

に焼入深さが増す。クリープ破断強度は衝風冷焼戻材の 550°C では Cr 1% のものが最も高く、1% 以上では Cr 量の増加とともに低下し、これに対し 炉冷焼戻材の 550°C では Cr 量の増加により高くなる。

(3) Mo の添加は焼入性を増すが、C, Cr ほど著しくない。クリープ破断強度は Mo の添加により著しく高くなり、550°C では 0.8% 付近で最大値を示し、600°C では Mo 0.8~1.35% の範囲では変化は小さい。

(4) V は実験した 0.24% まででは焼入性に与える影響は小さく、550°C のクリープ破断強度は V の添加とともに高くなる。

(5) Al の添加は焼入性を低下させるが、実験した 0.2% までではクリープ破断強度に与える影響は小さい。

文 献

- 1) 熊田, 渡辺: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 594~595
- 2) 例えば, 大和久: 焼入性焼きの入り方 (1962)
- 3) 〃, 日本鉄鋼協会: 鋼の熱処理 (1957), p. 39, 丸善
- 4) COLBECK et al.: BISI Special Report No. 43 (1952), p. 107
- 5) BAKER, NUTTING: J. Iron & Steel Inst. (U. K) (1959), p. 257~269
- 6) GEMMIL, MURRAY: ASME paper No. 56-A-214 (1957), p. 12~13

(151) 1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si 鋼および 2¹/₄Cr-1Mo 鋼のクリープ破断強度

日立製作所, 日立研究所

佐々木良一・○幡谷 文男

The Creep Rupture Properties of 1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si Steel and 2¹/₄Cr-1Mo Steel.

Ryōichi SASAKI and Humio HATAYA.

I. 緒 言

1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si 鋼および 2¹/₄Cr-1Mo 鋼はボイラ用鋼管として高温高圧の部分に多量に用いられており、これらは普通焼準焼戻しあるいは焼鈍の熱処理が行なわれている。これらの鋼種のクリープ破断強度については多くの研究があるが^{1)~5)}、長時間試験を行なったものは比較的少なく、特に 1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si 鋼については少ない。これらの強度は熱処理によつて著しく異なり、短時間強度は高くても、10,000 hr 以上の長時間強度が低下する場合がある。著者らは長時間強度におよぼす熱処理条件の影響を明らかにすることを目的とし、最大 20,000 hr までの長時間クリープ破断試験を行なったので報告する。

II. 試 料

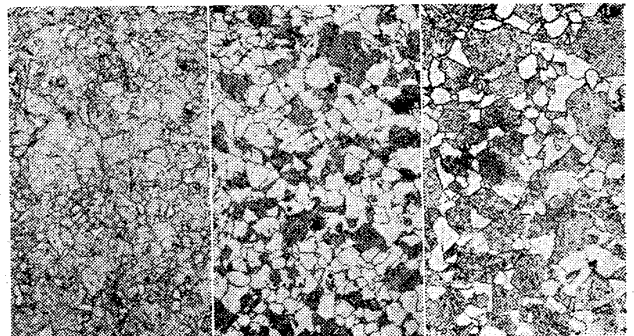
Table 1 は試料の化学組成を示す。熱処理は 1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si 鋼については 950°C×3 hr 加熱後それぞれ 1,400°C/hr (空冷), 500°C/hr および 150°C/hr

(冷炉) で炉却焼準し、700°~720°C×4~20 hr の焼戻し、ならびに 950°C×3 hr 加熱後 50°C/hr および 25°C/hr 冷却焼鈍を行なった。2¹/₄Cr-1Mo 鋼は 930°C×3 hr 加熱後 1,400°C/hr, 500°C/hr および 150°C/hr で冷却焼準し、700~720°C×7~13 hr 焼戻しを行なった。これらの試片について室温 ~600°C における引張試験を行ない、またクリープ破断試験は 1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si 鋼については 500°C および 550°C で、2¹/₄Cr-1Mo 鋼については 550°C および 600°C で行なった。引張試片は JIS 4 号, 平行部 8mm φ, GL 28mm を、クリープ破断試片は 6mm φ, GL 30mm を用いた。

