

Fig. 3. Summary of stress-to-rupture data.

低い破断強度を示す。しかし 750°C で焼戻した試料 B-13 も非常に良好な値である。なおこの場合も焼戻温度の低い試料は測定値がバラつき、焼戻温度が高い程良好な直線関係が得られるようである。

Fig. 3 には残りの溶解について試験した結果を、(1) 冷却速度 25~15°C/h および恒温焼鈍、(2) 60°C/h、(3) 75~100°C/h の 3 グループに分け、まとめてプロットした。試験片はすべて鋼管より採取し、平行部径は 10, 8, 6 および 4mm を用いた。試料個数は試験温度 550°C についてはそれぞれ (1) 8+5, (2) 3, (3) 5, 600°C については (1) 7+5, (2) 3, (3) 3 である。これらの結果は Fig. 1 について述べた結果をさらに明瞭にし、さらに 550°C おける 1,000h 以下の破断強度はパーライト変態域の冷却速度によつて定まることが明らかに認められる。

また 25~15°C/h で冷却した試料と恒温焼鈍を行な

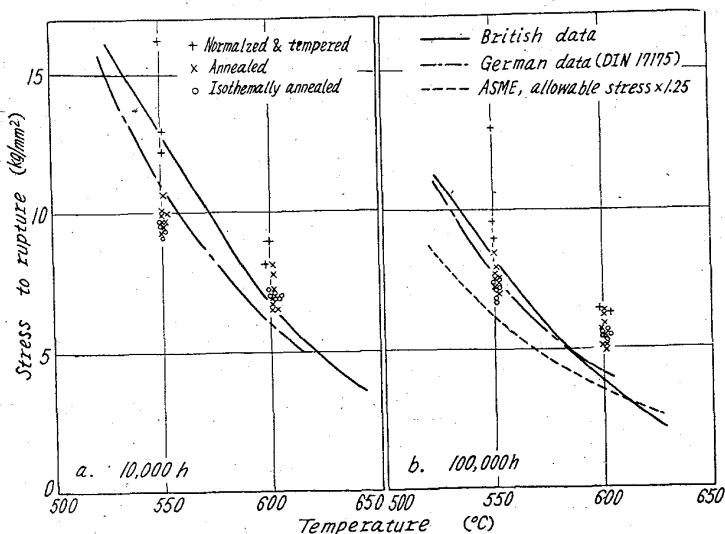


Fig. 4. Comparison of British & German data (mean values) and ASME, allowable stress values.

つた試料の結果とは差がなく、非常に狭い分散範囲に含まれている。

V. 諸外国データとの比較

Fig. 4 に焼鈍試料 (冷却速度 25~15°C/h, および恒温焼鈍) および焼準・焼戻処理 (焼戻温度 700~750°C) の 10,000h および 100,000h の外挿値をイギリスおよびドイツの値と比較した。

焼準・焼戻を行なつた供試材はいずれもイギリスあるいはドイツの平均値よりも高い値を示している。焼鈍試料の 10,000h 値は 550°C では低いが、600°C ではイギリスの平均値を超えている。100,000h の外挿値は 550°C ではドイツの平均値に匹敵しており、600°C では非常に良好な値を示している。また値はいずれも ASME の許容応力を充力に充たしている。

VI. 結 言

2.25% Cr-1% Mo 鋼の熱処理について以上に述べた試験結果から、25~15°C/h で冷却するかあるいは恒温焼鈍によつて、ベーナイト・マルテンサイトを含まない組織を得るように熱処理を行なうことが望ましく、少なくとも 60°C/h 以上の冷却速度は採るべきでないと考えられる。焼準・焼戻処理では焼戻温度を 700°C 以上 750°C 程度とすることが好ましいようである。

文 献

- 1) J. D. MURRAY, J. BLAIR, G. G. FOSTER, H. W. KIRKBY, J. BLACKHURST: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), (1959) p. 354~359
高尾・西原・平野・山本: 材料試験, 9 (1960) 77, p. 69~76
寺井・阿部: 材料試験, 9 (1960) p. 77~81 など

669,14,018,44:669,15,26-
194,57:539,434:669,26:669,184
(165) フェライト系耐熱鋼の Cr

および C の影響 63165

東京大学工学部 工博○藤 田 利 夫
日立金属工業 笹 倉 利 彦
東京大学工学部 岳 野 洋 允

Effect of Chromium and Carbon on Ferritic Heat-Resisting Steel. 597~599

Dr. Toshio FUJITA, Toshihiko SASAKURA and Yōsuke TAKENO.

