

Table 2. Tempering parameter ranges in which two kinds of carbides were detected.

Steel	FD 3	FD 4	FD 7	FD 8
Carbide				
M ₃ C	13.1~ 22.4	13.1~ 22.4	13.1~ 22.4	13.1~ 22.4
M ₂₃ C ₆	—	—	19.4~ 22.4	20.0~ 22.4

mm² から 0 まで単調に減少するが、FD8 では 4 段階の変化をしながら減少している。このように応力は硬度と大体類似した変化を示す。また格子常数は、FD7, FD8 両者とも先の応力曲線に追従したような変化をしながら減少している。

3.3 炭化物反応

焼戻時効した試料からの電解抽出炭化物の X 線分析ならびにカーボンレプリカ上に抽出した炭化物の電子顕微鏡による形状観察と電子回折によつて得た同定結果を Table 2 に示す。これからわかるように、Mo を含有しない FD3, FD4 では M₃C のみ存在するが、Mo を 0.3% 含んだ FD7, FD8 では M₃C のほかに、P の大きいところにおいて M₂₃C₆ が存在する。

また各試料からの電解抽出残渣中の相対的な炭化物量を、M₃C の (210) と M₂₃C₆ の (422) 回折線の高さで表示し、これを焼戻パラメータ P に対してプロットしてみた。その結果、FD3, FD4 では M₃C は P=16 までは若干増加し、この点を越すと急激に増大するが、全般的に V を含有する FD4 の方が炭化物量は少ない。FD7, FD8 においては、M₃C は P=16 をこすと急に増加するが、P=20.5 付近で最大量を示し、この点をすぎると急速に減少する。M₂₃C₆ は、FD7 では P=17.4, FD8 では P=20 で検出され、P が大きくなるとともに急激に増加する。この場合も V を含有する FD8 中の M₃C, M₂₃C₆ の量は、全般的に FD7 よりも少ない。さらに、カーボン抽出レプリカ上の炭化物を電子顕微鏡により観察した結果によると、V 含有の FD4, FD8 は、V を含まない FD3, FD7 よりも、炭化物の成長と凝集がおくることが確認された。以上の結果から、本供試鋼のごとき成分範囲の鋼においては、0.3% 程度の V は炭化物反応を遅滞せしめることが判明した。

4. 結 言

鍛造用型鋼 FD3, FD4, FD7, FD8 を 400~700°C において 0.35~1000 hr の焼戻時効させたときに生ずる現象をまとめるとつぎのようになる。

(1) V を含まない FD3, FD7 の硬度は、焼戻パラメータ P とともに単調に減少するが、0.3% V 含有の FD4, FD8 は P=18 付近に比較的明瞭な 2 次硬化現象を示す。

(2) Ni を含まない FD3, FD4, FD8 の焼戻脆性は P=17~18.5 に発生するが、0.3% Ni 含有の FD7 では P=21 付近にあらわれる。したがって Ni は焼戻脆性現象をおくらせることがわかる。

(3) 最大内部応力は、P の増加にしたがつて、FD7 では単調に、FD8 ではやや階段的に、130 kg/mm² から 0 まで減少する。

(4) Mo を含まない FD3, FD4 では V の全域で M₃C のみが存在し、0.3% Mo 含有の FD7, FD8 では M₃C のほかに、P の大なる側で M₂₃C₆ が存在する。また V 含有の FD4, FD8 の炭化物反応は、V を含まない FD3, FD7 よりおくれる。

文 献

- 1) 西村, 新山: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1537
- 2) 西村, 新山: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1539
- 3) 西村, 新山: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 668
- 4) 西村, 新山: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1939

(155) 1Cr-1Mo-1/4V 鋼のクリープ破断強度におよぼす焼入冷却速度および二段オーステナイト化処理の影響

日立製作所, 日立研究所 ○ 佐々木 良一
The Effect of Cooling Rate from the Quenching Temperature and Two Step Austenizing Treatment on the Creep Rupture Strength of 1Cr-1Mo-1/4V Steel.

Ryoichi SASAKI.

