

は、オーステナイト粒の平均直径について整理すると2本の軸材 (rotor C および rotor F) を除きオーステナイト粒が大になる程クリープ破断強度が上昇する傾向が得られた。

4. また、軸材の室温引張り強さとオーステナイト粒の平均直径の間には rotor C を除けば強い相関が認められ、オーステナイト粒が大きくなる程室温引張り強さが高い。

5. 950°Cで滲炭することにより得られた軸材の滲炭粒度あるいは Al および N の含有量と軸材のクリープ破断強度との関係を求めたが、これらの間には明確な関係が得られなかった。

6. 滲炭粒度と actual のオーステナイト粒度の両方について、軸材の結晶粒の粗大化傾向を調べた結果、この鋼種においては軸材のオーステナイト化温度付近から結晶粒の粗大化が始まることがわかった。

7. このことから、軸材間の actual のオーステナイト粒度の差は、主としてオーステナイト化温度のわずかな変動に起因するものと予想され、同時に、軸材間のクリープ破断強度のばらつきの原因は、その大部分がオーステナイト化温度の変動によるオーステナイト粒度のばらつきに起因すると考えられる。

8. 以上実際の軸材について得られた結果を実験室的

に確かめるため、オーステナイト粒度のみを変える熱処理を施した試料を用いてクリープ破断試験を行なった。その結果、前述の実際の軸材について得られたオーステナイト粒度の影響が確認された。

終りに、この論文の発表を許可された株式会社日本製鋼所ならびに御指導を賜った同社研究所所長下田秀夫博士に敬意を表するとともに実験に協力された同社研究所中川嘉一君に感謝する。

文 献

- 1) J. D. CONRAD and N. L. MOCHEL: Amer. Soc. Mech. Eng., 80 (1958), p. 1210
- 2) F. E. WERNER, T. W. EICHELBERGER and W. F. BROWN JR.: Amer. Soc. Metals, 52 (1960), p. 677
- 3) 渡辺, 本間, 熊田: 材料試験, 10 (1961) 99, 948
- 4) 渡辺, 本間, 熊田: 鉄と鋼, 49 (1963)8, p. 1079
- 5) J. B. COHEN, A. HURLIOH and N. JACOBSON: Amer. Soc. Metals, 39 (1947), p. 109
- 6) F. R. LARSON and J. MILLER: Amer. Soc. Mech. Eng., 74 (1952), p. 765
- 7) K. BORN u. W. KOCH: Stahl u. Eisen, 72 (1952), 1268
- 8) E. HOUDREMONT u. H. SCHRADER: Arch. Eisenhüttenw., 12 (1939), p. 393

1Cr-1¹/₄Mo-1/4V 鋼の高温強度におよぼす 焼入および焼戻温度の影響*

佐々木 良 一**

Effect of Quenching and Tempering Temperature on High Temperature Properties of 1Cr-1¹/₄Mo-1/4V Steel.

Ryoichi SASAKI

Synopsis:

1Cr-1¹/₄ Mo-1/4V steel has been widely used as steam turbine rotor shaft material. It is susceptible to notch brittleness during creep unless it is properly heat treated. The present study was carried out to make clear the effect of quenching and tempering temperature on the creep rupture (smooth and notched) properties of 1Cr-1¹/₄Mo-1/4V steel.

No. 1 specimen was quenched with 70°C/mn from various temperatures between 900 and 1050°C and tempered at 660°C for 68 h. No. 2 specimen was quenched with 70°C/mn from

* 昭和38年4月本会講演大会にて発表 昭和38年6月6日受付

** 株式会社日立製作所日立研究所

955°C and tempered at various temperatures between 600 and 700°C. The obtained results are summarized as follows.

Low-temperature quenched material had very fine grains, low smooth rupture strength, high ductility and was not susceptible to notch. However, with an increase of quenching temperature it showed coarser grains and higher tensile and creep rupture strengths, but lower rupture elongation, lower ductility and higher notch sensitivity during creep. Impact properties were very susceptible to quenching temperature. With an increase of tempering temperature the material showed lower tensile strength, higher ductility and lower notch sensitivity. Notch sensitivity was associated with either high quenching temperature or low tempering temperature.

(Received 6 June 1963)

I. 結 言

1Cr11/4Mo1/4V 鋼は蒸気タービンロータシャフト材として、内外において広く使用されている。米国では1953年 Tanners Creek の事故をはじめとして数件の事故が報告されている。事故の原因としては設計上、運転上の問題の外に材料のクリープ破断伸びがいちじるしく低く、切欠クリープ破断強度の低かつたことも一因としてあげられており、熱処理によつて靱性および切欠クリープ破断特性の改善が図られた。一般に低合金鋼のクリープ破断特性は熱処理に敏感である。国内においてもロータ素材製造者において本鋼の高温強度に関して研究が行なわれ報告されている。しかしながらクリープ破断強度は同一鋼種であつてもかなり大きなばらつきを示すものであるから、1, 2 の実験結果から断定的結論を下し難い面があり、またこれらの報告では比較的クリープ破断試験時間が短く、データは未だ十分とは言ひ難い。よつて当所においても本鋼の高温強度におよぼす焼入および焼もどし温度の影響について実験を行なつた。