I. 結 言

フェライト系耐熱鋼は主として 1~3% Cr 系耐熱鋼と 12% Cr 耐熱鋼が使用されている。著者らは十数年前より 12% Cr 耐熱鋼を研究しているが、12% Cr 系では合金元素を適当に添加しないと δ フェライトが現われるため製造が困難である。したがってできるだけ Cr 量を減少させ、しかも多少合金元素量を多く添加しても δ フェライトが出ないようにしたいと考え、12% Cr 耐熱鋼の合金元素量を一

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

Steel No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B	N
S 1	0.13	0.34	0.70	0.013	0.016	Nil	4.72	1.06	0.18	0.15	0.063	0.017
S 2	0.20	0.49	0.71	0.009	0.014	Nil	4.97	1.05	0.17	0.22	0.04	0.02
S 3	0.34	0.45	0.62	0.017	0.037	0.26	4.87	0.88	0.20	0.24	0.04	0.02
S 4	0.19	0.61	0.84	0.011	0.014	0.03	7.30	0.86	0.14	0.28	0.03	0.02
S 5	0.19	0.43	0.60	0.007	0.014	Nil	10.86	0.83	0.20	0.25	0.040	0.025

定にしてCr量だけをさげたものと、5%Cr付近においてC量を変化させることにより550~700°C付近のクリープ破断強度および焼戻硬度にどのような影響をおよぼすかを調べた。

6~8%Cr系耐熱鋼の研究が行われているが、この付近のCr量でクリープ強度のすぐれたものを求めることは非常に困難であることがわかる。

II. 実験結果

(1) 試料

本実験に使用した試料の化学成分はTable 1に示す。これらの試料は高周波電気炉で25kg溶解し、20mm丸棒に鍛造したものをクリープ破断試験片に使用し、また10mm角材に鍛造したものを焼戻硬度試験に使用した。試料S1~S5の合金元素はTAF鋼の合金元素Mo 1%, V 0.2%, Nb 0.20%, B 0.04%, N 0.015%と同じである。S1~S3は5%Cr系耐熱鋼のC量を変えたものである。S4およびS5はC量を0.19%にし、Crを7.3%, 10.9%にしたものである。

(2) 熱処理

クリープ破断試験片にはつきのごとき熱処理を行なった。

- 焼入処理 1150°C×1/2h → 油冷
- 焼戻処理 700°C×1h → 空冷

またつきのごとき熱処理を行ない焼戻硬度の変化を調べた。

- 焼入処理 1150°C×1/2h → 油冷
- 焼戻処理 550, 600, 650, 700, 750°C ×1, 3, 10, 30, 100, 300, 1000h

これらの熱処理はS1~S3などには適当でないかも知れないが合金元素の影響を比較するため同一熱処理にした。S1~S3などの試験に対して1250°Cの焼入処理を行なったものはクリープ破断強度は良くなるが破断伸びがいちじるしく減少するため、これらの試料に対しては明らかに1150°C以上の焼入は適当でない。

(3) クリープ破断強度

Fig. 1にS1~S3, Fig. 2にS4, およびS5の応力-時間曲線を示す。クリープ破断試験は550, 600, 650, 700°Cの各温度で行なった。Fig. 1から5%Cr系耐熱鋼のC量が変わっても、あまりクリープ破断強度に影響をあたえないがC量が0.2%付近で最もクリープ破断強度がすぐれていることがわかる。5%Cr系耐熱鋼においては12%Cr耐熱鋼におよぼすCの影響ほどいじりしい影響は認められない。Fig. 2からCr量が7.3%から10.9%になるといじりしくクリープ破断強度が良くなることがわかる。したがって諸外国でも

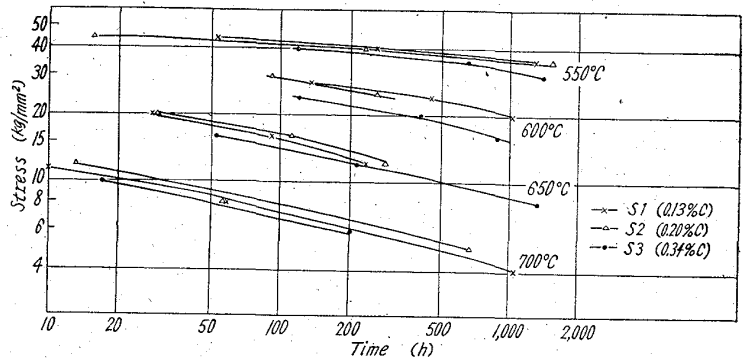


Fig. 1. Stress time curves of S 1, S 2 and S 3.

