

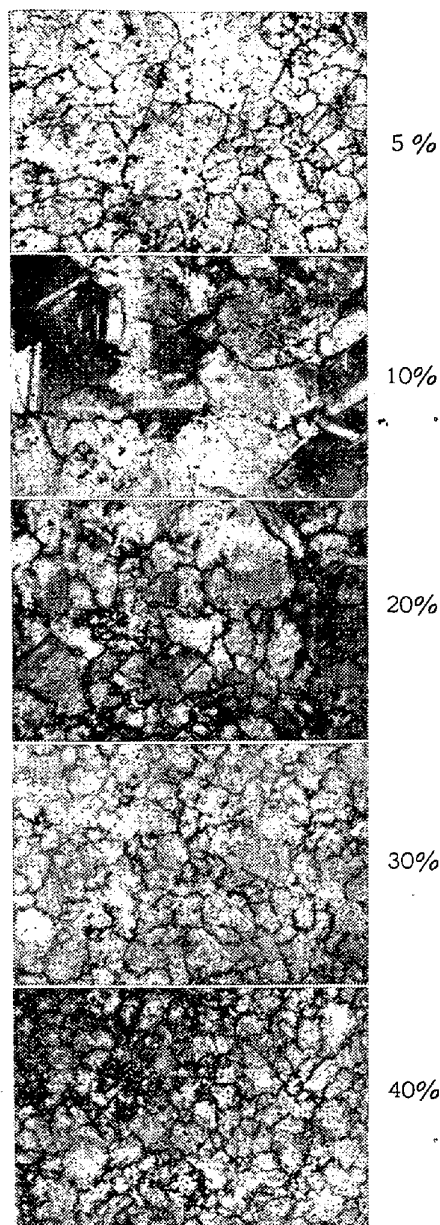


Photo. 2. — Recrystallization structures in No. 16 steel, elongated to various ratios and heated up to 1000°C, thermal etch, $\times 100$ (1/2)

ており、5%、20%試料は混粒がいちじるしい。30%では粗大結晶はなくほぼ齋粒となるが、40%ではさらに細粒の増加が見られる。すなわち加工度の増加にしたがつて再結晶粒は細粒化することがわかる。

2. 衝撃加工試料の析出：H 1 試料はC量が低いため溶体処理状態では 600°C 付近の収縮はきわめてわずかであるが、加工度の増加にしたがつて収縮は次第に大きくなり、収縮開始温度は低温側に移る。1000°C 加熱後の再結晶組織は、加工度がわずかに増したところで最も粗大化しており、さらに加工度が増加すると齋粒となってくるが、その粒度は引張加工の場合ほど細粒化していない。

V. 結 言

Hadfield 鋼の恒温加熱における炭化物析出におよぼす約 36% 圧延加工の影響、ならびに連続加熱による炭化物析出におよぼす静的および衝撃加工の影響などについて実験し、加工により炭化物の析出は時間的にも、また温度的にも促進されることをC曲線の移動により明らかにした。また析出と再結晶との関係、および連続加熱における加工度と析出ならびに再結晶との関係などを明らかにした。

(158) 12% Cr 耐熱鋼のクリープ破断強さにおよぼす熱処理の影響

東京大学工学部

藤田 利夫・○笹倉 利彦

Effect of Heat Treatment of 12% Chromium Heat-Resisting Steels on Creep-Rupture Strength.

Toshio Fujita and Toshihiko Sasakura.

I. 緒 言

12% Cr 耐熱鋼のクリープ強さおよびクリープ破断強さは合金元素および熱処理などにより、いちじるしく影響を受けることは著者らはすでに報告したが本報ではさらに詳細に 12% Cr 耐熱鋼のクリープ破断強さにおよぼす熱処理の影響を調べた。すなわち 12% Cr 鋼に Mo, W, Ti, V, Nb などを単独に添加したものが焼入温度および焼戻温度を変えることによつて 650°C のクリープ破断強さにどのように影響するかを調べ、さらに Jessop H46 および TAF 鋼に各種の熱処理をほどこし、650°C でクリープ破断試験を行い、H46 および TAF 鋼のクリープ破断強さにおよぼす熱処理の影響を調べた。

II. 試料および実験結果

試料は高周波電気炉で 30 kg 熔解し、これを 22~23 mm の角棒に鍛造した。試料の化学組成を Table 1 に示す。

Table 1. Chemical composition of specimens.