1. 緒 言

1Cr-1Mo-1/4V 鋼は蒸気タービンロータシャフト材として広く使用されており、この材料のクリープ破断強度に関する研究も多数報告^{1)~5)}されている。当所においては先に本鋼のクリープ破断特性におよぼす焼入温度と焼戻温度の影響を明かにした⁶⁾。大型ロータ材では、焼入時の冷却速度は部分により異なり、焼割れ防止のため、焼入時に室温まで冷却しないで、焼入を終止し、焼戻されるのが普通であるので、本報ではクリープ破断特性におよぼす焼入冷却速度と終止温度の影響を求めた。なお二段オーステナイト化処理の影響についても検討した。

2. 試料および実験

試料としては大型タービンロータシャフト素材胴部中央外周部から、約 100mm×40mm×150mm の試験片素材を多数採取し、これを実験目的に沿つて再熱処理して、室温の機械的性質および 550°C でのクリープ破断試験に供した。Table 1 は試料の組成を示す。

焼入冷却速度および終止温度の影響を求めため、試番 1 を用い、Table 2 の熱処理を行なつた。焼入温度は 955°C 一定として焼入冷却速度を 4 段階に変え、さらに 1240°C/hr と 110°C/hr 冷却のものについては、焼入時の冷却を 200°C, 300°C で終止し、その温度で 20 hr 保持して充分変態を終了させた後、室温まで冷却することなく直ちに 660°C で 60 hr の焼戻を行なつた。二段オーステナイト化の影響を求めため、試番 2 を用い、オーステナイト化温度を 955°C, 1000°C, 1050°C の 3 段階とし、それぞれ 955°C まで炉冷し、955°C で 2 hr 保持してから約 4000°C/hr で室温まで冷却し、660°C で 60 hr 焼戻した。

Table 1. Chemical composition of specimens. (%)

Spec. No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
1	0.32	0.31	0.55	—	—	0.45	1.10	1.06	0.27
2	0.33	0.26	0.72	0.014	0.013	0.48	1.06	1.14	0.27

Table 2. Heat-treatment of specimen No. 1.

Mark	Cooling rate (°C/hr)	Cooling end temperature (°C)
A R	4000	Room temperature
B R	1240	Room temperature
B 2		200
B 3		300
C R	110	Room temperature
C 3		300
D R	15	Room temperature

Note: Austenizing 955°C×2 hr
 Tempering 660°C×60 hr
 The specimens were treated by cooling from 955°C to cooling end temperature, soaking for 20 hr, and immediately heating to tempering temperature.

3. 実験結果および検討

3.1 焼入冷却速度の影響

Fig. 1 はクリープ破断特性におよぼす焼入冷却速度の影響を示す。Fig. 2 はこれから求めた 10,000 hr クリープ破断強度および室温の機械的強度と衝撃断面遷移温度におよぼす焼入冷却速度の影響を示す。冷却速度が大きい程衝撃値は高く、遷移温度は低下して靱性は増すが、4000°C/hr ではクリープ破断強度は若干低下し、特に切欠破断強度の低下が大きい。クリープ破断強度に対しては最適の冷却速度が存在し、全ベイナイト組織が得られ、かつフェライトが生じない限度において遅い方がよいようである。したがって、同一鋼種の Cr-Mo-V 鋼であっても素材の焼入性に相違があれば、最良のクリープ破断強度が得られる冷却速度は異なるものと考えられる。

3.2 焼入終止温度の影響

Fig. 3 にクリープ破断試験結果を示す。平滑および切欠クリープ破断強度には終止温度の影響は認められない。室温の引張強度、衝撃値に対してほとんど影響は認められなかった。この鋼種の Ms 点は約 310~350°C で、それ以下ではいずれも変態が終了し、組織的な差はほとんどないので機械的強度にも差がないのであろう。

3.3 二段オーステナイト化処理の影響

Table 3 に結晶粒度および機械的性質を示す。Fig. 4 はクリープ破断強度を示す。オーステナイト化温度

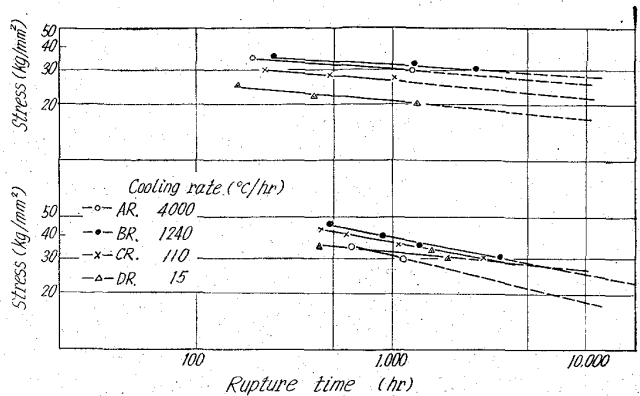


Fig. 1. The effect of cooling rate on the creep rupture strength at 550°C.