II. 試料および実験

試料としては胴部直径 860~1040mm ϕ で長さ 4800~6300mm の蒸気タービンロータシャフト素材胴部中央外周部から約 100mm \times 40mm \times 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試験に供した。Table 1 は試料の組成を示す。

焼入温度の影響を調べるためには No. 1 の試料を用

い、900, 950, 1000 および 1050°C に 2h 加熱し、室温まで衝風冷却 (約 70°C/mn) した後、660°C で 68h 焼もどし炉冷した。焼もどし温度の影響を調べるためには No. 2 の試料を用い、焼入温度は 955°C 一定とし、焼入温度に 2h 保持した後室温まで衝風冷却し、600, 625, 650, 675 および 700°C で焼もどし炉冷した。

所定の熱処理後素材半径方向に沿つて、平行部直径 8mm ϕ の引張試験片、V ノッチおよびキーホールシャルピー衝撃試験片、平行部直径 10mm ϕ で平行部長さ 50mm の平滑クリープ破断試験片および 45°V 切欠クリープ破断試験片を採取した。切欠クリープ破断試験片の切欠底直径は 10mm ϕ 、切欠深さは 2mm、切欠底の曲率は 0.25mmR である。

III. 焼入温度の影響

(1) 結晶粒度および硬さ

結晶粒度は焼入温度 900°C では非常に微細で、G.S. = 11.5 であるが、950°C で G.S. = 6.8, 1000°C で G.S. = 4.4, 1050°C で G.S. = 2.6 と焼入温度が上昇するにともないいちじるしく粗大化する。また硬さは、焼もどし条件が一定であつても、焼入温度の上昇にともないわずかに増加する。すなわち焼入温度が 900°C のものでは Hb 230 で 1050°C では Hb 248 を示す。これは焼入温度の高い方が焼が良く入るからである。

(2) 引張強さおよび衝撃値

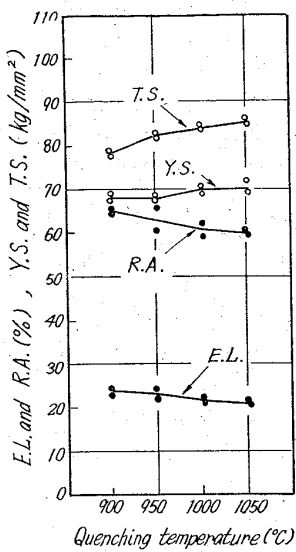
Fig. 1 は引張特性におよぼす焼入温度の影響を示す。引張強さおよび降伏点 (0.02% オフセット) は焼入温度

Table 1. Chemical composition (%) of specimens.

Spec. No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
1	0.33	0.34	0.85	0.008	0.010	0.09	1.24	1.19	0.20
2	0.32	0.22	0.81	0.012	0.007	0.11	1.14	1.24	0.24

Note: No. 1 specimens were quenched with 70°C/mn from 900, 950, 1000 and 1050°C, and tempered at 660°C for 68 h.

No. 2 specimens were quenched with 70°C/mn from 955°C, and tempered at 600, 625, 650, 675 and 700°C for 60 h.



Tempered at 660°C for 68 h
 E.L.: Elongation,
 R.A.: Reduction of area
 T.S.: Tensile strength
 Y.S.: Yield strength
 Fig. 1. Result of tension test for No. 1 specimen.

(3) 平滑クリーブ破断特性

Fig. 2 は平滑クリーブ破断試験結果を示す。焼入温度が上昇するにともない、クリーブ破断強度が高くなり、950~1050°C の差は比較的小さいが、900°C と 950°C 焼入れとの差はいちじるしい。クリーブ強度（最小クリーブ速度が 10⁻⁴%/h となる応力）は 1050°C 焼入れが 21 kg/mm² でもつとも高く、次いで 1000°C 焼入れの 18 kg/mm², 950°C 焼入れの 16 kg/mm² の順になり、900°C 焼入れでは 8 kg/mm² といちじるしく低く、クリーブ破断強度と同一の傾向を示す。クリーブ破断伸

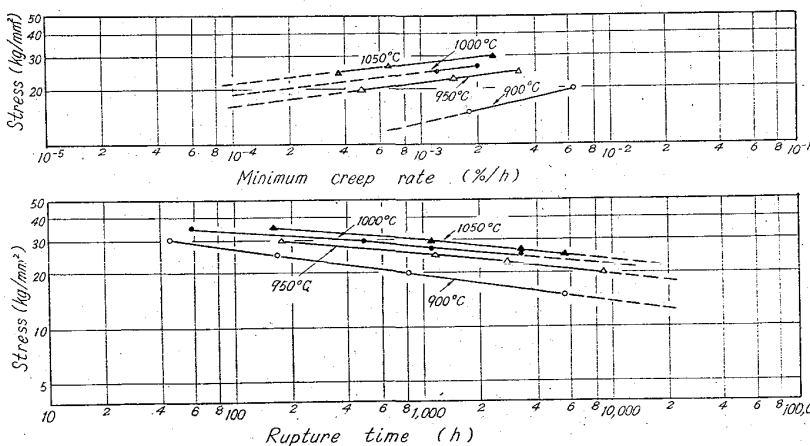


Fig. 2. Effect of quenching temperature on stress v. rupture time and stress v. minimum creep rate curves. (testing temperature : 550°C)

