

Fig. 3. Change of  $\gamma'$  particle sizes after aging treatment at 815°C.

の3試料のみが、1,000 h 後において、ほんのわずか増加しているようにも見受けられる。一方  $\beta$  相の認められた試料のみ、その格子常数も測定したが、その値は時効時間とともに低下の傾向が認められる。

(4)  $\gamma'$  相粒子の生長性

Fig. 3 は 1,000 h までの時効処理過程において認められた  $\gamma'$  相粒子の大きさを測定した結果である。認められた  $\gamma'$  相は、いずれもほぼ丸い形状であるので、任意に約 100 個の直径を測定した平均値を示す。いずれの  $\gamma'$  相も時効処理時間の増加とともに、その粒子は生長するが各系列とも Fe 含有量の増加とともに粒子の生長性は遅れる。

また Fe を含まぬ C0F0, C1F0 および C2F0 についても同様 Co 含有量の増加とともに  $\gamma'$  相の生長性は、やや遅れるように見受けられる。

以上の他に電子顕微鏡組織および  $\gamma'$  相組成の時効に伴う変化などを加え、時効処理による析出過程について詳細に報告する予定である。

文 献

- 1) 横田, 深瀬, 加藤: 鉄と鋼, 47 (1961) No. 3, p. 411

(106) 蒸気タービン軸用Cr-Mo-V鋼のクリープ破断強度におよぼす焼戻温度の影響

(蒸気タービン軸用 Cr-Mo-V鋼の高温強度に関する研究-I)

日本製鋼所室蘭製作所

工博 渡辺十郎・本間亮介・熊田有宏

Effect of Tempering Temperature on the Creep Rupture Strength of a Cr-Mo-V Steel for Steam Turbine Shafts. (Studies on the high-temperature strength of a Cr-Mo-V steel for steam turbine shafts - I)

Dr. Juroh WATANABE, Ryōsuke HOMMA and Yukoh KUMADA

I. 緒 言

発電機の単機容量の増大にともなつて、使用される軸材も大型となる一方、運転効率の向上のために蒸気温度も漸次上昇する傾向にある。したがつて、高温強度の秀れた大型軸材の開発が要求されているが、現在、高圧および中圧大型軸車材として一般に使用されている鋼種は Cr-Mo-V 鋼であり、そのクリープ破断性質を知ることが軸材の改善および開発に役立つことと考えられる。このため、数本の Cr-Mo-V 大型軸材についてクリープ破断試験を行なつたが、この試験結果は Fig. 1 に示すごとくで、そのクリープ破断強度にはかなりの巾が認められる。しかし、これらの軸材はすべて同一過程で製造されたものであり、その諸機械的性質も従来の規格に合格しているものである。このように master rupture curve で示されたクリープ破断

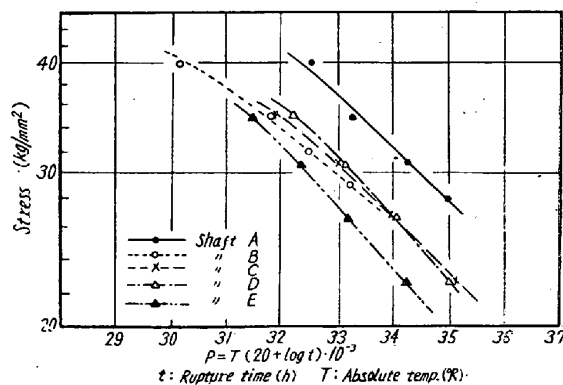


Fig. 1. Master rupture curves of Cr-Mo-V steam turbine shafts.

一性質に巾があることは注目すべきことであり、この原因としては、いろいろ考えられるが、その中の1つとして焼戻方案のばらつきが考えられる。したがって、本実験においては、焼戻温度の相違によつて、Cr-Mo-V 鋼のクリープラプチャー強度がどのように変化するかを調べたものである。

II. 実 験 材 料

実験材料は、酸性平炉で溶解、140 t 鋼塊として鍛造、熱処理を施した中圧軸車の胴部中央より切り出した材料を 20mmφ に再鍛造したものである。その化学組成を Table 1 に示す。材料にあたえた熱処理は、950°C で2時間オーステナイト化後、100°C/h の冷却速度で室温まで冷却、ついで 650°C、675°C および 700°C の各温度にそれぞれ3時間焼戻後、油冷したものである。