の高い程結晶粒は粗大化し、引張強さは若干高くなり、クリープ破断強度も高くなるが、伸び、絞りは若干低下し、衝撃値は著しく低下し、切欠クリープ破断強度もかなり低下する。一般にこの種の材料では結晶粒度の粗い場合には平滑クリープ破断強度は高くなるが、切欠強度は低下することが多い。

4. 結 言

実験的に焼入冷却速度を 4 段階に変え、また焼入終止温度を変えたものおよび二段オーステナイト化処理を行なったものについて、550°C でクリープ破断試験を行い次のような結果を得た。

1. クリープ破断強度はある焼入冷却速度で最高値を示し、それより冷却速度が大きくても、小さくても破断強度は低下する。切欠破断強度比は焼入冷却速度が大きい程小さい。
2. 焼入終止温度は Ms 点以下であれば機械的性質に

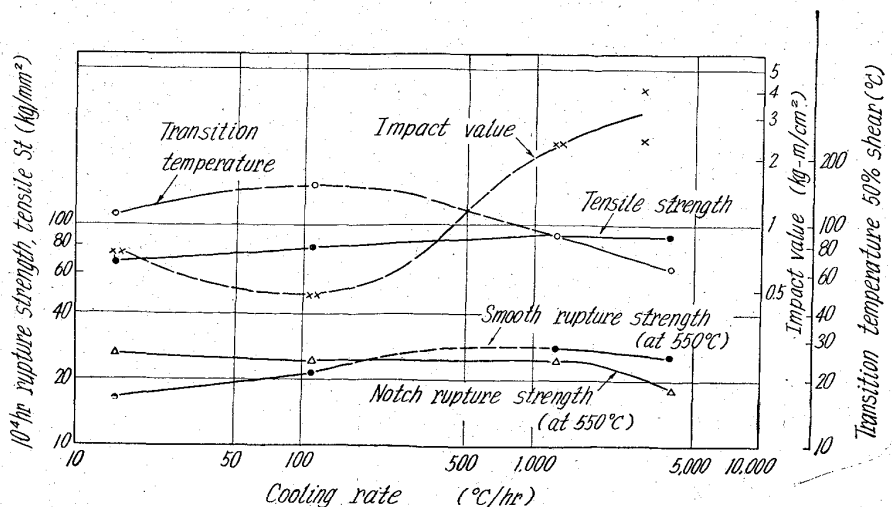


Fig. 2. The effect of cooling rate on the mechanical properties of 1Cr 1Mo 1/4 V steel.

Table 3. The effect of two step austenizing on the mechanical properties and grain size (Specimen No. 2).

Austenizing temp. (°C)	Grain size No.	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Reduction of area (%)	Impact value V-notch (ft·lb)
955	8.5	86.3	21.5	60.0	19.6
1050/955 two step	2.7	90.3	19.4	47.3	13.0
1100/955 two step	1.4	91.7	18.8	46.9	9.2

Tempered at 660°C for 60 hr.

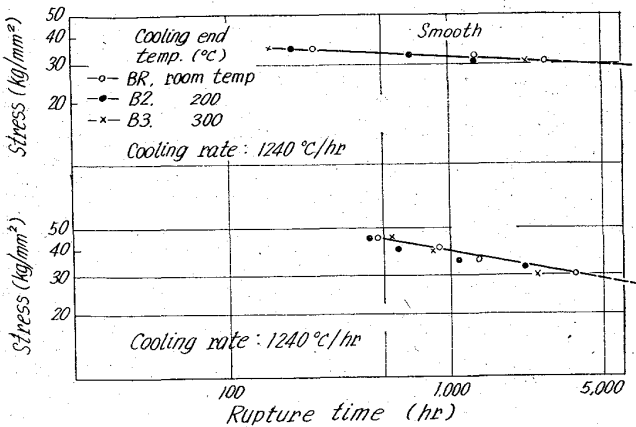


Fig. 3. The effect of cooling end temperature on the creep rupture strength.

