

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 x 4 hr、720°C x 7 hr および 700°C x 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 x 10 hr および 720°C x 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 x 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 x 7 hr 焼戻材が最大で次いで 720°C x 7 hr 焼戻材および 720°C x 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 x 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 x 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 x 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、

Table 1. Chemical composition. (wt%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	V
0.29	0.21	0.75	0.014	0.018	0.12	1.01	0.17	1.11	0.28

Table 2. Tensile properties of specimens at room temperature.

Austenitizing temperature	Yield strength (kg/mm ²)		Ultimate tensile strength (kg/mm ²)	Elongation* (%)	Reduction* of area (%)	Mean austenitic grain diameter (μ)
	0.02%	0.2%				
950°C	65.5	65.7	79.4	22.6	65.2	13.8~15.2
	67.5	66.6	79.2	23.6	67.3	
965°C	64.6	64.8	79.2	23.6	65.8	14.8~16.4
	65.7	66.0	79.3	23.0	66.2	
980°C	65.9	66.1	80.5	23.3	66.0	19.4~22.8
	65.5	65.6	80.1	23.1	66.3	

*G. L=35mm, Dia.=9.9mm.

軸材の冷却速度と合わせるために材料を 250°C の空気浴中に移して冷却した。焼もどし温度は 675°C で 24 hr である。このような処理を施した材料のオーステナイト粒の平均直径は、オーステナイト化温度が 980°C の場合 19.4~22.8 μ, 965°C では 14.8~16.4 μ, 950°C では 13.8~15.2 μ である。

クリープ破断試験片の形状は、平滑試験片は直径 6 mm, 標点距離 50mm, 切欠試験片は試験片中央に、深さ 1mm, 先端半径 0.17mm の 60° V型環状切欠を有するもので、この場合の応力集中係数は約 4 である。クリープ破断試験は容量 3t, レバー比 1:10 のシングル型試験機で行ない試験温度は 550°C である。

III. 実験結果

試験材の室温における引張試験結果を Table 2 に示す。室温における引張性質は、抗張力、伸びおよび絞りともオーステナイト粒の大きさの相違による差はほとんど現われていない。したがってこのような材料のクリープ破断強度の差は結晶粒の大きさによる差に基づくといえよう。

Fig. 1 にクリープ破断試験結果を示す。この図は切欠材と平滑材の両方について示したもので、図からも明らかなように全試験範囲にわたって切欠強化が示されている。平滑材のクリープ破断強度についてみると、この試験時間範囲ではオーステナイト粒の大なるほど、クリープ破断強度が高いという結果があらわれているが、これをさらに長時間まで延長すれば、結晶粒の大きさによる差はほとんどなくなるものと思われる。また、結晶粒の大きな場合には、1,000 hr 付近から応力-破断時間線図に折点のあらわれているのがみられる。

切欠試験片の場合には、結晶粒の大きさの差によるクリープ破断強度の差は小さいが、短時間では結晶粒の大きいほど破断強度が高い。しかし、長時間側ではとくに結晶粒の大きい場合に強度が低下する傾向がみられ、さらに長時間の試験では平滑材の強度に近づくか、またはそれ以下になる傾向がみられる。

Fig. 1 から平滑材と切欠材の強度比と時間の関係を求

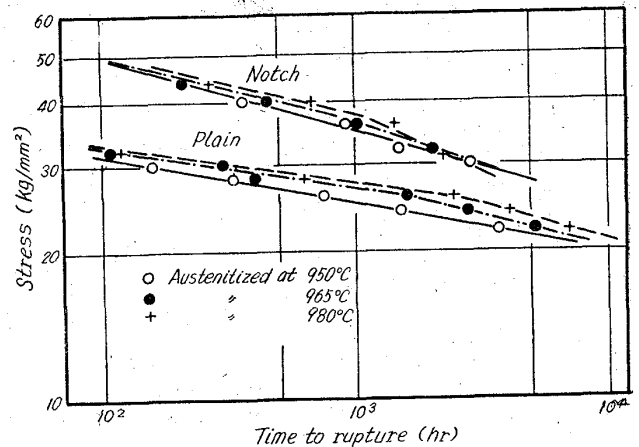


Fig. 1. Results of creep rupture test of notched and plain bar specimens.

