さをいちじるしく向上させることができる。

(ii) N を単独に 0.01~0.10% 添加した 12%Cr 耐熱鋼の焼入硬度は N の添加量をますことにより非常に高くなる。また 700°C で 1 h 焼戻をおこなっても N の添加量の多いものが多少硬度が高い。しかしこれを 650°C で 10000 h 焼戻をおこなうと、N を 0.1% 添加したものは、いちじるしく硬度が低下し、N を添加しないものよりかなり低くなる。

したがって 12%Cr 耐熱鋼に N を添加して 650°C の短時間 (100~1000 h 程度) のクリープ破断強さを向上せしめても、長時間 (10000 h 程度) のクリープ破断強さを改善することはできない。

(iii) B および Ti を複合添加した S11, および B および N を複合添加した S12~13 などの焼入硬度は、B, N を添加しない試料 S10 より多少硬度は高い。これを 700°C で 1 h 焼戻をおこなえば、大体 310 (ピッカース硬度) 程度となるが、650°C で 10000 h 焼戻をおこなってもほとんど硬度は低下しない。

これにより B および N を複合添加した 12%Cr 耐熱鋼は 650°C の長時間のクリープ破断強さを高めることが

Table 2. Long-period tempering hardness of 12% chromium heat-resisting steels.

Steel No.	Composition		Heat treatment		
	B	N	1150°C × $\frac{1}{2}$ h → O.Q.	1150°C × $\frac{1}{2}$ h → O.Q. 700°C × 1 h → A.C.	1150°C × $\frac{1}{2}$ h → O.C. 700°C × 1 h → A.C. 650°C × 10000 h → A.C.
S 10	—	—	475	310	285
S 11	0.03	Ti 0.12	492	308	309
S 12	0.05	0.05	490	314	316
S 13	0.03	0.03	501	307	309
S 21	0.01	—	502	314	271
S 22	0.04	—	512	311	285
S 23	0.10	—	508	314	321
S 31	—	0.01	493	314	279
S 32	—	0.04	521	311	264
S 33	—	0.10	561	325	235

Hardness: Vickers hardness. Base composition: C 0.16%, Cr 12%, Mo 0.8%, V 0.20%, Nb 0.2%.

Table 3. Chemical composition and rupture strength of 12% chromium heat-resisting steels.

Steel Name.	Steel making Co. (Patentee)	C	Cr	Mo	V	Nb	B	N	Other element	Rupture strength (kg/mm ²) at 650°C		
										100 h	1000 h	10000 h
H 46	Wm. Jessop	0.15	11.5	0.45	0.30	0.25	—	(0.05)	—	22.0	15.0	(6.0)
HGT 4	Hadfields	0.17	11.5	0.60	0.20	0.20	0.025	0.075	Ti 0.10	25.7	16.9	(11.0)
C 422	Crucible steel	0.20	13.0	1.0	0.30	—	—	—	W 1.0	17.5	11.9	—
419	Allegheny Ludlum	0.25	10.5	0.50	0.40	—	—	(0.05)	W 2.5	22.4	13.3	(7.7)
TAF 1E	—	0.16	12.0	1.0	0.2	0.25	0.03	0.03	—	28.0	21.0	14.5

(): Extrapolated value

わかる。

(4) 12%Cr 耐熱鋼の化学成分と破断強度

最近、諸外国、とくに英国、米国などでは 12%Cr 耐熱鋼の研究を非常によくおこない 600°~650°C のクリープ破断強度をいちじるしく改良している。

昨年発表された HGT4 (Hadfields o.) 419 型 (Allegheny Ludlum o.) などは従来のものより高温強度を高めている。

これらの 12%Cr 耐熱鋼と、TAF-1E との 650°C の長時間の破断強度を比較すると Table 3 のごとくなる。これにより TAF-1E が長時間 10000 h においても、非常に強力であることがうかがえる。

IV. 結 言

以上の実験結果を要約するとつぎのごとくなる。

(1) B および N を複合添加した 12%Cr 耐熱鋼の長時間クリープ試験をおこなった結果、B 0.03% および N 0.03% 添加したものがもつともすぐれている。

(2) Ti および B を複合添加した 12%Cr 耐熱鋼は 650°C の短時間のクリープ歪は大きい、クリープ破断時間は Ti および B を添加しないものよりかなり長くなる。

(3) B および N を複合添加した 12%Cr 耐熱鋼は 1250°C から焼入することにより、長時間(10000 h 程度)のクリープ破断強さがいちじるしく改善される。

(4) B を 0.1% 程度添加した 12%Cr 耐熱鋼は 650°C、10000 h 焼戻をおこなってもほとんど硬度は低下しない。

(5) N を 0.1% 程度添加した 12%Cr 耐熱鋼は 650°C、10000 h の焼戻によりいちじるしく硬度が低下する。

(6) B, N, Ti などを複合添加した 12%Cr 耐熱鋼は 650°C、10000 h の焼戻によつてもほとんど硬度は低下しない。

(7) TAF-1E は 650°C、10000 h の破断強度は、HGT4, 419 型などに比べて、はるかにすぐれている。

(111) オーステナイト系耐熱鋼の研究
Study on Austenitic Heat-Resisting Steels

R. Nakagawa, et alii.

金属材料技術研究所 工博 小西 芳吉
 東京大学工学部 故 工博 芥川 武
 " 工 藤田 利夫
 金属材料技術研究所 工 ○中 川 竜一
 " 工 乙黒 靖男

I. 緒 言

前報で Hayness Stellite 88 系、およびそれに Co, Nb などを加えた材料の組織、時効硬さについて報告した。今回はこの材料に種々の熱処理をほどこした場合のラプチャー時間を求め、また Ni, Co 量を増した材料について時効硬さ、組織およびラプチャー時間をもとめたので報告する。

II. 実 験 結 果

Table 1 に本実験に用いた試料成分をしめした。試料番号 54, 55, 56, 57 は高周波熔解炉で 20 kg 熔解し、1, 2, 7, 12 は高周波熔解炉で 4 kg, 18 は 7 kg 熔解したものである。ラプチャー試験片は 20 mm φ の丸棒に、顕微鏡組織および硬さ試験片は 10 mm 角に鍛造した。

Table 2 に種々熱処理をほどこした試料のラプチャー時間をしめした。ラプチャー試験温度は 800°C で 15 kg/mm, 12 kg/mm² の応力でおこなった。

まず 1200°C および 1250°C の溶体化処理温度に保持する時間の影響をもとめた。1250°C では 15 分間保持して水冷したものより 1 時間のほうが、各試料ともラプチャー時間、伸がすぐれている。これは 15 分間では溶体化がまだ十分でないためと考えられる。

つぎに 1200°C では 1, 2, 5 時間の溶体化処理をほどこしたが、このように時間をかえても、ラプチャー時間はあまり変化がない。

さらに 1200°C で 1 時間溶体化処理したものの時効処理による影響をみると、800°C のラプチャー試験では、