

2. 常温では P.H. は Sol. と抗張力は大差ないが、降伏点は時効硬化により僅かに向上することが認められる。然るに 650°C では両種の熱処理状態による抗張力、降伏点の差異はなく、更に高温となれば時効硬化により抗張力がやや高くなることが認められる。

3. 常温では Sol. 状態の伸、絞が最大で、P.H. がこれにつき、H.C.W. が最も低い。然るに高温では試験中の析出硬化の最も起り易い Sol. 状態の伸、絞は P.H. より低い。H.C.W. 状態の試料は 700°C 以下では伸、絞は試験温度により大差ないが、700°C 以上では急に伸、絞は向上している。H.C.W. 状態の伸、絞は他の熱処理状態より低いがなお 15% 以上あり、第1報にのべた固溶化処理後 hot-cold work した試料より良好である。

#### IV. クリープ及びクリープ破断試験結果

Fig. 1 にクリープ破断応力-時間関係を図示する。これ等の長時間試験結果をまとめると次のことが観察される。

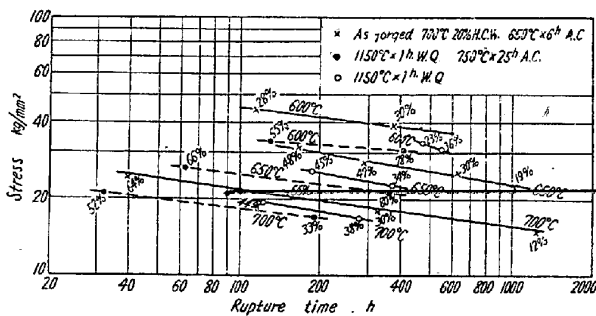


Fig. 1. Stress rupture strength of Timken 16-25-6 Alloys

1. H.C.W. の試料は 600, 650, 700°C の各試験温度で 1000 h. 以下の試験時間では他の熱処理の試料よりクリープ破断応力が高い。またクリープ速度は H.C.W. により小となることも明らかで、従つてクリープ強度も高くなる。然し 700°C では H.C.W. と P.H. または Sol. とのクリープ破断応力の差異は長時間となれば少くなる。

2. Fig. 1 の各点に示した数字は破断時の伸を示すが、前報迄の実験により定めた H.C.W. の条件によれば、強度は高かつ靱性も大で、ガスタービン翼車材としては長時間においてもすぐれた機械的性質が得られる。

3. P.H. および Sol. 状態を比較すると、各試験温度にて Sol. の方が P.H. よりクリープ破断強度が高い。但し両者の差異は高温または長時間試験となる程少くなる。試験中の析出硬化は P.H. の試料より Sol. の試料

の方が大きいのでクリープ破断応力は高くなる。然るに試験温度が 600, 650, 700°C と高くなれば析出硬化速度は大となるので、Sol. と P.H. の試験中の析出硬化量の差異は少くなるのでクリープ破断応力の差異も少くなる。また試験時間が長くなる時も試験温度が高くなる時と同様に P.H. と Sol. との試験中の析出硬化量の差異は少くなりクリープ破断応力の差異は少くなる。以上の関係はクリープ破断試験前後の硬度変化および顕微鏡組織の変化により明らかに観察できる。

4. クリープ速度はクリープ破断強度の高い熱処理状態のものが小さくなる。即ちクリープ強度も H.C.W., sol. P.H. の順序に低下し、試験温度、試験時間によりクリープ破断応力と同様の影響をうける。

5. クリープ破断後の伸、絞は P.H. が最も大きく、H.C.W. がこれにつき、Sol. が最も低い。試験中の析出硬化の最も多い熱処理状態ではクリープ靱性が低下することは、第1報でのべたこととよく一致している。

6. 短時間引張試験結果と長時間クリープ破断試験にあらわれた3種の熱処理の影響は傾向としては一致しているが、試験時間の相異により差異があらわれる。たとえば短時間引張試験では 650°C にて P.H. と Sol. の降伏点、抗張力の差は殆んどないが、クリープ破断試験では試験時間が長くなるため析出硬化の影響が大きくあらわれ、Sol. の方がクリープ破断応力は高くなる。

#### (26) Timken 16-25-6 の高温機械的性質に関する研究 (IV)

(Studies on Mechanical Properties of Timken 16-25-6 at Elevated Temperatures-IV)

Taro Hasegawa, et alii.