の上昇とともに若干高くなり、伸びおよび絞りも若干低下する。20~150°C で V ノッチシャルピ衝撃試験を行なった。室温の衝撃値は焼入温度の上昇とともに低下し、900°C 焼入では 10³ kg/cm², 950°C では 5⁹ kg/cm², 1000°C では 4² kg/cm², 1050°C では 3³ kg/cm² と低下し、1000°C では 900°C 焼入の約 1/3 に減少する。破面遷移温度は焼入温度の上昇とともにいちじるしく高くなる。すなわち焼入温度 900°C では 29°C, 1000°C では 49°C, 1050°C では 70°C に達する。

びは Fig. 3 のように焼入温度の低いものほど大きく、焼入温度 1000°C 以上では長時間側でいちじるしく低下する。Photo. 1 はクリーブ破断した試片の代表的な組織を示す。一般に、破断後の組織には、試験前の組織に比べて明らかに粒界に炭化物の凝集が認められ、この傾向は焼入温度の高いほど目立っている。Photo. 1 に示すように破断は結晶粒界の炭化物が凝集した部分から起きている。

(4) 切欠クリーブ破断特性

Fig. 4 は切欠クリーブ破断試験結果を示す。比較のため平滑クリーブ破断強度も点線で図示した。1000 h 強度は 950°C 焼入のものもつとも強く 33⁵ kg/mm² で、次いで 900°C, 1000°C, 1050°C 焼入れの順になる。しかし応力-破断時間線図の傾斜は焼入温度が高いほど急で、10,000 h 以上の長時間切欠破断強度は焼入温度が高いものほど低い。焼入温度 1050°C の長時間切欠強度は 950°C 焼入れのもの約 1/2 に過ぎない。

平滑および切欠クリーブ破断強度を比較してみると、900°C 焼入れの切欠強度は平滑強度より高く、950°C 焼入れの切欠強度は試験時間の範囲内では平滑強度より高いが、10,000 h 以上の長時間側では平滑より低くなる傾向を示す。1000°C 焼入れでは短時間側では切欠強度の方が平滑強度より高いが、切欠材の応力-破断時間線図の傾斜が急で 600 h 以上では平滑強度の方が高くなる。1050°C 焼入れでは平滑強度の方が切欠材よりも高く、その強度差は長時間側に行くほど大きくなる。Fig. 5 は Fig. 2, 4 から求めたクリーブ破断強度と焼入温度との関係および切欠破断強度比（切欠クリーブ破断強度 / 平滑クリーブ破断強度）およびクリーブ破断伸びと焼入温度との関係を示す。焼入温度による破断伸びと切欠破断強度比との変化は並行的な傾向を示し、破断伸びの小さいものは切欠破断強度比が小さい。

IV. 焼もどし温度の影響

(1) 顕微鏡組織および硬さ

Photo. 2 は代表的な顕微鏡組織を示す。600°C および 625°C では炭化物の凝集は目立たないが、650°C 焼もどしではかなり炭化物が凝集球状化し、700°C ではそれがいちじるしくかなり大きな炭化物が結晶粒界に認められる。硬さは焼もどし温度の上昇とともに低下する。

(2) 引張強さおよび衝撃値

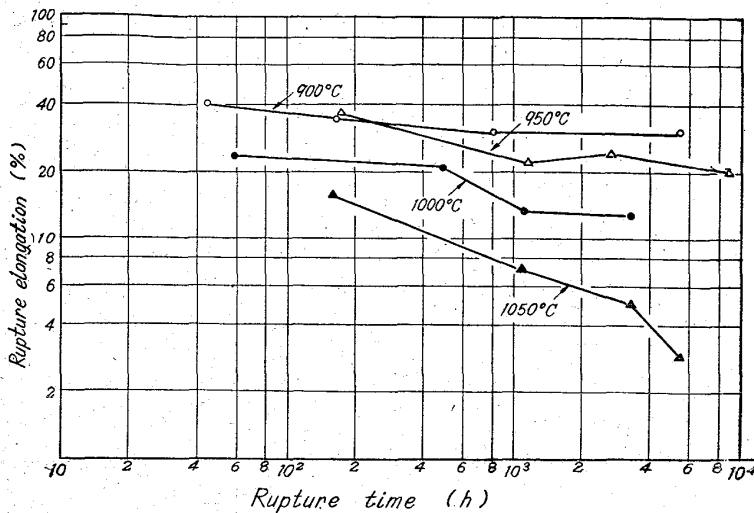
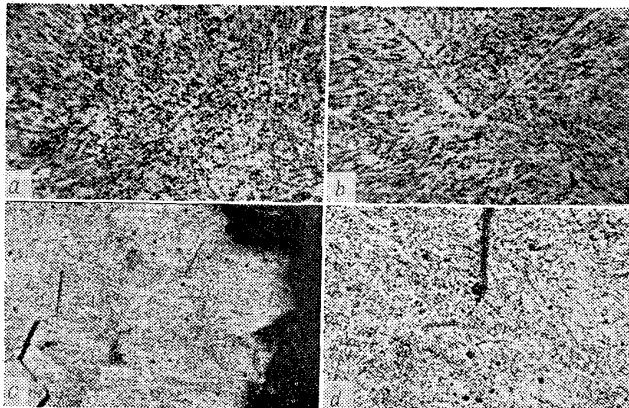


Fig. 3. Effect of quenching temperature on rupture elongation. (testing temp. : 550°C)



(a) before rupture $\times 1200$
 (b) after ruptured $\times 1200$
 (c) crack of ruptured spec. $\times 125$
 (d) crack of ruptured spec. $\times 500$ (1/2)

Photo. 1. Microstructure of creep ruptured specimen which was quenched from 1050°C and tempered at 660°C.