Steel No.	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Nb	Other elements
S 1	0.20	0.36	0.56	11.58	1.07	—	—	—
S 2	0.19	0.40	0.53	11.88	—	—	—	W 0.76
S 3	0.20	0.44	0.54	11.79	—	0.35	—	—
S 4	0.20	0.44	0.53	11.85	—	—	—	Ti 0.38
S 5	0.18	0.47	0.52	11.55	—	—	0.42	—
S 6	0.18	0.33	0.42	11.37	0.46	0.32	0.31	—
S 7	0.17	0.26	0.30	11.16	0.77	0.15	0.29	B 0.04 N 0.06

(1) 合金元素を単独添加した 12% Cr 耐熱鋼
(S1~S5)

12% Cr 鋼に合金元素を単独に添加したものにつぎのごとき熱処理を行い、650°C、10 kg/mm² でクリープ破断試験を行なった。

焼入温度の影響

950, 1000, 1050, 1100, 1150, 1200, 1250°C
×1/2h→O.Q
650°C×1h→A.C

焼戻温度の影響

1150°C×1/2h→O.Q
650, 700, 750°C×1h→A.C

(i) 焼入温度の影響

焼入温度は 950~1250°C を採用したが、これは 12% Cr 鋼では 950~1000°C の焼入であるし、H46 などは 1150°C の焼入であるからである。

Fig. 1 に焼入温度—クリープ破断時間線図を示す。これらの結果から Ti を添加した S4 は焼入温度を高めることによりいちじるしくクリープ破断強さを高めることがわかる。

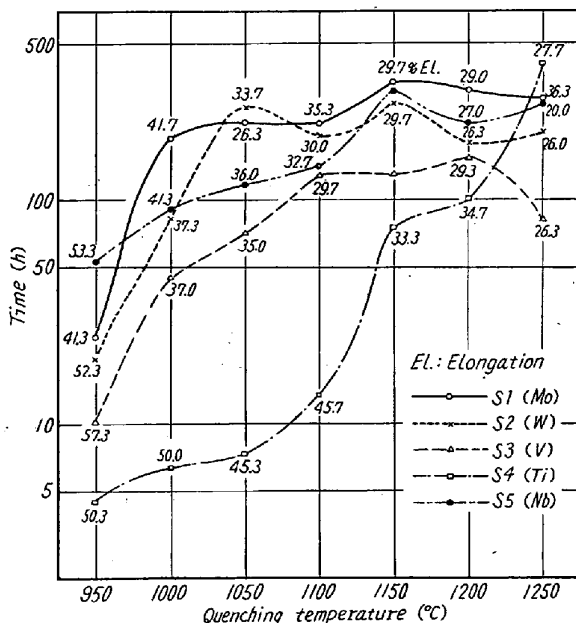


Fig. 1. Effect of different quenching temperatures of 12% Cr heat-resisting steels on the results of rupture tests at 650°C, 10kg/mm².

すなわち焼入温度を 950°C から 1250°C に高めることにより破断時間を約 100 倍にすることができる。

Mo, W, V など添加したものは 1000~1050°C 以上から焼入すれば十分なクリープ破断強さが得られることがわかる。

Nb を添加したものは焼入温度を高めてもあまり急激にクリープ破断強さは向上しない。

一般に合金元素を単独に添加した 12% Cr 耐熱鋼は焼入温度が高くなるとクリープ破断強さは高まるが破断伸びは減少する。

(ii) 焼戻温度の影響

焼戻温度は 650, 700, 750°C にした。これは試験温度が 650°C であるから、それ以下の温度ではあまり影響がないものと考え 650~750°C を採用した。

Fig. 2 に焼戻温度

—クリープ破断時間線図を示す。これから焼戻温度を高くすることによって全試験材料共クリープ破断強さが低下することがわかる。このように焼戻温度を高くすると炭化物がいちじるしく凝集し、焼戻硬度が低下するためである。しかし焼戻温度を高めるとやや破断伸びは大きくなる。

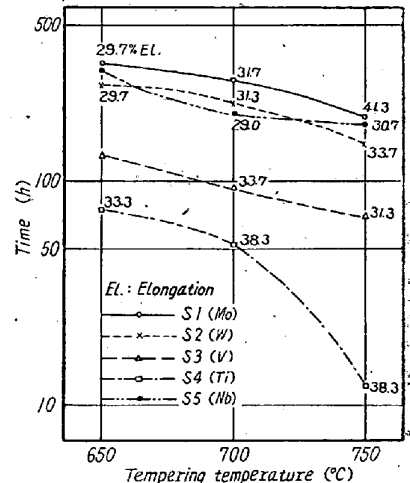


Fig. 2. Effect of different tempering temperatures of 12% Cr heat-resisting steels on the results of rupture tests at 650°C, 10kg/mm².

