

が 1 h で最高のクリープ破断時間を示すが, T A F 鋼は保持時間が長くなるにしたがつて良くなる。

(v) 焼入冷却速度の影響

1150°C に 1/2 h 加熱して, 空冷, 油冷, 水冷なる処理を行ない焼入冷却速度がクリープ破断時間にどのような影響があるか調べたがその影響はほとんどない。

(vi) 焼入処理のクリープ破断強さにおよぼす影響

焼入前に 100°C 高い温度で熱処理を行なつて炭化物を十分固溶させてもクリープ破断強さはほとんど変わらない。

また, 1150°C から焼入して 650°C で焼戻を行なうと H46 はいちじるしくクリープ破断強さは良くなるが, T A F 鋼はほとんど変わらない。

(159) 12% Cr 耐熱鋼におよぼす窒素の影響

(12%Cr 耐熱鋼の研究—XIII)

東京大学工学部

○藤田 利夫・笹倉 利彦

Effect of Nitrogen on 12 % Chromium Heat-Resisting Steels.

(Studies on 12% chromium heat-resisting steels—XIII)

Toshio Fujita and Toshihiko Sasakura.

I. 緒 言

12% Cr 耐熱鋼に B および N を適当量添加すればいちじるしくクリープ強さが向上することを第 4, 7, 8 報ですでに述べた。本報では B を添加した 12% Cr 耐熱鋼の N 量が長時間のクリープ強さ, 焼戻硬度および顕微鏡組織などにどのように影響するかを調べた。

II. 試料および実験結果

試料は高周波電気炉で 50 kg 熔解し, 22~23 mm の角棒に鍛造したものを使用した。また焼戻硬度および顕微鏡組織用には 10 mm の角棒に鍛造して使用した。

試料の化学組成は Table 1 に示す。

Table 1. Chemical composition of specimens.

Steel No.	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Nb	B	N
S 1	0.21	0.50	0.80	11.16	1.29	0.17	0.29	0.026	0.03
S 2	0.17	0.26	0.30	11.16	0.77	0.15	0.29	0.04	0.06
S 3	0.16	0.27	0.31	11.88	0.92	0.22	0.22	0.03	0.08

試料 S1, S2, S3 はおのおの N を 0.03%, 0.06%, 0.08% 添加したものである。

(1) 550~700°C のクリープ破断試験

試料 S1, S2, S3 に対し, 次の熱処理を行ない, 550~700°C でクリープ破断試験を行なつた。

熱処理 A $\begin{cases} 1150^{\circ}\text{C} \times 1/2 \text{ h} \rightarrow \text{O.Q.} \\ 700^{\circ}\text{C} \times 1 \text{ h} \rightarrow \text{A.C.} \end{cases}$

熱処理 B $\begin{cases} 1250^{\circ}\text{C} \times 1/2 \text{ h} \rightarrow \text{O.Q.} \\ 700^{\circ}\text{C} \times 1 \text{ h} \rightarrow \text{A.C.} \end{cases}$

これらの結果を Fig. 1 に示す。これらからつぎのことがわかる。

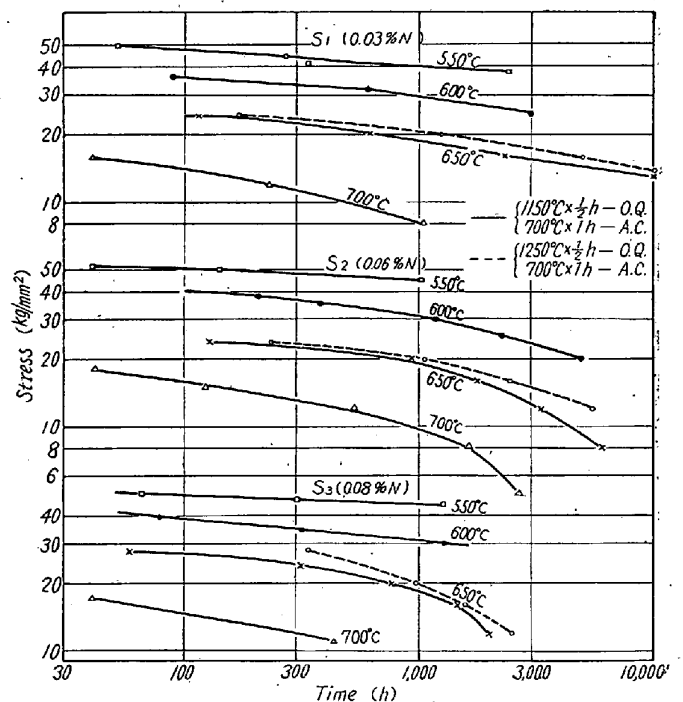


Fig. 1. Stress-time curves.

