

状況から組織的に粒界現象とみられるので、Pのごとき脆化促進元素の挙動とともに粒界析出物、粒界状況などが今後検討されるべき問題であろう。

(2) 高温焼戻温度域における切欠靱性におよぼす試験温度: P 0.020% 試料では 550°C 焼戻油冷の場合でも 0~20°C 間ではシャルピー破面は脆化しはじめており、常温がすでに衝撃遷移温度域に入っていることが推察できる。

Pの増加は衝撃遷移温度を高めるといわれるが、かゝる遷移温度域では当鋼のごとき脆性を生じやすい低 Mn 鋼は同一熔製材といえども成分の偏析も考慮すれば、実際の製品において当然衝撃抗力が多分にばらつくものと予想される。使用者としては用途に応じてこれらの点を考慮する必要がある。また当鋼の熔製上、強靱鋼として機械的諸性質を十分保証しうる成分限界を検討する余地があることを強調したい。

(3) その他: 脆性と組織の関係は調査中であるが光学顕微鏡では大差はないようである。脆性と強度の関係を調べることは重要と思われる。筆者の一人はすでに本誌において Ni-Cr 鋼について報告したが、当鋼においても脆性と、動的強度の関連性を検討してゆきたい。

(106) 12% Cr 耐熱鋼の研究 (VII)

(12% Cr 耐熱鋼におよぼす B, B+N の影響)

Studies on 12 Percent Chromium Heat-Resisting Steels

(Effect of Boron and Boron Plus Nitrogen on 12 percent Chromium Heat-Resisting Steels)

T. Fujita, et alii.

東大教授 工博 芥川 武

東大助教授 工〇藤田 利夫

東大大学院学生 工堀口 浩

I. 緒 言

12% Cr 耐熱鋼に B, N を添加すれば、クリープおよび破断強度がいちじるしく高くなることはすでに第4報において述べた。

本報は B, N を添加した 12% Cr 耐熱鋼の 600°C~

700°C のクリープおよび破断強度をかなり詳細に調べた。これらのうち代表的なものについては 10000 h のクリープ試験を行なっている。

一方 500°C ~700°C における 1000~3000 h の焼戻硬度、組織等の変化を調べた。

II. 試料および実験方法

(1) 試料

試料は Table 1 に示すごときものを使用した。K1 は B, N を添加しないもので、第 I 報の K143 に相当するものである。この化学成分を有する 12% Cr 耐熱鋼は英国の Jessop H46, Rex 448 等よりはるかに強力である。

K2, K3, K4 は K1 を基礎にして、B を 0.1% 0.1% B + 0.02% N, 0.03% B + 0.03% B を添加したものである。

これ等の試料は高周波電気炉にて 30 kg ~50 kg 熔解し、25 mm 角に鍛造した。

(2) 実験方法

Table 1 の試料に対し、熱処理 A [1150°C × ½h → O, Q, 700°C × 1h → A.C.] を行ない、600°C, 650°C, 700°C の 1000~10000 h のクリープ試験、10~1000 h の破断試験を行なつた。

また熱処理 B [1250°C × ½h → O, Q, 700°C × 1h → A.C.] を行ない、650°C で同様なクリープ試験、破断試験を行なつた。その条件は次のごとくである。

クリープ試験	熱処理 A ...	600°C	20 kg/mm ² , 25 kg/mm ²
		650°C	12 kg/mm ² , 16 kg/mm ²
		700°C	8 kg/mm ²
破断試験	熱処理 B ...	650°C	12 kg/mm ² , 16 kg/mm ²
		熱処理 A ...	600°C 28~36 kg/mm ² 650°C 20~32 kg/mm ² 700°C 12~18 kg/mm ²
		熱処理 B ...	650°C 20~25 kg/mm ²

III. 実験結果

(1) クリープおよび破断強度

クリープおよび破断強度は Table 2, 3 に示すごとくである。

熱処理 A の場合

600°C では B, N を添加しない K1 と B, N を添加した K2, K3, K4 とはあまりクリープおよび破断強

Table 1. Chemical composition of specimens.

Sample No.	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Nb	B	N
K 1	0.20	0.50	0.80	11.37	1.16	0.18	0.26	—	—
K 2	0.20	0.37	0.96	9.42	1.16	0.20	0.22	0.10	—
K 3	0.20	0.59	0.97	11.13	1.14	0.20	0.25	0.10	0.02
K 4	0.21	0.50	0.80	11.16	1.29	0.17	0.29	0.03	0.03

Table 2. Creep properties.

