

4. クリープ試験結果

両鋼種とも 600°C 3.5kg/mm<sup>2</sup> で 3000hrのクリープ試験を行なった。結果は Fig. 3, 4 に示すとおり、完全ではないが、傾向として sol Al および AlN の少ない試料がクリープレートも低い。

6. 結 言

2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo および 5Cr-0.5Mo の2鋼種チャーシ内で Al 添加量の異なる試料を溶製し、600°Cにてクリープおよびクリープラプチャー試験を行ない、Al の影響を調べた。確かに sol Al および AlN の低い方が良い結果が得られる。恐らくこれは Al によるNの固定が原因しているものと思われるが、それについては、さらに他の方法にて、実証したいと考える。

文 献

- 1) 寺井: 鉄と鋼, 43 (1957) 3, p. 318
- 2) 寺井: 鉄と鋼, 44 (1958) 3, p. 417
- 3) 高尾, 平野, 山本: 材料試験, 8 (1959) 66, p. 237
- 4) 高尾, 西原, 平野, 山本: 材料試験, 9 (1960) 77, p. 129
- 5) 寺井, 阿部: 材料試験, 9 (1965) 77, p. 137
- 6) 耳野, 梅沢: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 595
- 7) 田上: 住友金属, 13 (1961) 4, p. 57

(153) 低 C-Cr-Mo-V 鋼の高温強度におよぼす熱処理の影響

住友金属工業, 中央技術研究所  
工博 三好 栄次・岡田 隆保

Some Effects of Heat Treatments on Creep Rupture Strength of Low C-Cr-Mo-V Steel.

Dr. Eiji MIYOSHI and Takayasu OKADA.

1. 緒 言

Cr-Mo-V 鋼は高温強度の高い低合金材料として知られ、C を約 0.3% 含む Cr-Mo-V 鋼は大型タービン軸材として広く使用されており、また、これらを対象として数多くの研究が行なわれている<sup>1)~9)</sup>。著者らはこれらの材料よりも、より炭素含有量の低い Cr-Mo-V 鋼について、そのボイラー用鋼管材としての適性を検討しているが、本報では本鋼の高温強度におよぼす熱処理の影響、ならびに強度と組織変化との関連性について、2, 3 検討した結果を報告する。

2. 供試材, 熱処理, 実験方法

上述の C を約 0.3% 含むタービン軸材では 1 $\frac{1}{4}$ %Cr-1%Mo-1/4%V がその代表的組成であり、この成分近傍で高温強度のもつとも高くなることが明らかにされている。ボイラー用 Cr-Mo-V 鋼としての適当成分を定めるため、予備的な検討として、C を 0.12% に一定とし、Cr を 1~5%, Mo を 0.5~3%, V を 0~0.6% の範囲でおのおの単独に変じた鋼について検討を加えた結果、成分の影響は熱処理によつて若干異なるが、Cr は 1~2%, Mo は 1%, V は 0.2~0.4% において、高温

Table 1. Chemical composition.

C	Si	Mn	P	S
0.11	0.39	0.50	0.014	0.020
Cr	Mo	V	Cu	Sol. Al
1.04	1.10	0.22	0.08	0.012

強度は最も大になることがわかつた。この結果は上述のタービン材などの結果とも一致するものである<sup>3)8)</sup>。これらの結果に基づいて、ここでは 1%Cr-1%Mo-0.25%V 鋼を選び、これについて熱処理の影響を検討することとした。

供試材は 100kg 高周波溶製材で、その化学成分は Table 1 に示すとおりである。

100kg 鋼塊を 18mm  $\phi$  棒に鍛伸し、鍛造の軸方向に素材を採取し、それぞれ次の熱処理を行ない、試験に供した。

オーステナイト化条件の影響; 試料を 900°C から 1100°C までの間の 50°C おきの各オーステナイト化温度に 1hr 保持後、空冷し、これに 710°C  $\times$  10hr の焼もどしを行なつて、オーステナイト化温度の検討を行なつた。

冷却速度の影響; 試料を 1000°C  $\times$  1hr の加熱後、あらかじめ加熱した 35, 50, 75, 100, 150, 200mm  $\phi$  のブロック中に装入し、そのまま空冷した。これに 710°C  $\times$  10hr の焼もどしを加え、冷却速度の影響を検討した。これらの冷却方法により得られる冷却速度の範囲は 800°C から 600°C の平均速度で、約 50°C/min から 6°C/min である。

焼もどし条件の影響; 試料を 1000°C  $\times$  1hr に加熱後、空冷し、さらに 700°C および、720°C の温度に 1~50hr 加熱し、焼もどし時間の影響を検討した。