Fig. 3 は 700°C で焼戻した試料のクリープ破断曲線を示す。これから Nb を添加したものは最初の 50 h 程度までは非常にすぐれているが、150 h 頃からいちじるしくクリープ速度が増大する。これは 650°C で NbC がかなり早く凝集をおこし、軟化されるためと考える。したがって短時間のクリープ試験の結果から長時間のクリープ強さを判定することは非常に困難であることがわかる。

(2) H46 (S6) および TAF 鋼 (S7)

試料 S6, S7 に対し Table 2 示すごとき各種の熱処理を行ない、650°C、20 kg/mm² でクリープ破断試験を行なった。

(i) 焼入温度の影響

焼入温度を 1050~1250°C にし、焼入後 700°C で 1 h 焼戻を行ない、クリープ破断試験を行なった結果を Table 2 に示す。すなわち焼入温度を高くすることによりクリープ破断時間を長くすることができるが破断伸びは多少減少する。TAF 鋼は H46 に比較して同一熱処理状態で 10 倍程度の破断時間を有する。

Table 2. Effect of various heat treatments of H46 and TAF steel on the creep-rupture strength.

Heat treatment		H46 (S6)		TAF Steel (S7)	
Quenching temperature	Tempering temperature	Rupture time (h)	Elongation (%)	Rupture time (h)	Elongation (%)
1250°C × 1/2 h → O. Q.	700°C × 1 h → A. C.	180	18.7	1025	14.0
1225°C × 1/2 h → O. Q.	"	122	17.3	1076	15.0
1200°C × 1/2 h → O. Q.	"	117	17.7	857	14.7
1175°C × 1/2 h → O. Q.	"	100	17.3	817	16.7
1150°C × 1/2 h → O. Q.	"	82	21.7	950	16.3
1100°C × 1/2 h → O. Q.	"	35	25.0	891	18.7
1050°C × 1/2 h → O. Q.	"	17	23.3	222	17.0
1150°C × 1/2 h → O. Q.	650°C × 2 h → A. C.	76	17.0	1098	14.0
"	675°C × 1 h → A. C.	103	16.3	1120	15.0
"	700°C × 1 h → A. C.	82	21.7	950	16.3
"	725°C × 1 h → A. C.	50	18.0	959	15.7
"	750°C × 1 h → A. C.	23	21.3	783	17.0
1150°C × 1/2 h → O. Q.	700°C × 1/2 h → A. C.	66	16.3	948	18.0
"	700°C × 1 h → A. C.	82	21.7	950	16.3
"	700°C × 2 h → A. C.	76	18.3	1041	15.0
"	700°C × 3 h → A. C.	80	17.3	1029	17.0
1150°C × 1/4 h → O. Q.	700°C × 1 h → A. C.	55	19.0	760	18.0
1150°C × 1/2 h → O. Q.	"	82	21.7	950	16.3
1150°C × 1 h → O. Q.	"	110	19.3	1182	16.3
1150°C × 2 h → O. Q.	"	88	18.0	1304	17.7
1150°C × 1/2 h → A. C.	700°C × 1 h → A. C.	106	19.0	739	17.7
1150°C × 1/2 h → O. Q.	"	82	21.7	950	16.3
1150°C × 1/2 h → W. Q.	"	98	20.0	854	16.0
{ 1250°C × 1/2 h → A. C.	700°C × 1 h → A. C.	90	17.3	929	16.0
{ 1150°C × 1/2 h → O. Q.	"	28	21.0	254	18.3
{ 1150°C × 1/2 h → A. C.	"	28	21.0	254	18.3
{ 1050°C × 1/2 h → O. Q.	650°C × 1 h → A. C.	244	11.0	904	19.0
{ 1250°C × 1/2 h → O. Q.	650°C × 1 h → A. C.	244	11.0	904	19.0