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.)			
	600°C and 20 kg/mm ² in total strain %		600°C and 25 kg/mm ² in total strain %		650°C and 12 kg/mm ² in total strain %		650°C and 16 kg/mm ² in total strain %		700°C and 8 kg/mm ² in total strain %		650°C and 16 kg/mm ² in total strain %	
	at 300 h	at 1000 h	at 300 h	at 1000 h	at 300 h	at 1000 h	at 300 h	at 1000 h	at 300 h	at 1000 h	at 300 h	at 1000 h
K 1	—	—	0.840	2.950	0.470	1.120	R. 297h	—	R. 133h	—	0.400*	0.783*
K 2	0.610	0.890	1.820	R. 563h	0.416	0.640	1.72	R. 493h	3.34	R. 346h	1.320	R. 590h
K 3	—	—	0.734	1.640	0.312	0.468	0.544	1.090	—	—	0.490	0.910
K 4	0.356	0.476	0.660	0.960	0.276	0.388	0.520	0.910	0.540	R. 1020h	0.440	0.684

* 650°C and 12 kg/mm² in total strain %

Table 3. Rupture properties.

Steel 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.)	
	Stress for rupture at 600°C (kg/mm ²)		Stress for rupture at 650°C (kg/mm ²)		Stress for rupture at 700°C (kg/mm ²)		Stress for rupture at 650°C (kg/mm ²)	
	100 h	1000 h	100 h	1000 h	100 h	1000 h	100 h	1000 h
K 1	33.5	28.2	20.5	15.5	9.0	6.0	—	—
K 2	35.0	29.0	23.2	18.7	13.0	9.4	25.2	20.0
K 3	34.7	30.0	23.7	19.0	13.0	9.0	24.8	19.5
K 4	36.0	31.5	24.5	19.3	13.3	9.8	25.3	20.2

度は違わないが、K4 が他のものより多少すぐれている。これらにより基地 (Matrix) 中に硼化物、窒化物等を作らせても、600°C のクリープおよび破断強度はあまり高くないことがわかる。また B, N を添加しない 12% Cr 耐熱鋼において、合金元素を多少変化させてもあまりクリープおよび破断強度が変化しないことから考えて、12% Cr 耐熱鋼の 600°C 附近のクリープおよび破断強度はいかに合金元素を適量添加しても、現在のものよりはるかに強力にすることは困難のようである。

650°C では B, N を添加することにより、かなりクリープおよび破断強度は高められる。特に B のみでなく、B+N を添加することがより効果的である。したがって基地中に硼化物のみでなく、硼化物と窒化物を同時に作らせることが必要である。

700°C では B および N を添加することによりクリープおよび破断強度はいちじるしく高くなる。特に B 添加は 650°C ~ 700°C の強度をいちじるしく高めることができる。

熱処理 B の場合

第 2 報で B, N を添加しない 12% Cr 耐熱鋼は焼入温度を 1150°C から 1250°C に高めることにより 600°C ~ 650°C のクリープおよび破断強度はかなり高くなるこ

とはすでに述べた。

B, N を添加した 12% Cr 耐熱鋼においては特に焼入温度を高め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。

以上の実験により 12% Cr 耐熱鋼に 0.03% B+0.03% N を添加することが最も有効であると考えられる。

一般に N は 600°C ~ 650°C の強度を高め、B は 650°C ~ 700°C の強度を高めるようである。したがって B+N を添加すると 600 ~ 700°C のクリープおよび破断強度をいちじるしく高めることができる。また B+N を添加した 12% Cr 耐熱鋼は C のみを添加したものと比較すると、長時間側の強度がいちじるしく高くなっている。

一方焼戻強度を見ても、B+N を添加したものは長時間の焼戻によつても硬度の軟化は、あまり起らない。

(2) クリープ曲線

以上の実験で最もすぐれている試料 K4 および Jessop H46 に相当する試料 (K141) の 650°C におけるクリープ曲線を Fig. 1 に示す。これから見て、650°C において、K4 がいかに長時間においても強力であるかどうかと見える。

IV 実験結果

以上の実験結果を要約すると次のごとくである。

(1) B および N を単独または複合して添加した 12%

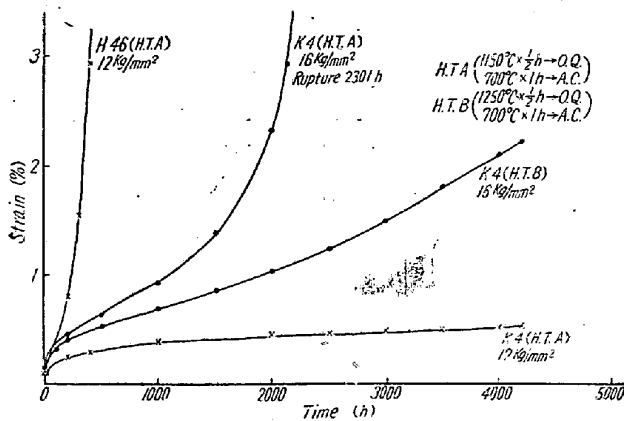


Fig. 1. Typical creep curves (650°C)

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/mm² 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/mm² (一部 20 kg/mm²) 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