これらの熱処理材より平行部径 6.35mm、標点距離 36.5mm のクリープ破断試験片と組織調査試料を採取し、550°C におけるクリープ破断試験ならびに組織を調べた。炭化物の析出状態、その同定には抽出レプリカ・電子回折法を用いた。

3. 実験結果

Fig. 1 にオーステナイト化温度と 550°C, 30kg/mm<sup>2</sup> の条件におけるクリープ破断時間の関係を示した。1000°C~1050°C までは温度の上昇とともに破断強度は急激に増大する。しかしより高温の 1100°C では増加は認められず、むしろ若干低下する傾向がある。一方、破断伸びおよび絞りは温度の上昇とともに急速に低下している。強度ならびに延性の両者に対する影響を考慮すると、本鋼のオーステナイト化温度としては 1000°C 近傍が適当と判断される。オーステナイト化温度の上昇に伴う強度増加に対し、オーステナイト結晶粒の影響の大きいことが指摘されているが<sup>5)7)</sup>、温度上昇に伴う微細組織の変化もかなり重要な影響を与えているように観察される。すなわち、Photo. 1 a にはオーステナイト化温度 900°C の場合の炭化物の析出状態を、Photo. 1 d には 1000°C のそれを示したが、オーステナイト化が十分に

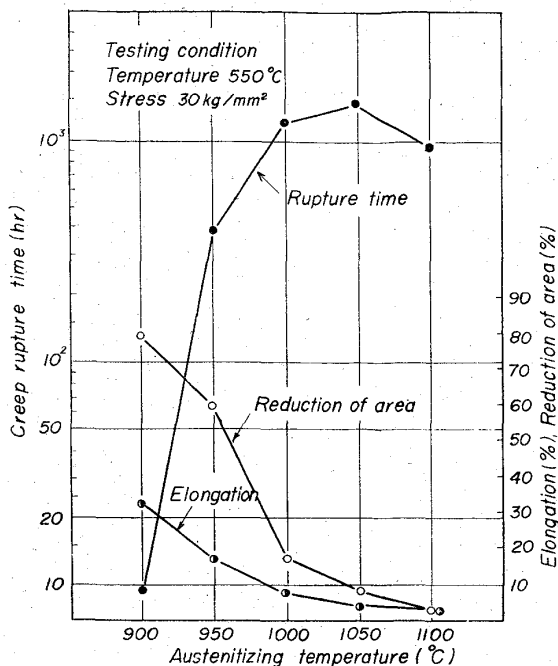


Fig. 1. Effect of austenitizing temperature on the creep rupture time of 1%Cr-1%Mo-0.25%V. Heat treatment: T°C×1hr→Air cooled, 710°×10hr→Air cooled.

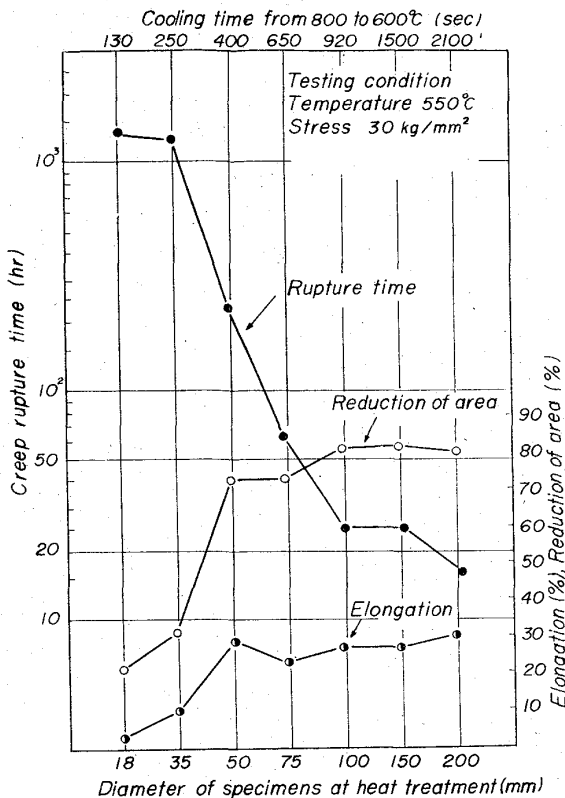
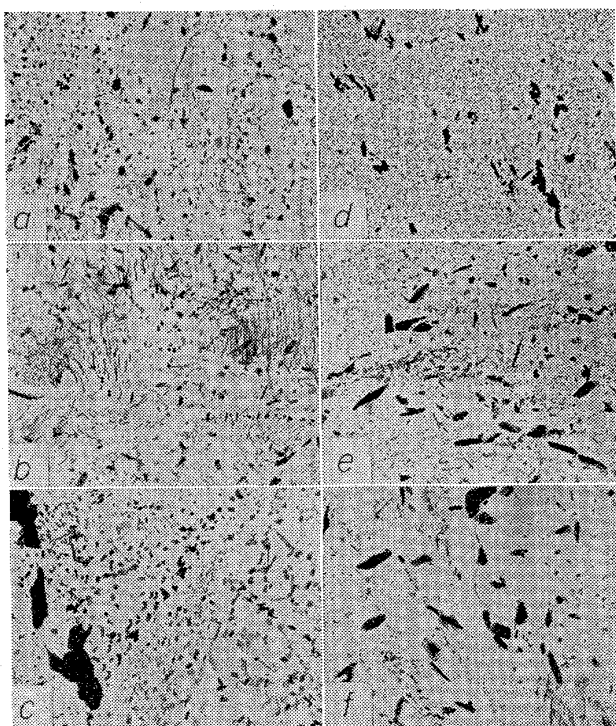