住友金属工業 K. K. 製鋼所研究課

工〇長谷川太郎・落合 治・稻生 順一

#### I. 緒 言

前報迄に Timken 16-25-6 の鍛伸試験材について高温機械的性質におよぼす熱処理の影響についてのべてきた。然るに本材の用途は主としてガスタービン翼車材の如き大型鍛造材であり、この様な大型鍛造材実体の機械的性質が実用上問題となる。本報では4個の翼車実体の機械的性質を調査して鍛伸材の機械的性質と比較検討したいと思う。

II. 供試材及び実験法

供試翼車は Table 1 の化学成分のもので、翼車の製造法の概要を Table 2 に示す。各翼車は X 線または  $\gamma$  線透視、超音波探傷による内部欠陥検査により欠陥のないことを確認した後、縦断面のマクロ腐蝕によるメタルフロー、欠陥等を調査して爾後の機械的性質、顕微鏡組織をしらべた。

Table 1. Chemical composition of rotor wheels tested

symbol	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N
A	0.09	0.74	2.35	0.022	0.023	17.75	25.39	6.19	0.15
B	0.05	0.45	0.48	0.013	0.010	17.43	25.48	6.18	0.15
C	0.05	0.68	2.22	0.015	0.026	15.68	26.60	6.22	0.16
D	0.08	0.44	0.81	0.017	0.016	17.39	25.22	5.67	0.15

III. 短時間引張試験結果

Table 3 に各翼車の常温および高温引張試験結果の代表的な数例を表示する。

時効硬化処理を行つた翼車 A, B は hot cold work した翼車 C, D に比べ常温、高温ともに降伏点が低いことは鍛伸材に類似しているが、抗張力では翼車 A のみ異常に高い値を示すので加工硬化処理の翼車と大差ない。加工硬化した翼車 D の機械的性質は鍛伸材と大差ない値を示しているが、翼車 C の伸び、絞りは低い値を示す。これは翼車 D の鍛造比が供試翼車の中最大で最も均一な

Table 2. Outline of manufacturing procedure of rotor wheels tested

symbol	Ingots	Type of rotor wheels	Forging procedures	Heat treatments
A	Small	Disc of 250 mm dia.	Upset directly from ingot	1200°C×4 h. Oil Q. 750°C×25 h. air-cooled.
B	Large	Rotor shaft of 370 mm dia.	Swaged and upset	700°C×6 h. air-cooled, 750°C×24 h. air-cooled.
C	Small	Disc of 250 mm dia.	Swaged and upset	Hot-cold worked at 700°C, 700°C×10 h. air-cooled
D	Large	Disc of 500 mm dia.	Swaged and upset	Hot-cold worked at 700°C, 650°C×10 h. air-cooled

組織を呈しているためであろう。翼車 D の中心部の伸び、絞りが著しく低下しているのは鍛込前の素材外径に当る部分より試料を採取したため引張方向とメタルフローが交叉しているためである。

これ等の試験結果より実体翼車においても鍛造比を大にして均一な組織を得る如き鍛造法を採用すれば均一にして鍛伸材に匹敵できる良好な機械的性質がえられることがわかる。

IV. クリープ破断試験結果

650°C におけるクリープ破断試験結果を Fig. 1 に示

Table 3. Tensile properties of rotor wheels.

Symbol of rotor	Location of specimen and direction of tension	Testing temperature	Yield-strength kg/mm <sup>2</sup>	Ultimate strength kg/mm <sup>2</sup>	Elongation %	Reduction of area %	Hardness B. H. N
A	Rim, tangential	Room	49.4	90.0	24.0	22.8	240
	Boss, tangential	"	57.7	90.9	22.9	22.8	236
	Rim, tangential	675°C	34.8	53.3	18.6	19.2	—
	Boss, tangential	"	43.9	52.0	28.6	29.7	—
B	Rim, tangential	Room	45.1	71.1	24.5	20.2	182
	Rim, tangential	"	78.9	87.0	12.0	15.5	257
	Boss, tangential	"	90.1	97.1	8.0	11.8	253
	Radial	"	84.2	92.2	12.9	17.4	253
	Rim, tangential	675°C	42.6	49.8	20.8	29.5	—
	Boss, tangential	"	41.8	50.8	19.5	22.2	—
C	Radial	"	—	50.7	14.7	22.2	—
	Rim, tangential	Room	63.6	92.8	30.3	41.1	248
	Boss, tangential	"	66.2	94.2	23.1	28.0	268
	Rim, tangential	"	59.3	89.1	22.9	41.1	255
	Boss, tangential	"	66.5	85.7	10.0	13.7	253
	Rim, tangential	650°C	40.0	51.1	38.6	50.2	—
D	Rim, Radial	"	39.6	52.1	31.0	48.4	—