III. 実験結果

Photo. 1 は 1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si 鋼を焼準後 700°C×10 hr 焼戻した試片の顕微鏡組織である。1,400°C/hr 冷却 および 500°C/hr 冷却のものはペーナイト+フェライト+マルテンサイトが、また 150°C/hr 冷却のものはフェライト+パーライトが焼戻されて炭化物が析出凝集した組織を呈し、冷却速度の大きいものほどフェライトが少なくなっている。

Fig. 1 は 1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si 鋼を焼準後 720°C×10 hr 焼戻したものおよび焼鈍材ならびに 2¹/₄Cr-1Mo 鋼を焼準後 700°C×15 hr 焼戻した試片の引張試験結果を示す。焼準焼戻材は焼準時の冷却速度の大きい方が高



a) 1,400°C/hr cool b) 500°C/hr cool c) 150°C/hr cool

Photo. 1. Microstructures of 1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si steel cooled from 950°C at various cooling rate and tempered for 10 hr at 700°C. ×100 (2/5)

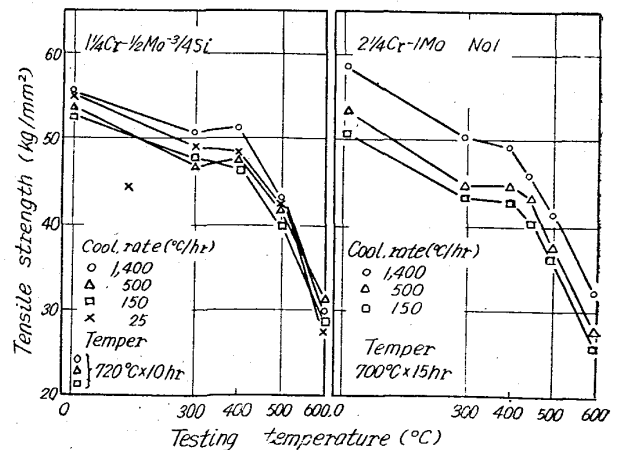


Fig. 1. Tensile strength of various heat treated specimens.

Table 1. Chemical composition of specimens. (%)

Steels	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
1 ¹ / ₄ Cr-1/2Mo-3/4Si	0.13	0.57	0.58	0.019	0.007	1.32	0.52
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo No.1	0.09	0.32	0.51	0.012	0.007	2.20	1.06
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo No.2	0.10	0.34	0.60	0.008	0.006	2.12	0.93

引張強さを示し、この傾向は 2¹/₄Cr-1Mo 鋼の方が強い。これは両鋼種とも焼準時の冷却速度が小さくなるにつれフェライト量が多くなっているが、1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si 鋼では 500°C/hr 冷却のものと 150°C/hr 冷却のものとはフェライト量の差が小さいが、2¹/₄Cr-1Mo 鋼では冷却速度によるフェライト量の差が 1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si 鋼よりもいちぢるしいと思われる。

Fig. 2 は 1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si 鋼をそれぞれの冷却速度で焼準後 720°C×4 hr および 700°C×10 hr 焼戻した試片ならびに 25°C/hr 冷却焼鈍試片の 500°C および 550°C におけるクリープ破断試験結果を示す。焼準時の冷却速度の大きいものほどクリープ破断強度が高いが 500°C/hr 冷却と 150°C/hr 冷却とでは強度差が小さい。焼準焼戻材と焼鈍材とを比べれば 500°C では後者の方がいちぢるしく高い破断強度を示す。しかし 550°C においては、1,000 hr 以下の短時間では焼鈍材の方が高い破断強度を示すが、クリープ破断曲線の傾斜が大きく、10,000hr 以上の長時間強度は焼準焼戻材とほぼ同じ値になる。