(i) 12%Cr 耐熱鋼に N を 0.03% 添加した試料 S1 は長時間クリープ破断強さはほとんど低下しないことがわかる。特に 700°C になつても, それほどクリープ破断強さは低下しない。

また, 1250°C に熱入温度を上げて 650°C のクリープ破断強さはあまり良くならない。

(ii) 12%Cr 耐熱鋼に N を 0.06% 添加した試料 S2 は 600°C 付近でそれほどクリープ破断強さは低下しないが 650~700°C の長時間のクリープ破断強さはかなり低下している。

(iii) 12% Cr 耐熱鋼に N を 0.08% 添加した試料 S3 は 650°C の 1500~2000 h のクリープ破断強さが S1 に比較して, いちじるしく低下していることがわかる。このように N を多量に添加すれば 550°C 付近のクリープ破断強さは高められるが, 650°C の長時間のクリ

一破断強さはいちじるしく低下する。

これらの結果から 12%Cr 耐熱鋼の 650°C の 100～1000 h のクリープ破断強さには N 量はあまり影響はないが、650°C の長時間のクリープ破断強さを高めるためには N 量を 0.02～0.03% 以下にしなければならないことがわかる。

(2) 650°C のクリープ破断曲線

試料 S1～S3 に対し、熱処理 A および B を行ない、650°C、12 kg/mm² で長時間のクリープ破断試験を行なった結果を Fig. 2 に示す。

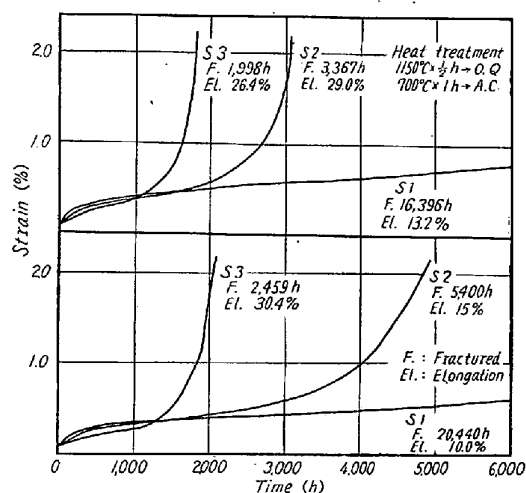


Fig. 2. Creep-rupture curves at 12kg/mm², 650°C.

これらの結果から N 添加量の多い試料 S3 は最初非常にクリープ速度は小さいが 1000 h 程度から急激にクリープ速度が増大し、比較的短時間すなわち 1998 h で破断する。しかし N の添加量の低い試料 S1 は非常にクリープ速度が小さく、しかも 650°C、12 kg/mm² での破断時間は 16396 h というすぐれたもので H46 などの 10～15 倍の破断時間を有する。

一般に焼入温度を 1250°C に高めると、クリープ破断強さは高められるが、N の添加量の多い S3 は 1150°C から焼入したときと同じように 1000 h 程度から急激にクリープ速度が増大する。

(3) 焼戻硬度

試料 S1～S3 に対しつぎのごとき熱処理を行ない、熱戻硬度の変化を調べた。

1150°C × 1/2 h → O.Q

500, 550, 600, 650, 700, 750°C

× 1, 3, 10, 30, 100, 300, 1000, 3000 h → A.C

(i) 焼戻温度の影響

1150°C から焼入したものに対し 500～750°C で 3000 h 焼戻を行ない、その硬度変化を測定した結果を Fig. 3

に示す。

N を 0.03% 添加した試料 S1 がもつともすぐれた焼戻硬度を示す。N 量が多くなるにしたがって焼戻硬度が低下していることはクリープ試験の結果とよく一致する。

(ii) 焼戻時間の影響

1150°C から焼入したものに対し、650°C で 3000～10000 h 焼戻を行ない、その硬度変化を測定した結果を Fig. 4 に示す。N 量を 0.03% 添加した試料 S1 が最もすぐれているが、3000 h から 10000 h にかけてかなり焼戻硬度が

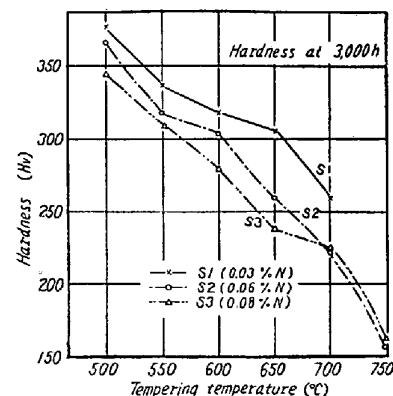


Fig. 3. Effect of nitrogen on tempering hardness at each temperature.

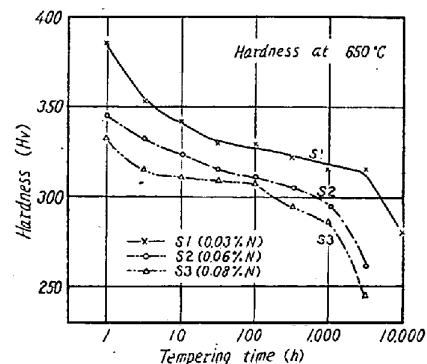


Fig. 4. Effect of nitrogen on tempering characteristics at 650°C.

低下する。一方試料 S2, S3 は 1000 h から 3000 h にかけてかなり焼戻硬度が低下しているが、N 量が多くなるにしたがって、この焼戻硬度の低下が早く来ることがわかる。またこのように焼戻硬度が低下するところではクリープ速度が急激に増加する。

(4) 顕微鏡組織

1150°C から焼入したものを 650°C で 3000 h 焼戻を行ない、この顕微鏡組織を調べた。試料 S3 は少し δ フェライトを含むが S1 はほとんどなく、S2 は完全に δ フェライトはない。12%Cr 耐熱鋼の Cr 量がやや高くなるか、C 量がやや低くなるかによつて δ フェライトが出たり出なかつたりする。したがって Cr 量は 11.0～11.5% にし、C 量を 0.18～0.20% にすれば δ フェライトは出ない。

また、12%Cr 耐熱鋼の N 量が多くなるにしたがって析出物の凝集が盛んになっているのが観察できる。