住友金属工業株式会社鋼管製造所

理三好栄次

○川野和男

I. 緒言

金属材料の内部欠陥の超音波探傷は広く行われているが、多くの場合は鍛造品または厚板等に対するものである。即ちイムパルス法によるもので概ね 20mm 以上の深さにおける欠陥を検出するものである。肉厚の薄いもの、例えば当社で製造している鋼管類の内部欠陥は上述の方法では探傷困難である。このためには原理を異にする、即ち共振法による厚み計が利用できる。即ちこれは本来肉厚を測定するのが主目的であるが、これを欠陥検出に利用するものである。

II. 使用した器械の特性

使用した器械は Magnaflux 社製直視型超音波厚み計 Sonizon SO 2 型である。この器械の測定精度等については既に発表したところであるが簡単に述べることにする。測定方法としては直接法およびハーモニック法があり、これ等を併用することにより Table 1 に示すように約 0.025" (約 0.6mm) ~ 4" (約 100mm) までの厚さが精度 ±1~2% の範囲内で測定できる。標準試料で検定しながら測定することにより精度は更に上昇し得るものと考えられる。また平面水晶体により、外径 20mm 以上で内径/外径の比が 0.65 以上の鋼管はすべて測定できる。なお肉厚の測定範囲に応じて5種の段階に分割されている。

Table 1, Accuracy of Sonizon

Crys- tal	Mi- cro- meter mm	In each adjustment			In several adjustments		
		$\bar{x}_1$ mm	$s_1$ mm	$\pm 3s_1/\bar{x}$ %	$\bar{x}_2$ mm	$s_2$ mm	$\pm 3s_2/\bar{x}_2$ %
White	1.01	0.99	0.0033	1.00	0.99	0.0039	1.18
Red	1.62	1.61	0.0030	0.56	1.61	0.0035	0.65
Green	2.98	2.96	0.0038	0.39	2.96	0.0068	0.69
Yellow	5.22	5.27	0.0100	0.57	5.27	0.0139	0.79
Orange	9.02	9.03	0.0158	0.52	9.03	0.0183	0.61

III. 探傷の実例—その 1—鋼管内の lamination

(1) 異常割鋼管の探傷

著しい lamination のために肉厚の内部に異常割を生じた鋼管についての例である。この例は探傷例としては最も簡単な例の一つである。即ち正常部分は通常の測定による肉厚を示すが、欠陥部分は予期しない肉厚を示

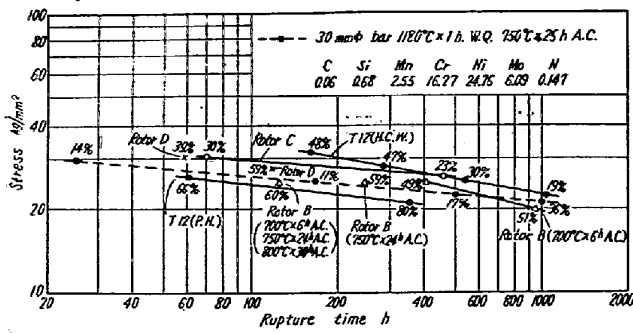


Fig. 1. Stress rupture strength of Timken 16-25-6 rotor wheels

す。これ等の試験結果より次のことが観察された。

1. 加工硬化処理を行つた翼車 C, D のクリーブ破断強度は同一処理の鍛伸材に比しやや劣つているがほぼ近似の値を示し、析出硬化処理を行つた翼車 B も同様の処理を施した鍛伸材と同様のクリーブ破断強度を示しており、実体翼車についても鍛伸材と同様加工硬化処理によりクリーブ破断強度は向上する。

2. 翼車 C のクリーブ靱性は試料採取位置により著しく相異しているが、鍛錬効果を充分得ている翼車 D では均一な強度、靱性を示し、また靱性は著しく高い値を示す。700°C x 6 h. 空冷なる時効処理を施した翼車 B と加工硬化処理した翼車 C の 25 kg/mm<sup>2</sup> に対するクリーブ破断時間は大差ないが、クリーブ速度は加工硬化処理した翼車 D の方が著しく小さく、なお hot-cold working の効果が十分に現われている。

3. 翼車 B につき試験前の時効処理の影響をしらべた結果試験前の時効量の大きい時は試験前の硬度は高いが試験中の析出硬化量は少くなり、これにともなつてクリーブ破断時間は著しく減少し、クリーブ速度は増加する。また時効硬度の高い時はクリーブ靱性は高くなり鍛伸材について前報迄にのべたことが確認された。

4. 以上実体翼車についての試験結果より、鍛造比が充分大で鍛錬効果が得られている時、高温クリーブ破断試験値は鍛伸材と大差ないことが認められた。

(27) 超音波肉厚測定器による 2, 3 の探傷実験例に就て

《Some Experimental Results on Defect-Detection by a Supersonic Thickness Gauge》

Kazuo Kawano, et alius.