Fig. 6 は引張特性におよぼす焼もどし温度の影響を示す。焼もどし温度の上昇にともない、引張強さ、降伏点は低下し、伸びおよび絞りは増加する。この結果からクリープ破断試験用の試料には引張強さ 78~95 kg/mm² の 625°C、650°C および 675°C 焼もどし材を用いることにした。

キーホールシャルピ衝撃値は 600°C 焼もどしでは 6 ftlb、625°C では 13 ftlb、650°C では 24 ftlb、675°C では 30 ftlb と焼もどし温度の上昇とともにいちじるしく増加するが、700°C 焼もどしでは 23 ftlb と 675°C 焼もどしより若干減少する。Table 2 は 625°C、650°C および 675°C 焼もどしの V ノッチシャルピ衝撃試験結果を示す。室温における胞性破面率は 625°C 焼もどしが 94%、650°C が 34%、675°C が 32% で、したがつ

て 650°C および 675°C の胞性破面遷移温度は 20°C 以下である。

(3) 平滑クリープ破断特性

Fig. 7 は平滑クリープ破断特性を示す。クリープ破断強度におよぼす焼もどし温度の影響をみると、実験した範囲の時間では 625°C 焼もどしがもつとも強く、次いで 650°C、675°C 焼もどしの順になる。しかし応力-破断時間線図の傾斜は 625°C 焼もどし材が一番急で、675°C 焼もどし材がもつとも緩かであり、100,000 h 推定強度は三者とも同じ値に収斂する傾向を示す。クリープ破断伸びは 675°C 焼もどし材が 22~25% でもつとも大きく、もどし温度の低下とともに低下する。クリープ強度は焼もどし温度の低いもの程高いが、低応力におけるクリー

Table 2. V notch Charpy impact value of No.2 specimen.

Tempering temp. (°C)	Testing temp. (°C)	Impact value (kg m/cm ²)	Percentage of cleavage fracture area (%)
625	20	2.2	94
	75	6.6	34
650	75	10.1	0
	125	9.4	0
675	20	6.3	32
	75	10.1	0

プ速度は 625°C 焼もどし材がもつとも大きく、低応力側では 650°C 焼もどし材の方がクリープ強度は高い。

(4) 切欠クリープ破断特性および平滑強度との比較

Fig. 8 は切欠クリープ破断特性を示す。比較のため平滑クリープ破断特性を点線で図示した。2000 h 以内では 625°C と 650°C 焼もどしがほぼ同一強度を示し、675°C 焼もどしがこれよりわずかに低い。2000 h 以上になると 675°C 焼もどしがもつとも強く、次いで 650°C、625°C 焼もどしの順になる。

平滑および切欠クリープ破断強度を比較すると、625°C 焼もどしでは切欠強度は 2000 h までは平滑強度とひとしいが、それ以上長時間側では平滑強度を下回り、時間が長い程その差は大きい。650°C 焼もどしの切欠強度は実験の範囲内では平滑強度より高いが、15,000 h 以上ではこれより低くなる傾向を示す。675°C 焼もどしでは全体に切欠強度の方が平滑強度より高い。Fig. 9 はクリープ破断強度におよぼす焼もどし温度の影響を示す。

1000 h 平滑強度は焼もどし温度の上昇にと
もないいちじるしく低下するが, 10,000 h
ではその影響は小さく, 100,000 h 外挿強
度ではほぼ同一値となり, 焼もどし温度の
影響はほとんどなくなる. 一方切欠強度は
1000 h では焼もどし温度による差がわずか
であるが, 長時間側ではその差は大きくな
り, 焼もどし温度の高い程強い. Fig. 9 に
は切欠破断強度比および破断伸びと焼もど
し温度との関係を示したが, 伸びの変化と
強度比の変化は並行している.

Photo. 2 に切欠クリーブ破断した試片
の切欠底部の組織を, 試験前の組織と比較
して示した. クリーブ破断試験中に炭化物
は凝集球状化する傾向が明瞭に認められ,
焼もどし温度の低い材料の方が変化が大き
い. また平滑材に比べると切欠底部の方が
組織変化が大きい.

V. 結果の検討

本鋼は焼入温度を高くすると引張強さ,
平滑クリーブ破断強度は高くなるが, 衝撃
値, 平滑クリーブ破断伸び, 切欠クリーブ
破断強度がいちじるしく低下するので注意
しなければならない. 焼入温度が低くすぎ
ても平滑クリーブ破断強度が低下する. 両
者を総合すると本鋼の焼入温度は950°C 付
近が良い. WERNER³⁾らも1Cr-1 $\frac{1}{4}$ Mo-1 $\frac{1}{4}$
V鋼の高温強度におよぼす熱処理の影響を
調べ, 焼入温度は 954°C が良いと述べて
おり, 本研究結果も傾向的にはこれと一致
する. 焼入温度が高くなると結晶粒が粗大
化し, 一方炭化物が充分オーステナイト地
に固溶して焼入れられるので, 充分焼が入
りその後の焼もどしおよびクリーブ破断中
における炭化物の変化も焼入温度の低い場
合と異なってくる. クリーブ破断特性の変
化に対して結晶粒度と炭化物とのいずれが
主たる役割を演じているのか問題である.