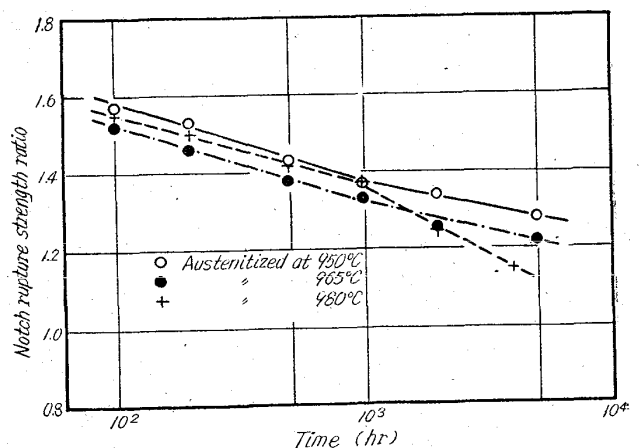


Fig. 2. Relation between notch rupture strength ratio and time.

めたのが Fig. 2 である。応力集中係数が約 4 の切欠を用いた今回の実験の範囲では、980°C でオーステナイト化した場合を除き 100,000 hr または切欠強化が期待される。しかし、980°C でオーステナイト化した試料では

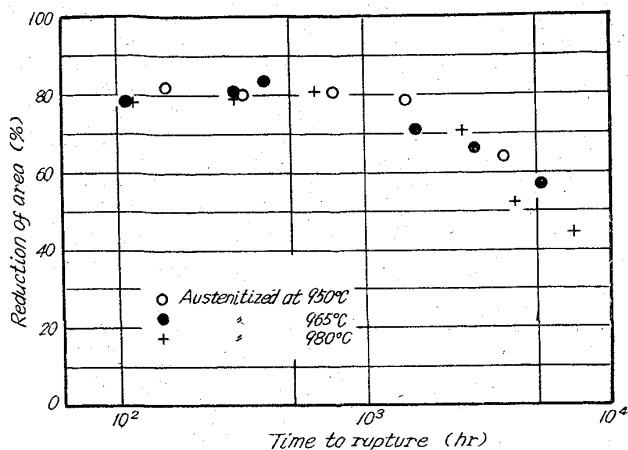


Fig. 3. Relation between reduction of area and time to rupture.

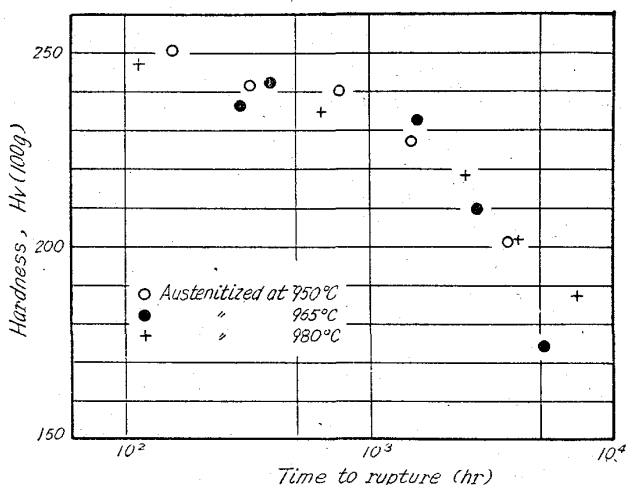
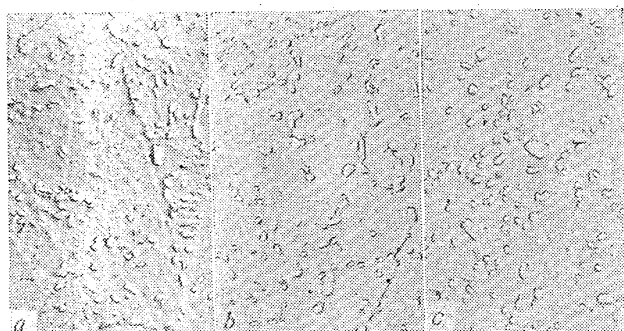