III. 試験片および試験方法

クリープラプチャー試験用試験片の形状および寸法を Fig. 2 に示す。試験片は平滑とV型切欠のついたものと2種類を用い、それぞれについて master rupture curve を求めた。なお、本実験において使用したクリープラプチャー試験機は、容量 3 t の引張型である。また試験温度は、510°C、538°C、565°C および 593°C の4温度で、試験片の昇温および均熱時間は約 40 時間である。

IV. 試験結果とその検討

まず、各温度に焼戻した材料の室温および 538°C における引張試験成績と破面遷移温度を Table 2 に示す。各焼戻温度間の抗張力および降伏点の値は高温短時間引張においては、その差が小さくなっているのが認め

Table 1. Chemical composition of the steel tested. (%)

C	Si	Mn	P	S
0.33	0.29	0.50	0.015	0.023
Ni	Cr	Mo	V	
0.50	0.93	1.11	0.28	

Table 2. Mechanical properties of tempered Cr-Mo-V steels at room and high temperatures.

Tempering temp. (°C)	At room temperature					At 538°C				Transition temp. (°C)
	Y.S. kg/mm <sup>2</sup>		T.S. kg/mm <sup>2</sup>	El. %	R.A. %	Y.S. kg/mm <sup>2</sup>	T.S. kg/mm <sup>2</sup>	E.l %	R.A. %	
	0.02%	0.2%								
650	61.4	68.1	91.8	16.2	44.2	53.1	58.3	18.1	74.3	118
675	59.7	64.0	85.3	18.1	53.0	54.0	58.2	22.5	75.3	110
700	48.6	56.5	79.6	22.0	57.0	49.8	53.7	22.2	74.0	108

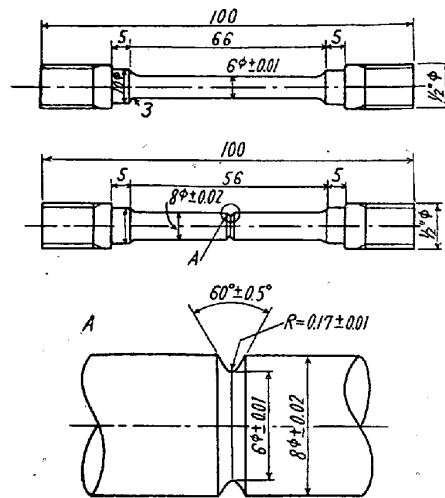


Fig. 2. Shape and size of the test pieces.

られる。また、破面遷移温度は焼戻温度の上昇にしたがい低下する傾向がみられる。つぎに、えられたクリープラプチャー試験結果を master rupture curve によつてあらわしたのが Fig. 3 である。この図からも明らかのように、クリープラプチャー強度は焼戻温度の上昇とともに低下する傾向が認められるが、650°C および 675°C 焼戻しの場合にはあまり顕著な差はえられていない。このことは、高温引張においてこの2温度に焼戻した場合には、その抗張力、降伏点それぞれにほとんど差が認められないことと一致している。また、切欠試験片の

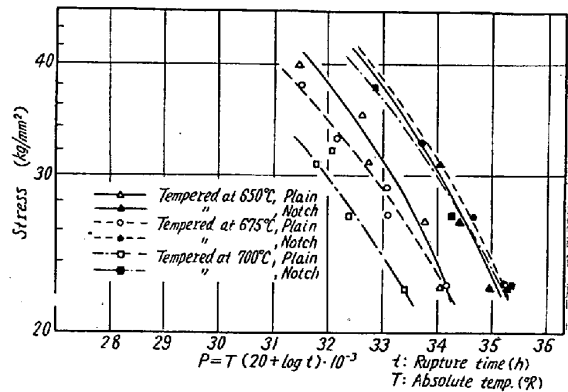


Fig. 3. Master rupture curves of plain and notched bar specimens of tempered Cr-Mo-V steels.