JONES⁴⁾らは1Cr-1 $\frac{1}{2}$ Mo-1 $\frac{1}{4}$ V 鋼の場合
1135°C または 1010°C で 30mn 保持して 940°C まで
炉冷し, 940°C で 30mn 保持し焼準した試料は, 結晶
粒度にいちじるしい相違があるにもかかわらず両者の切
欠クリーブ破断特性はほとんど同一であることから, 極

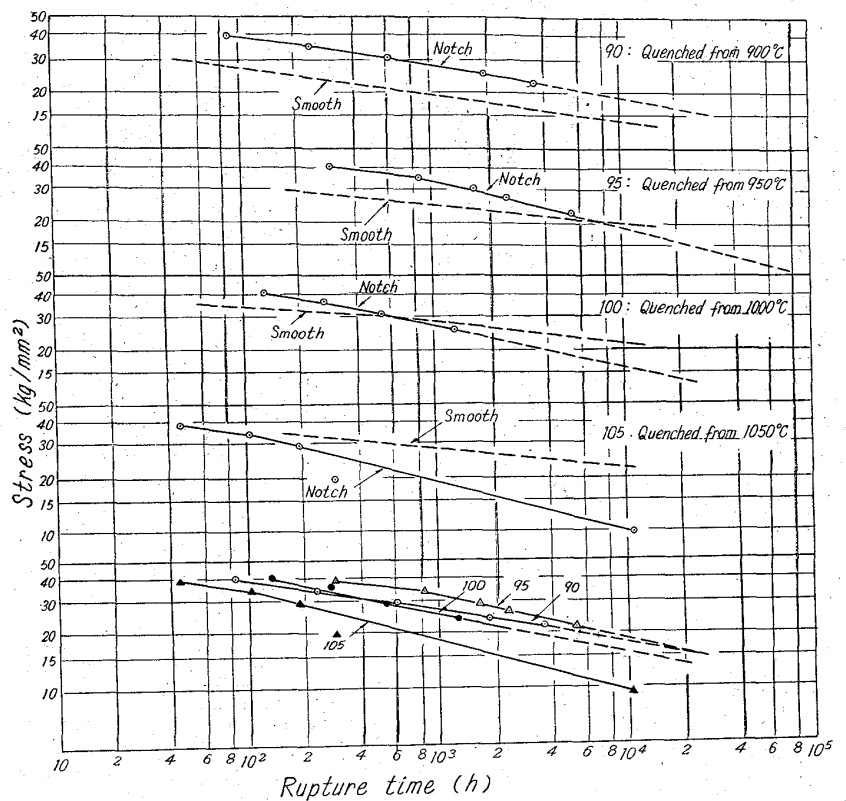


Fig. 4. Effect of quenching temperature on notch creep rupture curve (testing temp: 550°C).

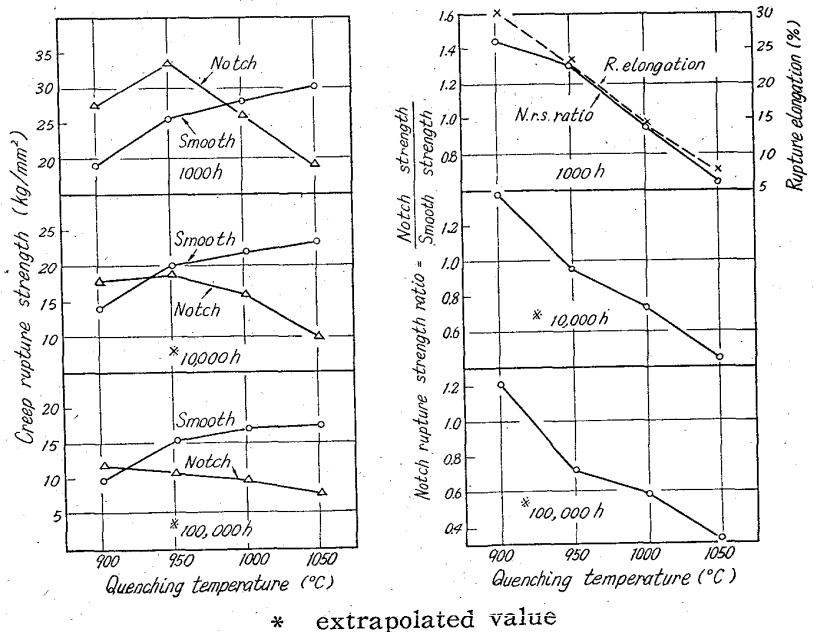


Fig. 5. Effect of quenching temperature on rupture strength, notch rupture strength ratio and elongation.