Fig. 3 は 2¹/₄Cr-1Mo 鋼をそれぞれの冷却速度で焼準後 700~720°C×7 hr および 720°C×13 hr 焼戻した試片の 550°C および 600°C におけるクリープ破断線図である。700°C×7 hr 焼戻試片について焼準冷却速度の影響をみると、短時間強度は冷却速度の大きいほど高い値を示すが、冷却速度の大きい試片のクリープ破断曲線は途中から下向きに折れ曲り、特に 600°C では傾斜が大きい。10,000 hr 強度はほとんど差が少なくなり、さらに長時間になると冷却速度の小さい試片の方が高い強度を示す。

500°C/hr で冷却後 720°C×7 hr 焼戻した試片は 700°C×7 hr 焼戻試片に比べ短時間強度は低い、クリープ破断線図の傾斜が小さい。線図が途中で折れ曲るようなことはなく、12,000~14,000hr までの試験を行なったが、1,700 hr 試験から直線外挿した値と一致している。

それぞれの冷却速度で焼準後 720°C×13 hr 焼戻した試片については、クリープ破断強度は冷却速度の大きい方が高いが、その差は 700°C×7 hr 焼戻試片よりも小さい。550°C 試験では、10,000~20,000 hr の試験を行なっているが、冷却速度の大きい試片でもクリープ破断線図が折れ曲るようなことはなく、長時間側まで直線関係

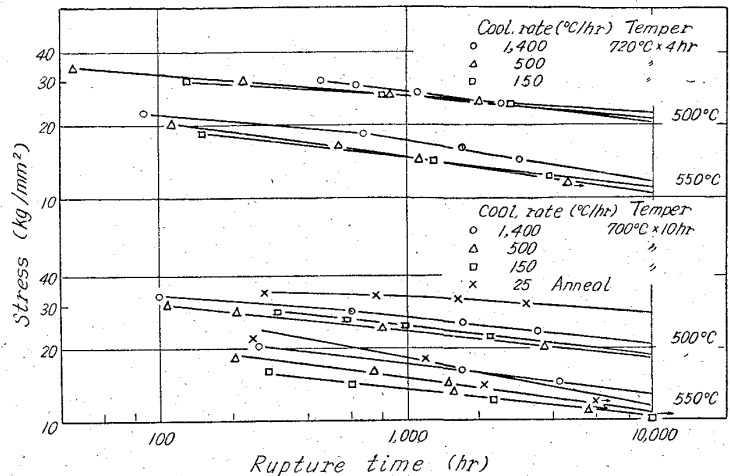


Fig. 2. Creep rupture curves of 1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si steel cooled from 950°C at various cooling rate and tempered or annealed.