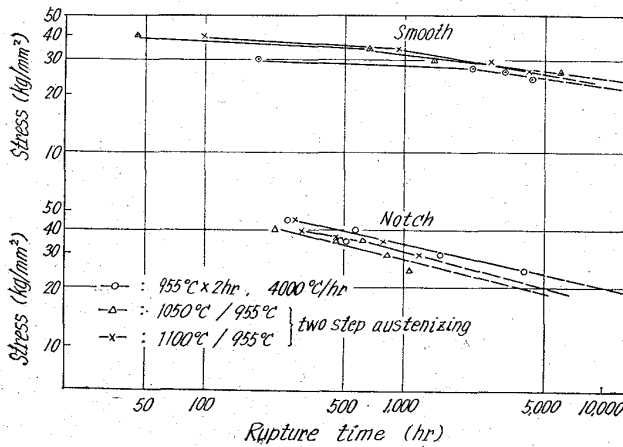


Fig. 4. The effect of two step austenizing on the creep rupture strength.

ほとんど影響を与えない。

3. オーステナイト化温度が高い程結晶粒は粗大化し、平滑クリーブ破断強度は高くなるが、靱性および切欠クリーブ破断強度は低下するので、二段オーステナイト化処理はあまり利点がない。

文 献

- 1) F. E. WERNER, T. W. EICHELBERGER, E. K. HANN: Amer. Soc. Metals, 52 (1960), p. 376
- 2) 熊田, 本間, 渡辺: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 595
- 3) 渡辺, 本間, 熊田: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1892
- 4) 熊田: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 711
- 5) 佐々木: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1899

(156) Cr-Si-Al 耐熱鋼におよぼす Ni の影響

住友金属工業, 鋼管製造所

川野 和男・○藤原 洸

Effect of Ni on the Properties of Cr-Si-Al Heat Resisting Steel.

Kazuo KAWANO and Kiyoshi FUJIWARA.

1. 緒 言

著者等は先に Cr-Si-Al 系耐熱鋼の諸性質について研究し、これらは一般の Cr ステンレスと同等の強度を持つが、高温での耐酸化性および耐 SO₂ ガス性が非常にすぐれていることを報告したり。この Cr-Si-Al 系鋼管の製管性および諸性質におよぼす各種合金元素の影響に関し一連の検討を続けているが、今回は Ni の影響について以下に報告する。

2. 供 試 材

実験に用いた材料の化学成分を Table. 1 に示す。18Cr-1Si-1Al を基礎として Ni 含有量を 0.1 から 2% まで変化させた。いずれも高周波炉で 110kg 鋼塊をつくり、鍛造して 185mm φ 丸鋼にした後機械加工により 175mm φ の押出製管用ピレットを作成した。これを用い Ugine-Séjournet 方式で 80mm φ × 9mm t の鋼管を製造し、供試材とした。

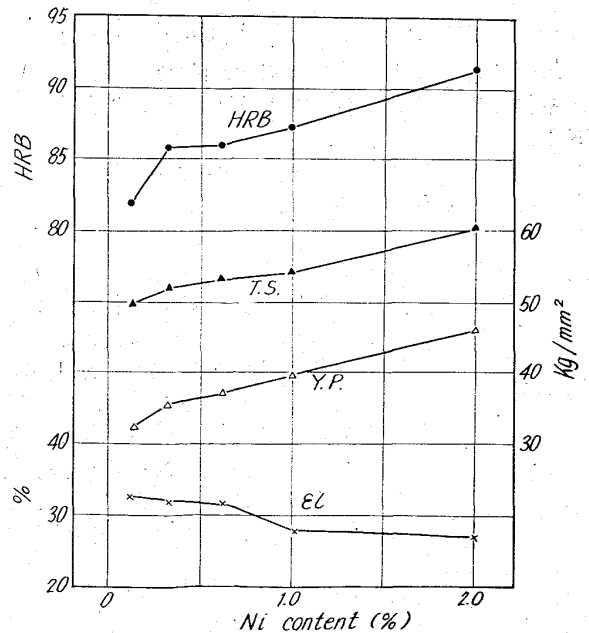


Fig. 1. The effect of Ni content on the mechanical properties.