端に粗大な結晶粒の場合を除けば, クリーブ破断強度お
よび靱性におよぼす結晶粒度の影響は少なく, 炭化物の
影響の方が大きいであろうと述べている. 熊田⁷⁾らは
1Cr-1Mo-1 $\frac{1}{4}$ V 鋼についてオーステナイト化温度の高い

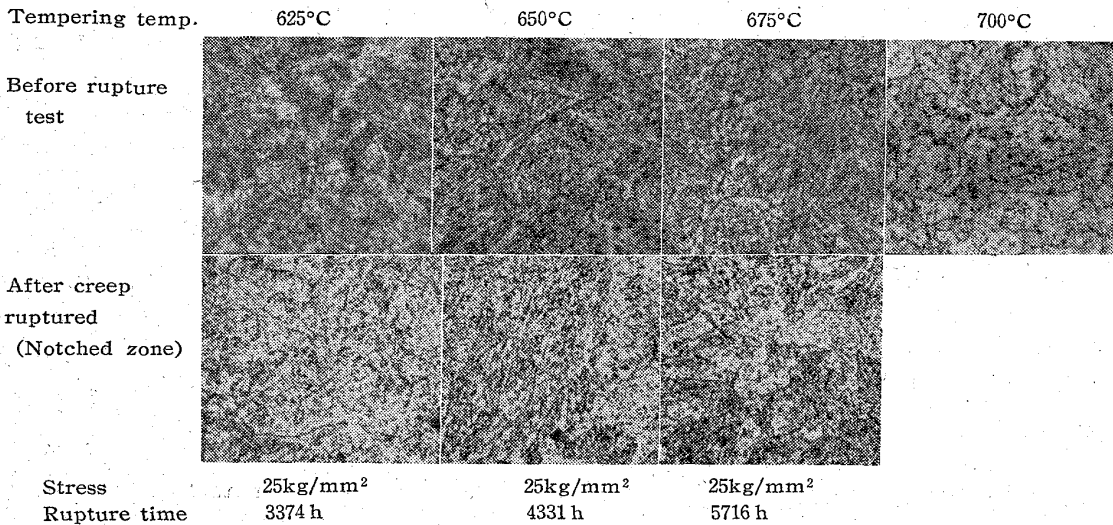


Photo. 2. Variation of microstructure with tempering temperature and creep rupture test. ×400 (1/2)

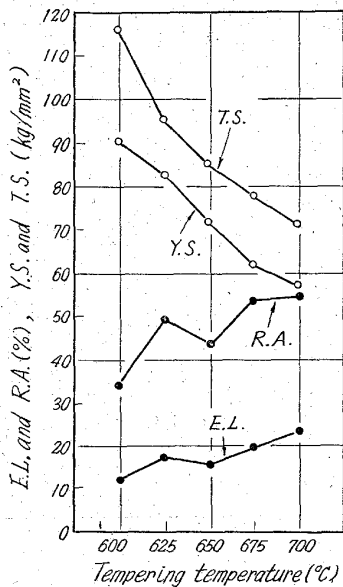


Fig. 6. Result of tension test for No.2 specimen. T.S.: Tensile strength. Y.S.: Yield strength. E.L. Elongation. R.A. Reduction of area.

方が結晶粒が粗大で、かつ平滑クリープ破断寿命が長く、また6溶解の实物ロータ材について実験し 550°C、1000hの平滑クリープ破断強度は結晶粒が大きいほど高いことを報告し、この違いは結晶粒度によるものとしている。しかしながら、高い温度でオーステナイト化させ、炭化物を充分地に固溶させてから炉冷して焼入温度まで下げた時と、一度調質され一様に炭化物が析出している状態のものを焼入温度まで加熱した時とは、残留している炭化物量は同一であつても、その分布状態は異なると考えられ、これは事後の焼もどしおよびクリープ破断中における炭化物の変化に影響を与えるものとする。したがって結晶粒度のみが支配的因子とはいえないように思う。焼入温度が低い場合は焼入時の残留炭化物が核

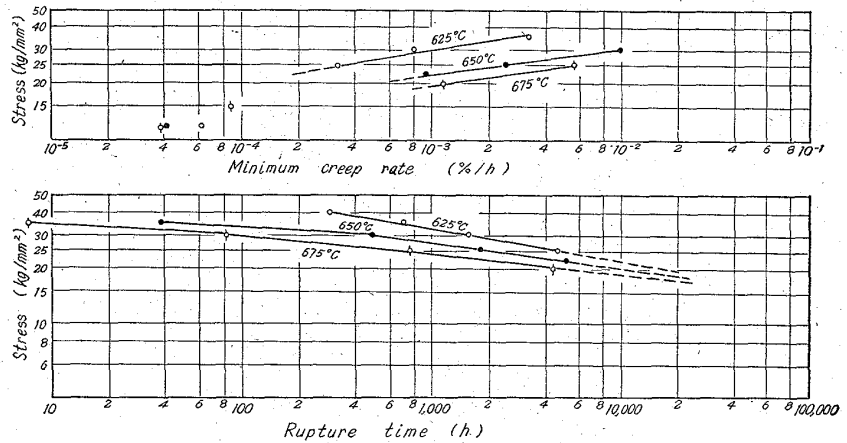


Fig. 7. Effect of tempering temperature on stress v. rupture time and stress v. minimum creep rate curves. (testing temperature: 550°C)

となり、焼もどし時の析出はこの周辺に起りやすく、残留炭化物が少ない場合は焼もどし時に核生成があつて析出しなければならないので、焼入温度の高い方がより微細な炭化物が、より数多く析出するものと考えられ、これは地の変形抵抗を増大するであろう。一方粒界の総面積は結晶粒の粗大なほど小さいので、粒が粗いほど、クリープ試験中における粒界への析出密度が高く、したがって、粒界のすべり抵抗が大きくなり、粒界での分離破壊が生じやすくなるであろう。これらが相伴つて、焼入温度の高いものは平滑クリープ破断強度は高くなるが、破断伸びは低下し、典型的な粒界破断を示すにいたつたものと考えられる。クリープ破断後の組織では焼入温度の高いものほど炭化物の析出凝集化がいちじるしい。