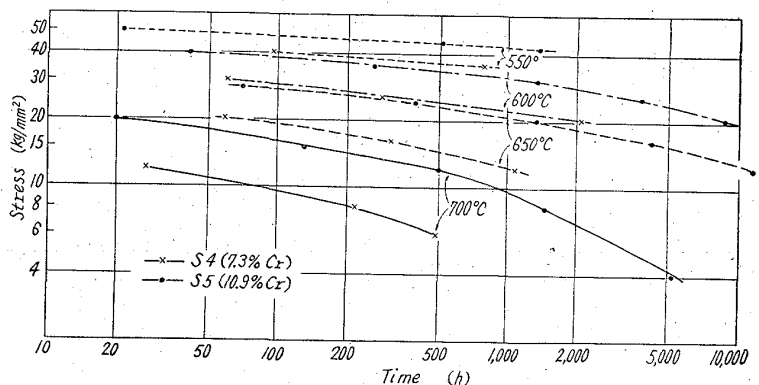


Fig. 2. Stress time curves of S 4 and S 5.

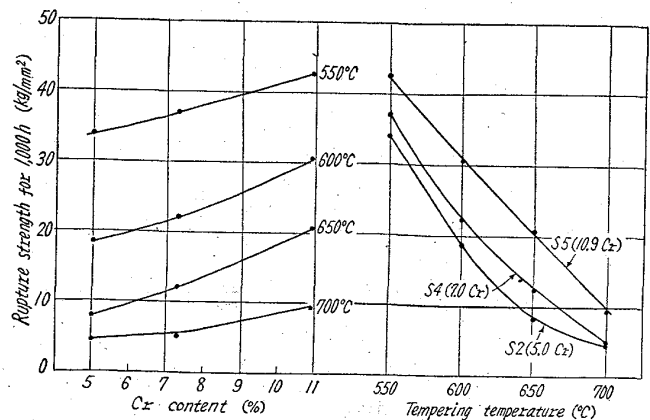


Fig. 3. Effect of chromium on creep rupture strength of the ferritic heat-resisting steel.

(4) クリープ破断強度におよぼす Cr 量の影響

Fig. 3 にクリープ破断強度におよぼす Cr の影響を示す。これにより Cr 量を減ずることによりクリープ破断強度が低下するため 12% Cr 耐熱鋼の Cr 量としては最低 10.0~10.5% 程度添加しなければならないことがわかる。しかもまた Cr 量を 12% 以上にすれば δ フェライトが出てくるため、この系統の耐熱鋼の Cr 量としては 11% 付近にすることが最も適当である。

(5) クリープ破断伸び

Fig. 4 に S2, S4 および S5 の 550°C, 650°C における破断伸び時間曲線を示す。これらから 12% Cr 系の S5 は長時間のクリープ破断でも殆ど破断伸びは低下しないが 5% Cr 系の S2 は長時間になるにしたがって破断伸びは、いちじるしく減少する。したがってフェライト系耐熱鋼で Cr 量をさげることは、クリープ破断強度を減少させ、さらに破断伸びをも、いちじるしく低下させることがわかる。また S4 は 550°C でかなり破断伸びがあるが、650°C でかなり低くなるため破断伸びの点から Cr 量はどうしても 11% 程度が必要である。

(6) 焼戻硬度

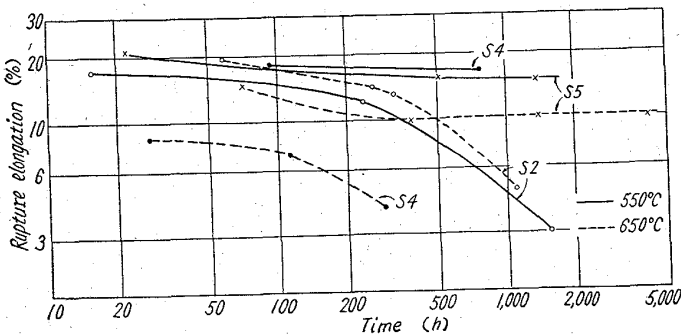


Fig. 4. Elongation at rupture of steels S2, S4 and S5.