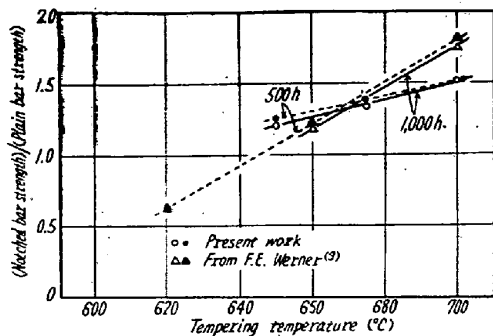


Fig. 4. Relationship between tempering temperature and the ratio of notched-bar strength to plain-bar strength at 538°C.

master rupture curve は平滑の場合ほど差は認められず、切欠のクリープラプチャー強度は焼戻温度により大きな変化をしないことを示している。

なお、この種材料は比較的組織が不安定で、クリープ試験中に組織変化が起ることが報ぜられている<sup>1)~3)</sup>。したがって、この材料の切欠感受性が試験中に変わることが考えられ、また、焼戻温度によっても、その切欠感受性が異なることが容易に想像できる。焼戻温度によつてその切欠感受性がどのように変化するかをみるため焼戻温度に対して切欠強度と平滑強度の比をプロットしたものが Fig. 4 である。これらの強度は Fig. 3 の curve より算出したものであり、この比が 1 以下であれば材料は切欠に対して敏感なことを示している。本実験では、焼戻温度が 650°C 以上であるため、この比が 1 以下の値はえられなかつたが、焼戻温度の低下とともに切欠感受性が増す結果があらわれている。F. E. WERNER<sup>2)</sup> の試験結果からこの値を求めれば、この種の材料が切欠に対して敏感になるのは 640°C ~ 650°C 以下の焼戻しの場合である。

## V. 結 言

Cr-Mo-V 鋼の焼戻温度を変えて、クリープラプチャー試験を行なつたが、平滑のクリープラプチャー強度は焼戻温度の上昇とともに低下するが、切欠の場合には、あまり差が認められなかつた。また、この種材料においては、焼戻温度によつてその切欠感受性がかなり変化することが示された。

## 文 献

- 1) D. P. NEWMAN, M. H. JONES and W. F. BROWN: Amer. Soc. Test Mat., 53 (1953), p. 677
- 2) W. KOCH, A. KRISCH und A. SCHRADER: Arch. Eisenhüttenw., 28 (1957) 8, p. 445
- 3) F. E. WERNER, T. W. EICHELBERGER and E. K. HANN: Amer. Soc. Metals, 52 (1960) p. 376

## (107) タービンケーシング材の高温強度について

神戸製鋼所中央研究所

西原 守・中野 平 高田 寿・

○鈴木 武・山本 俊二

## On the High Temperature Strength of Turbine Casing Materials.

Mamoru NISHIHARA, Taira NAKANO,

Hisashi TAKADA, Takeshi SUZUKI

and Shunji YAMAMOTO

## I. 結 言

蒸気タービン、あるいはガスタービンのケーシングなどの高温高压容器は以前はオーステナイト系不銹鋼が用いられていたが秀れた高温強度を持つ低合金鋼が開発されるにおよんで、使用温度 600°C 以下の場合には経済的な理由から低合金鋼がオーステナイト系不銹鋼に取つて変つてきた。これらの低合金鋼の高温強度のデータは国の内外を問わず比較的少なく、実験室的に溶製した試験片のデータが大部分である。そこで各種実際製品の付着試験片あるいは本体よりの切出試験片などよりえた低合金鋼 (1/2 Mo 鋼, 1Cr-1/2 Mo 鋼, 1Mo-1/4 V 鋼, 1/2Cr-1/2Mo-1/4V 鋼, 1Cr-1Mo-1/4V 鋼) の高温強度について取りまとめ考察を試みたのでその結果を報告する。

## II. 供 試 材

供試材としては実体製作時における付着試験片より採取したもの、実体より切り出し、試験に供したもの、あるいは実験室的に 100kVA 高周波炉で溶製し、JIS 規格の舟型試験片に鋳造したものなどがあるが、それらの供試材についての採取要領および分析結果は Table 1 に示す。

## III. 試 験 結 果

### 1) 常温機械的性質

Table 1 に示す低炭素鋼および低合金鋼についてのおのおのの熱処理条件および常温機械的性質を Table 2 に示す。

### 2) ラプチャー試験

#### ① ラプチャー強度

平行部直径 6mm 標点距離 30mm のラプチャー試験片により試験を行なつたが、No. 1~No. 3 の低炭素鋼については 500°C の試験温度での結果はこれを ASTM Special Technical Publication (以下 ASTM-S.T.P という) の 0.18~0.24% C キルド鋼の平均値