焼もどし温度の上昇とともに硬さ、引張強さが低下し、衝撃値が高くなるのは鋼の焼もどし過程において普通に認められる現象である。これは炭化物の析出球状化によ

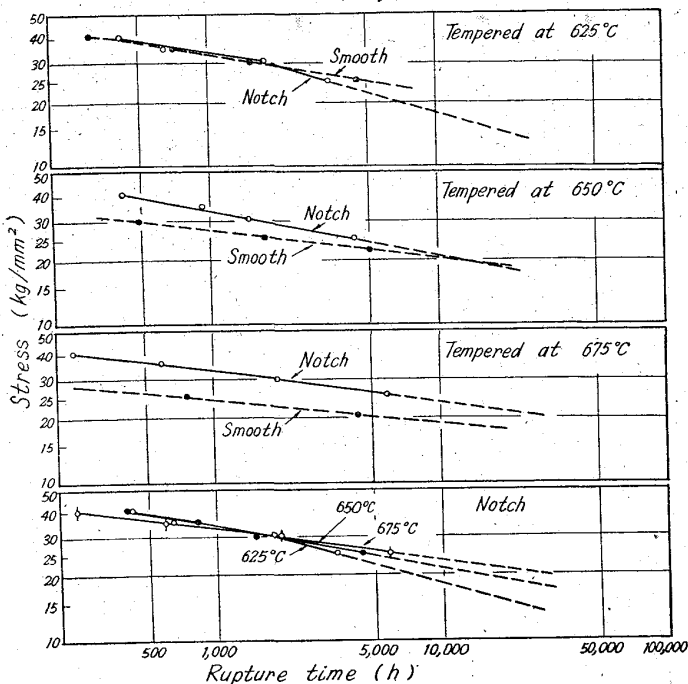


Fig. 8. Effect of tempering temperature on notch creep rupture curves. (testing temp. : 550°C)

るものであるが、700°C 焼もどしが 675°C 焼もどし材よりも衝撃値が低いのは Photo. 2 の組織に見る通り、炭化物の凝集化が進み過ぎ特に粒界に集る傾向を示しているためと考えられる。低温で焼もどした材料の方が高温焼もどし材に比べ組織的に不安定でクリープ破断試験中の組織変化が大きい。試験中に組織変化を生ずる場合には粒界に炭化物が析出凝集化の傾向があり、応力-破断時間線図の傾斜が急になるものと考えられる。切欠部には応力集中が存在するが、焼もどし温度が高く降伏点が低く靱性に富む場合は切欠底が降伏して応力集中が緩和されるが、焼もどし温度が低い場合は降伏点が高く靱性にとぼしいので応力集中が緩和されにくく、また応力が高いほど、組織が不安定なものほど組織変化がすみやかに生ずるので切欠材の方が平滑材よりも応力-破断時間線図の傾斜が急で、焼もどし温度の低い場合その傾斜が大きいものと考えられる。焼もどし温度の高いものは破断伸びが大きい、破断直前で急激に伸びて破断するので、破断伸びが大きいにもかかわらずクリープ速度は比較的小さく、低応力では Fig. 7 に示すように焼もどし温度の低いものより小さなクリープ速度を示す。したがって長時間側の破断強度には 625~675°C の範囲ではもどし温度の影響がほとんどないのではないかと推察される。

多くの研究者によつて平滑クリープ破断伸びまたは絞りと切欠強度の低下との関係が指摘されている。本実験

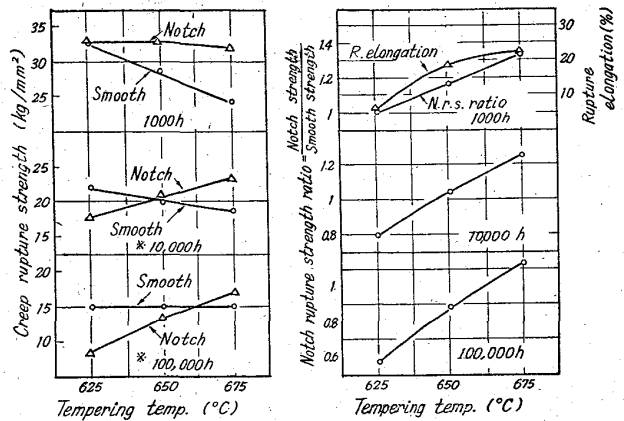


Fig. 9. Effect of tempering temperature on rupture strength, notch rupture strength ratio and elongation.