Fig. 2. Effect of cooling rate on the creep rupture time of 1%Cr-1%Mo-0.25%V steel. Heat treatment; 1000°C×1hr→(Various cooling rate), 710°C×10hr→Air cooled.



a) 900°C×1hr→Air-cooled, 710°C×10hr  
 b) 1000°C×1hr→100mmφ A.C., "  
 c) 1000°C×1hr→200mmφ A.C., "  
 d) 1000°C×1hr→Air-cooled, 720°C×3hr A.C.  
 e) " 720°C×20hr A.C.  
 f) " 720°C×50hr A.C.

Photo. 1. Microstructure of the specimens after various heat treatment.

ない前者の炭化物は後者にくらべかなり粗で、後者のごとく微細均一ではなく、両者の間に明らかに差が認められる。

Fig. 2 にクリープ破断強度におよぼす冷却速度の影響を示した。50mmφ 棒の空冷よりもより遅い冷却速度範囲では、冷却速度の低下とともに強度は急速に低下することがわかる。組織的には、この冷却速度以下では、初析フェライトが析出し、完全なベイナイト組織ではない。またそのフェライト中に析出する炭化物は、Photo. 1 b, c に示すごとく、急冷材にくらべ、かなり粗で、その形態も多様である。

Fig. 3 にクリープ破断強度におよぼす 700°C および 720°C における焼もどし時間の影響を示した。700°C では 50hr までの焼もどしにより、強度は若干減少し、延性値は多少増加するが、その増減は比較的小さい。またこの間における組織変化も著しいものではない。これに対し、720°C における焼もどしでは、10hr 以上の焼もどしで、強度は急激に低下する。焼もどしに伴う組織変化は Photo. 1 d, e, f に示したとおりで、短時間側に認められる均一微細な炭化物は漸次凝集し、この炭化物における変化と強度の変化はかなり対応しているように観察される。

以上述べたように、本鋼のクリープ破断強度は熱処理条件によつてかなり大きく変化し、本鋼は熱処理感受性の高い材料であることが示されている。組織と強度との

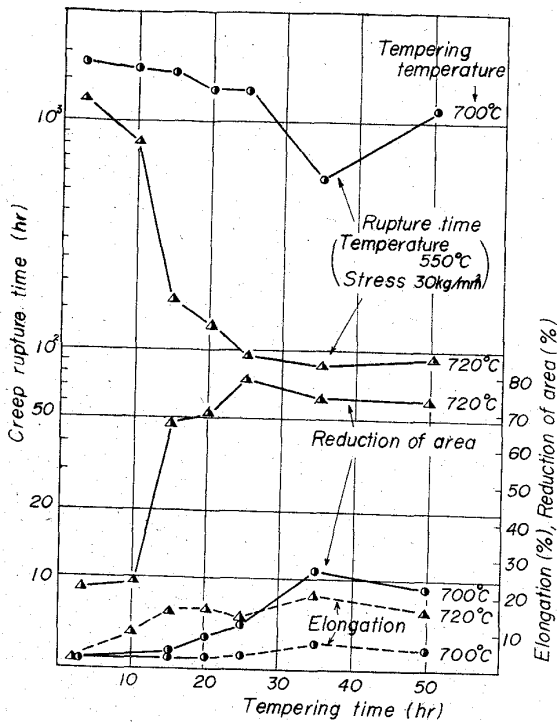


Fig. 3. Effect of tempering time on the creep rupture time of 1%Cr-1%Mo-0.25%V Heat treatment; 1000°C×1hr→Air cooled, 700°C or 720°C×thr→Air cooled.