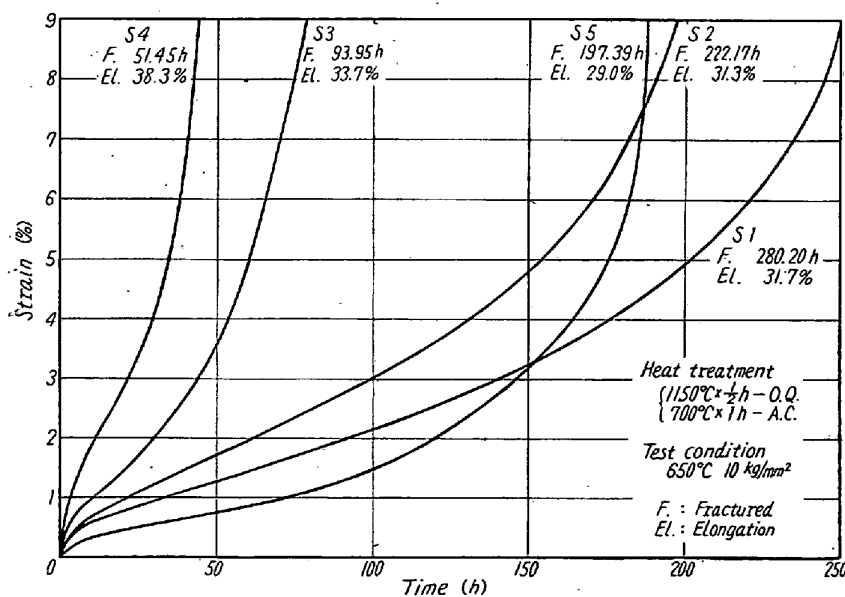
Test condition; 650°C, 20 kg/mm².

Fig. 3. Creep-rupture curves with 12% Cr heat-resisting steels.

(ii) 焼戻温度の影響

1150°C × 1 h → 油冷なる焼入処理を行ない、650~750°C で 1 h 焼戻を行ない、クリープ破断試験を行なった。H46 は焼戻温度が高くなるにしたがつて、クリープ破断時間はいちじるしく低くなるが TAF 鋼はほとんどその影響を受けない。これは B 添加により高温の焼戻に対していちじるしく安定していることを示す。

(iii) 焼戻時間の影響

焼戻時間を 700°C で 1/2, 1, 2, 3 h にした場合でもクリープ破断強さはほとんど変わらない。しかし 550°C 付近のクリープ破断強さに対してはかなり影響があるものとする。

(iv) 焼入保持時間の影響

焼入保持時間を 1150°C で 1/4, 1/2, 1, 2 h にした場合、H46 は焼入保持時間

が 1 h で最高のクリープ断破時間を示すが, 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断破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。

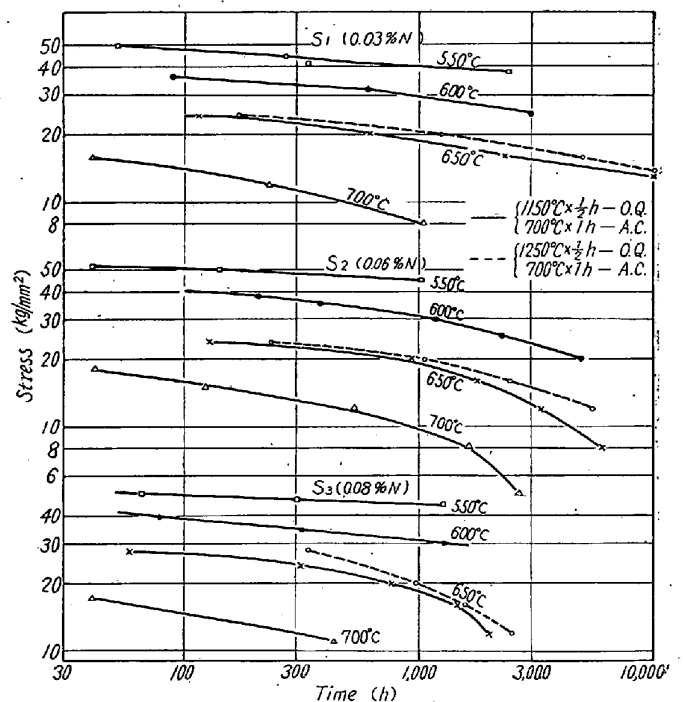


Fig. 1. Stress-time curves.

(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