でも Fig. 5, 9 のように切欠強度と破断伸びとの変化は良く対応している。しかしながら切欠強度比が1となる点のクリープ破断伸びは、前者では約 15%、後者では約 6% で定量的な関係は認めがたい。

VI. 結 言

1Cr-1 $\frac{1}{4}$ Mo-1 $\frac{1}{4}$ V 鋼の強度におよぼす焼入、焼もどし温度の影響について実験を行い次の点を明かにした。

(1) 焼入温度が上昇するにともない、結晶粒度はいちじるしく粗大化し、衝撃値は低下し、破面遷移温度は上昇し、引張強さ、降伏点はわずかに高くなり、伸び、絞りはわずかに低下する。

(2) 焼入温度が上昇するにともない、平滑クリープ破断強度は高くなり、破断伸びは減少し、900°C と 950°C 焼入の強度差はいちじるしいが、950~1050°C 焼入の差は比較的小さい。一方切欠クリープ破断強度は焼入温度が高いほど低下する。

(3) 焼入温度を一定とした場合、焼もどし温度の上昇にともない硬さ、引張強さは低下し、伸び、絞りは増す。衝撃値は焼もどし温度 675°C までは増し、700°C では 675°C よりやや低くなる。

(4) 焼もどし温度の上昇とともに平滑クリープ破断強度は低下するが、応力-破断時間線図の傾斜はゆるやかとなり、長時間側になるほど焼もどし温度の影響が小さくなる。一方切欠クリープ破断強度は短時間側では焼もどし温度による差がないが、長時間側では焼もどし温度の高い方が高く、切欠破断強度比も大きい。

おわりに本研究を行なうにあたって御指導下さった日立製作所日立研究所小野副所長をはじめ御協力いただいた

た小林豊治氏に感謝申し上げるとともに、熱心に実験に従事した志賀正男、栗山光男の両君に謝意を表する。

文 献

- 1) RANKIN, SEGUIN: ASME, Paper No. 55-A-210
- 2) CONRAD, MOCHEL: Tr. ASME, 80(1958), p. 1210
- 3) WERNER, EICHERBERGER, HANN: Amer. Soc. Metals, 52 (1960), p. 376
- 4) 土屋, 谷藤, 山本: 神戸製鋼, 8 (1958), p. 63~91
- 5) 渡辺, 本間, 熊田: 鉄と鋼, 47 (1961), p. 1475
- 6) 熊田, 本間, 渡辺: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 595
- 7) 熊田, 本間, 渡辺: 材料試験協会第11期講演会前刷 (1962), p. 77
- 8) JONES, NEWMAN, SACHS, BROWN: Amer. Soc. Metals, 47 (1955), p. 956

含 P 20Cr-11Ni-2Mo 系耐熱鋼の研究*

(含P弁用耐熱鋼の研究—I)

日下邦男**・大沢 恂***・鶴見州宏****・深瀬忠夫****

Study on 20Cr-11Ni-2Mo-0.2P type Heat-resisting Steel.

(Study on phosphorus-modified heat resisting steel for exhaust valves—I)

Kunio KUSAKA, Makoto OSAWA, Kunihiro TSURUMI and Tadao FUKASE

Synopsis:

Some austenitic heat resisting steels containing 0.2% phosphorus for exhaust valves have been evaluated by stress-rupture test at 650, 750 and 800°C, short time tensile test at room and high temperature, hot hardness test, lead oxide crucible test and scaling test. The addition of 0.2% phosphorus increases the precipitation hardening effect produced by carbide precipitation and results in marked improvement of rupture strength. The steel containing 0.3% C, 20% Cr, 11% Ni, 2% Mo, 0.2% P and 0.01% B has a good combination of strength and ductility, and is found suitable for heavy duty exhaust valves. (Received 6 June 1963)

I. 緒 言

排気弁用鋼としては、1) 高温において破壊や歪曲の起らないように十分な硬度と強度を有すること、2) 作動温度における酸化や腐食が少ないこと、3) 鍛造が容易であること、4) 溶接性が良好であること、5) 作動温度にくり返し加熱冷却されても変形や割れを生じないこと、6) 熱伝導率が大きく、また熱膨張係数が小さいことなどが要望される。これらの諸条件をすべて満足する鋼種は未だ見出されていないので溶接バルブを用いたり、ステライト溶着や窒化などを行なつて、これらにできるだけ適合するようにして使用されている。とくに最近自動車エンジン、二輪車エンジンともに高い圧縮比と高オクタン価のガソリンを使用する傾向にあり、これにともなつてエンジンの作動温度も高まり排気弁の寿命が低下するおそれが生じて来ているので、従来よりも高性能の耐熱鋼が要求されるようになった。

従来用いられていた JIS SEH 4 耐熱鋼は耐酸化性は

良好であるが、酸化鉛による高温腐食をうけやすく、高温強度も比較的低いので数年前より N を 0.4% 添加した 21-4N 鋼¹⁾ がこれに代つて盛んに使用されるようになった。21-4N 鋼は酸化鉛による高温腐食にたいしては非常に耐食性が良好であり、また高温強度も SEH 4 よりはかなり優れているが、常温における靱性とくに衝撃値が低く時時問題をおこすことがあり、また二輪車エンジンに用いるような径の細いものをつくる場合には硬くて冷間引抜が非常に困難となる。なお熱間硬度を高め腐食抵抗を増す目的でバルブ・シート面にステライト盛りを行なうことがあるが、21-4N 鋼は高 N のため気泡を生じやすく製品不良率大きい。これらの理由から著者らは 21-4N 鋼のように高 N を添加しないで、しかも 21

* 昭和37年4月本会講演大会にて発表

昭和38年6月6日受付

** 特殊製鋼株式会社, 工博

*** 本田技術研究所

**** 特殊製鋼株式会社研究所