関連性については、より直接的な観察に待たねばならないが、上述の高温強度と組織の対応性からみて、本鋼の場合粒内に微細に析出する炭化物の挙動がきわめて重要な影響を与えているように考えられる。

4. 結 言

低炭素Cr-Mo-V鋼のボイラー用鋼としての検討の一つとして、本鋼の高温強度におよぼす熱処理条件、すなわちオーステナイト化温度、冷却速度、焼もどし時間の影響について検討し、それぞれの影響を明らかにした。

本鋼は、現用のCr-Mo鋼に比して、その熱処理感受性が大きく、本鋼の高い高温強度を真に有効に使用し得る熱処理範囲は比較的せまいと判断される。熱処理上からはこの点に対する改良が望まれる。また、このような熱処理による高温強度の変化はその微細組織の変化、とくに炭化物の析出挙動とかなり密接な関係をもつものであることが推察された。

文 献

- 1) M. H. JONES, et. ali: Trans. Amer. Soc. Metals, 47 (1955), p. 926
- 2) F. E. WERNER, et. ali.: Trans. Amer. Soc. Metals, 52 (1960), p. 376
- 3) 熊田他: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 594
- 4) 渡辺, 他: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1079
- 5) 渡辺, 他: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1892
- 6) 佐々木: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1899
- 7) 熊田: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 711
- 8) 佐々木: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 706

9) 佐々木: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 975

(154) 転炉鋼によるボイラー用低炭素鋼の高温強度について

住友金属工業, 中央技術研究所

工博 三好 栄次・工博 田上 豊助

○行 俊 照夫・岡田 隆保

High-Temperature Strength of Low Carbon Steel for Boiler Melted by Converter.

Dr. Eiji MIYOSHI, Dr. Toyosuke TANOUÉ

Teruo YUKITOSHI and Takayasu OKADA.

1. 結 言

最近では転炉鋼の使用が盛んとなり、構造用鋼としても使用される傾向にある。高級ボイラー用鋼管材料として実用された例はまだ聞いていない。ここでは転炉鋼の使用を検討するためその高温強度について研究した。筆者らは先に電気炉、平炉および転炉の溶製による鋼材についてクリープおよびクリープ破断試験を行なった。その溶製の相異によつてクリープ強度およびクリープ破断強度の差が認められたが、その原因を検討した結果、これらの相異は含有する窒素量、それも地鉄中に固溶する窒素量によるものと考えられた。低炭素鋼の高温強度に対する窒素の効果についてはすでに多くの研究により認められている。その結果、転炉鋼はその含有する窒素量によつて高温強度の低下するものであることがわかった。この状況を Fig. 1 および Fig. 2 に示す。したがつて転炉鋼はそのままではクリープ強度は低い。従来の電気炉鋼、平炉鋼なみの強度を得るためには若干の窒素量の添

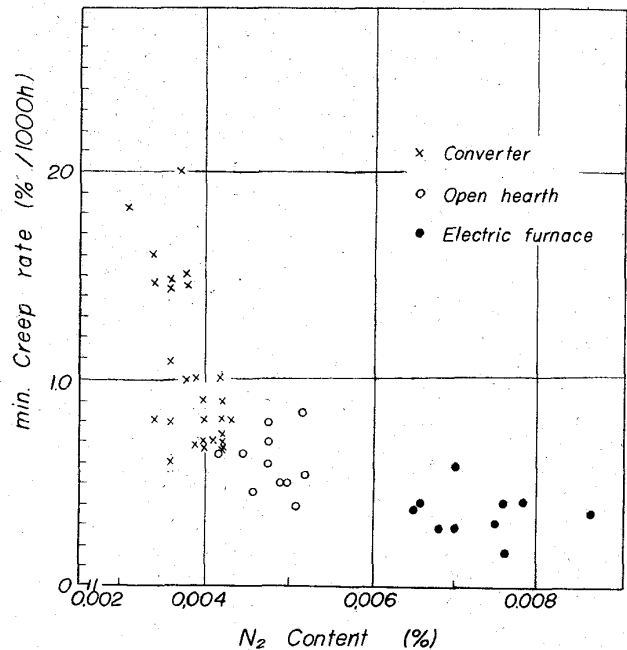


Fig. 1. Min. creep rate of steels (at 450°C, 12.6 kg/mm²).