Fig. 4. Relation between hardness and time to rupture.



a) Before creep rupture test.
b) 330 hr at 550°C.
c) 3760 hr at 550°C. ×7000 (1/2)

Photo. 1. Micro structures of specimens austenitized at 950°C.

約 10,000 hr 付近からこの強度比が 1 以下となることが予想される。もちろん、切欠感受性は切欠の形状や材料の延性などいろいろの因子によつて影響されることが報告されており³⁾⁴⁾、今回のこの 1 種類の切欠の結果のみで、その材料の高温における切欠感受性のすべてをあらわすことはできないが、オーステナイト粒の大きな場合には平滑材のクリーブ破断強度は高められるが切欠弱

化を起す恐れがあることが予想される。

Fig. 3 は平滑試験片の破断時の絞りと時間の関係を示したもので、結晶粒の大きさに関係なく時間とともに絞りが減少しているのがみられる。これに対して、Fig. 4 に示した試験片の破断面付近の硬度と時間の関係では、時間とともに硬度が低下しており Fig. 3 に示した絞りの結果と矛盾している。Photo. 1 は 950°C でオーステナイト化した試料の試験前およびクリーブ破断後の電子顕微鏡組織を示したものであり、明らかに炭化物の粒状化および粗大化が認められる。ほかのオーステナイト処理を施した試料についても同様の傾向がみられている。以上の破断時の絞りおよび硬度の測定、および組織の観察結果から、クリーブ破断試験においては、とくに長時間側では、結晶粒界の影響が次第に大きな割合を占めていることが示唆され、粒界に何らかの析出物が生成していることが想像される。

IV. 結 言

実験室的にオーステナイト粒の大きさを 3 種類に変えて約 8,000 hr までのクリーブ破断試験を行ないつぎのような結果がえられた。

1. 平滑試験片の結果では、この試験の範囲では、オーステナイト粒が大きくなるほど、クリーブ破断強度が高い結果がえられた。しかし、さらに長時間ではオーステナイト粒の大きさによる強度の差はほとんどなくなるものと思われる。
2. 切欠試験片では、短時間側ではオーステナイト粒の大きさによる切欠クリーブ破断強度の差は小さいが、長時間側ではオーステナイト粒の大きくなるにつれて強度が低下する傾向がみられた。すなわち、オーステナイト粒の大きな場合は、平滑試験片のクリーブ破断強度は高めるが、切欠弱化を起す恐れがあることが予想される。
3. 破断時の絞り、硬度および破断後の組織から、長時間試験においては結晶粒界の影響が次第に大きな割合を占めてくることが示唆された。

文 献

- 1) 渡辺, 本間, 熊田: 鉄と鋼, 49 (1963) 8, p. 1079
- 2) 渡辺, 本間, 熊田: 鉄と鋼, 49 (1963) 13, p. 1892
- 3) F. GARAFALO: Proceedings of Amer. Soc. Test. Materials, 59 (1959), p. 957
- 4) 宮川, 宮野: 日本材料学会, 高温強度部門委員会資料 (第 11 期第 3 回)

(153) 12%Cr 耐熱鋼の研究

関東製鋼, 渋川工場

工博 大沢秀雄・○山田誠吉・雨宮時雄

Study of 12%Cr Heat Resisting Steels.

Dr. Hideo ŌSAWA, Seikichi YAMADA and Tokio AMAMIYA.

I. 緒 言

さきに 0.1%C-12%Cr 耐熱鋼¹⁾, 0.2%C-12%Cr-