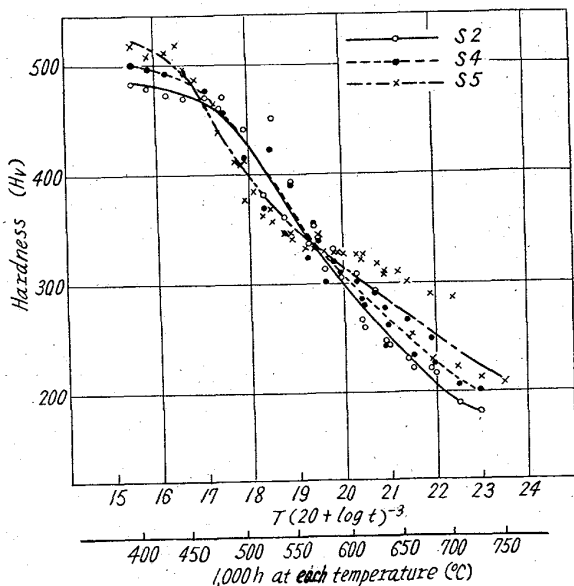


Fig. 5. Effect of chromium on the S-tempered hardness of the ferritic heat-resisting steel.

S2, S4 および S5 の各温度における焼戻硬度の変化を Fig. 5 に示す。横軸の T は焼戻温度の絶対温度, t は焼戻硬度時間 (h) をあらわす。これらから Cr 量が多くなると焼戻硬度はやや高くなるが、Cr 量がことなるフェライト系耐熱鋼では焼戻硬度からクリープ破断強度を推定することは非常に困難である。

III. 結 言

以上の実験結果を要約すればつぎのごとくである。

(1) 5~11% Cr 程度のフェライト系耐熱鋼では Cr 量が高くなるにしたがってクリープ破断強度および破断伸びが向上する。

(2) 5% Cr 系耐熱鋼のクリープ破断強度は Cr 量によりあまり影響を受けない。

(3) Cr 量が増えたフェライト系耐熱鋼の焼戻硬度から、それらのクリープ破断強度を推定することは非常に困難である。

(4) 550~650°C 付近のフェライト系耐熱鋼としては 11% Cr 耐熱鋼が最もすぐれていることがわかる。

文 献

- 1) 芥川, 藤田, 鉄と鋼, 42 (1956) 9, p. 766~768

669.14.018.44:669.15'26-
 794-154:669.181.251.7-982
 (166) 真空アーク溶解した 0.1% C-12% Cr 耐熱鋼について 63166

関東製鋼浜川工場
 工博○大沢秀雄・松岡礼次郎・山田誠吉
 Vacuum Arc Remelted 0.1% C-12% Cr Heat-Resisting Steel. 599~601
 Dr. Hideo Ōsawa, Reijiro Matsuoka and Seikichi Yamada.

I. 結 言

0.1% C-12% Cr 耐熱鋼はスチーム・タービン翼材として古くから広く用いられている。用途が苛酷のために地疵や材料の均質性に対する要求が極めて高いので、著者らは本鋼に対する真空アーク溶解の効果を実験的観点から検討した。

II. 試 料

供試料は次の工程に依つて製造したものである。

大気溶解材

エルー 炉で溶解しこれを 1.5 t 鋼塊として後、215 mm φ のピレットに鍛造し、さらに 75 mm φ, 30 mm φ ~ 20 mm φ に鍛伸した。

真空溶解材

上述鋼塊を 210 mm φ に鍛造し、全面グラインダー後、真空アーク再溶解し、450 kg (300 mm φ) 鋼塊とし、これを 75 mm φ, 30 mm φ ~ 20 mm φ に鍛伸した。真空アーク再溶解により変動する組成は Mn 約 0.10% 減, N₂ 0.004% 減, O₂ 0.010% 減であつた。

III. 実 験 結 果

1. マクロ組織

75 mm φ 鍛造材の断面マクロ組織を調査した結果、大気溶解材よりも真空溶解材の方が美しいマクロ組織を