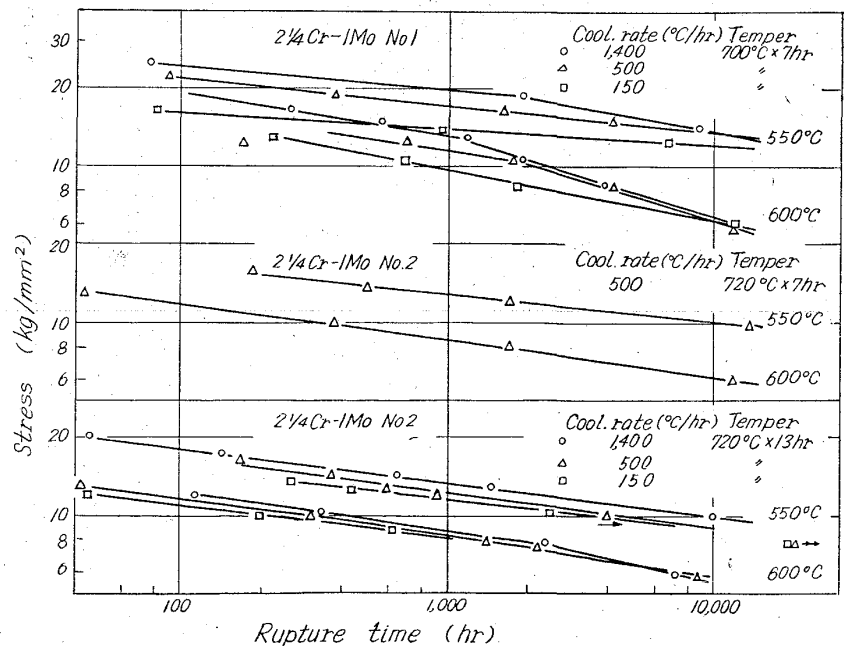


Fig. 3. Creep rupture curves of 2¹/₄Cr-1Mo steel cooled from 930°C at various cooling rate and tempered.

を示している。600°C 試験においては、7,000~9,000 hr までの試験を行ない、1,400°C/hr 冷却のものがわずかに下向きに折れ曲っているが、700°C×7 hr 焼戻しの試片に比べクリープ破断線図の傾斜が小さい。

Fig. 4 はいろいろ熱処理条件を変えた 1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si 鋼および 2¹/₄Cr-1Mo 鋼の 550°C および 600°C における 10,000 hr. クリープ破断強度を示す。1¹/₄Cr-1/2Mo-3/4Si 鋼についてみれば、焼戻条件が同

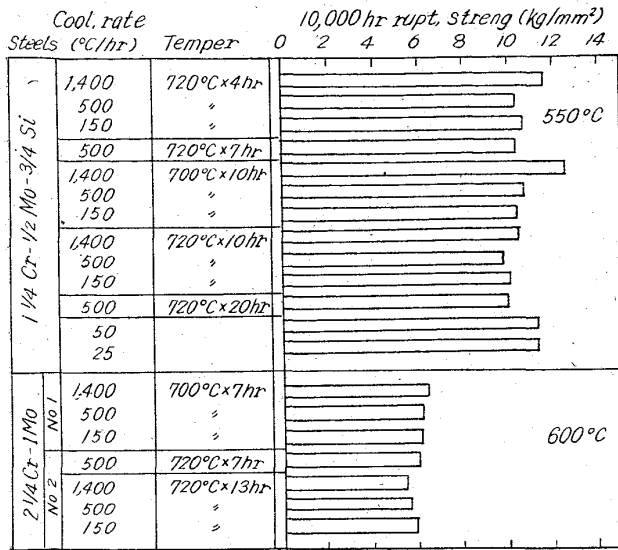


Fig. 4. Creep rupture strength of 1 1/4Cr-1/2 Mo-3/4Si steel and 2 1/4Cr-1Mo steel.

じ場合は 1,400°C/hr 冷却のものが最大の強度を示し、500°C/hr 冷却および 150°C/hr 冷却のものはほぼ同じ強度を示す。また同一冷却速度のものについて焼戻条件の影響をみると、720°C×4 hr、720°C×7 hr および 700°C×10 hr 焼戻しものは強度に大差がないが、さらに焼戻しの進んだ 720°C×10 hr および 720°C×20 hr 焼戻しものは前記 3 条件のものに比べ低い値を示す。これらの焼準焼戻材のクリープ破断線図における傾斜には差がなく、10,000 hr 以上の強度も大体この強度の順になっている。50°C/hr および 25°C/hr 冷却焼鈍材は 1,400°C/hr 冷却後 720°C×4 hr 焼戻材に近い高い値を示すが、Fig. 2 に示したようにクリープ破断線図の傾斜が大きく、さらに長時間になるとその強度は 500°C/hr 冷却および 150°C/hr 冷却後焼戻した試片とほぼ同じ値になる。

2 1/4Cr-1Mo 鋼の 10,000 hr 強度は 700°C×7 hr 焼戻材が最大で次いで 720°C×7 hr 焼戻材および 720°C×13 hr 焼戻材の順になっている。しかし Fig. 3 に示したように 700°C×7 hr 焼戻材特に冷却速度 1,400°C/hr および 500°C/hr のものはクリープ破断線図の傾斜が大きく、さらに長時間になると他の焼戻条件のものよりも低い値になる。

IV. 結 言

1 1/4Cr-12/Mo-3/4Si 鋼につき焼準冷却速度を 1,400°C/hr、500°C/hr および 150°C/hr に変え、700°C~720°C×4~20 hr の焼戻しを行ない 500°C および 550°C でクリープ破断試験を行なった。冷却速度 1,400°C/hr のものは他のものに比べ高い強度を示し、冷却速度が同じ場合は焼戻時間の短い方が高い強度を示す。また 50°C/hr および 25°C/hr 冷却焼鈍材は 500°C では焼準焼戻材よりも著るしく高い強度を示すが、550°C 長時間強度は焼準焼戻材とほぼ同じ強度を示す。

2 1/4Cr-1Mo 鋼につき焼準冷却速度を 1,400°C/hr、500°C/hr および 150°C/hr に変え、700~720°C×7~13 hr 焼戻しを行ない、550°C および 600°C でクリー

プ破断試験を行なった。冷却速度が大きく焼戻時間の短いものは短時間強度は高いが、クリープ破断線図が下向きに折れ曲り、長時間強度は低くなる。冷却速度の小さいものあるいは長時間焼戻したものはクリープ破断線図における傾斜が小さく、長時間強度は高い値を示す。

文 献

- 1) M. G. GEMMILL et al.: Iron & Steel. 29 (1956) April, p. 150~152, May, p. 173~177
- 2) 高橋, 他: 神戸製鋼, 10 (1958), 2, p. 127~144
- 3) J. D. MURRAY et al: J. Iron & Steel Inst 193 (1959) 4, p. 354~359
- 4) 耳野: 鉄と鋼, 49 (1958), 3, p. 595~597
- 5) 三好, 他: 第 6 回高温強度シンポジウム資料 (1963) p. 103~108

(152) Cr-Mo-V 鋼のクリープ破断強度におよぼすオーステナイト粒度の影響について

日本製鋼所, 室蘭製作所 工博 ○熊田 有宏

Effect of Grain Size of Austenite on the Creep Rupture Strength of Cr-Mo-V Steel.

Dr. Yūkō KUMADA.

I. 緒 言

この数年来、Cr-Mo-V 鋼大型蒸気タービン軸車材のクリープ破断強度のばらつきの原因について調査してきたが、このタービン軸材のクリープ破断強度のばらつきの主たる原因は、オーステナイト結晶粒度の相違によるものであることが判明した¹⁾²⁾。すなわち、オーステナイト粒の大きさが大きいほど、比較的短時間のクリープ破断強度が高まることが確かめられた。

しかし、ここで問題となることは、このようなオーステナイト粒の大きさの効果が、蒸気タービン軸車に要求されている 100,000 hr という長い運転時間にわたって持続できるか否かということ、また、材料のオーステナイト粒を大にすることによつて平滑材のクリープ破断強度は高められるにしても、延性がある程度犠牲となるため、切欠材のクリープ破断強度が逆に低下する恐れのあることである。

以上の理由から、本実験においてはオーステナイト粒を変えることによる効果がどの程度持続するか。また、切欠材のクリープ破断強度に対してどのような影響を有しているかを実験室的にオーステナイト粒度を変えた試料について約 8,000 hr までの試験を行なった結果を報告する。

II. 実 験 方 法

実験に供した材料は高周波誘導炉で溶製したもので、その成分を Table 1 に示す。このような材料を 20 mm φ の丸棒に鍛造後、所定の熱処理を施した。オーステナイト化温度は、オーステナイト粒度を変えるために 950°C、965°C および 980°C の 3 種類とし、焼入温度は 950°C 一定とした。焼入温度からの冷却速度は、