

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

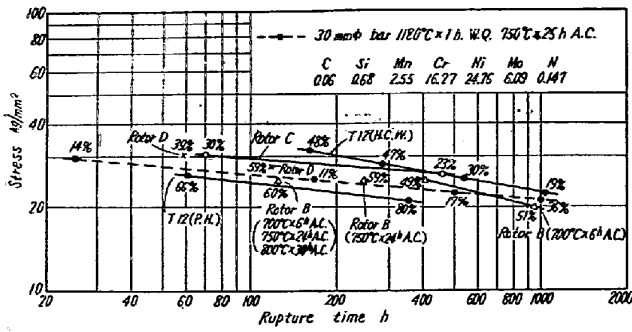


Fig. 1. Stress rupture strength of Timken 16-25-6 rotor wheels

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/mm² 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.

すか、或いは全然厚さを示さなくなる。原理的に考えて、表面に完全に平行な欠陥は予期しない肉厚を示し、表面に対して傾斜し或いは複雑な欠陥は共振しなくなりブラウン管上に山が現われなくなる。

供試鋼管：外径 140mm 長さ約 1 m

試験法：直接法。長さ方向は 100mm 間隔、円周方向は全面について測定し、正常な肉厚を示さない点を plot し、それ等の点を結んで鋼管上に図形を画いて欠陥部を表わした。その後適当な位置で鋼管を横断しマクロ組織を調べ探傷結果と比較した。Fig. 1 に示すように矢印内の部分が Sonizon で不良と判定したところである。

Fig. 1 より明らかなように Sonizon で検出した不良部分には概ね内部欠陥が存在している。

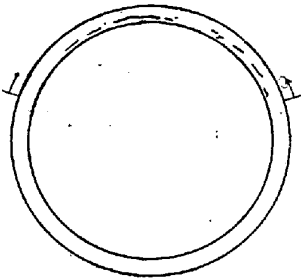


Fig. 1. Sub-surface defects predicted by Sonizon as shown by arrows, appeared after etching

(2) 扁平試験に際し異常な割れを示した鋼管の探傷。

実用試験として扁平試験を実施した所端面に異常割を示したので、その大きさ、形状および分布状態を知る目的で探傷した。

供試鋼管：外径 70mm. 肉厚 15mm. 高压管

試験法：ハーモニック法。長さ方向 100mm 間隔、円周方向全面。映像が Fig. 2.(a) のようであれば正常部、Fig. 2.(b) のように現われれば異常部として鋼管上に plot して行つた。結果は Fig. 2.(d) に示すようにある巾を持つて鋼管全長にわたつて異常部が存在していた。この鋼管を横断してマクロ組織を調べたが著しい欠陥が存在しておりこの位置は Sonizon により判定された異常部とはほぼ一致していた。更に同一寸法の鋼管について数ヶ所よりマクロ試料および扁平試料を採取して試験した。マクロ試験では少数のものに極めて微細な疵が発見された。また扁平試験ではすべて密着まで異常なく荷重を除く時に僅かに疵を発生するものが一部存在した。これ等について探傷を行つたが比較的大きい疵に対しては Fig. 2.(b) のような映像が得られた。併し微細疵につ

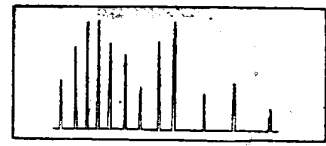


Fig. 2.(a) Sound portion

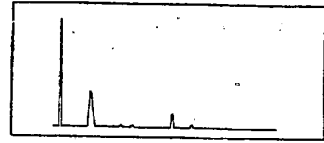


Fig. 2.(b) Most defective portion

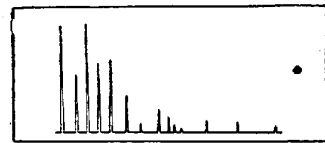


Fig. 2.(c) Slightly defective portion



Fig. 2.(d) Defective portion predicted by Sonizon as shown by hatches

いては、映像は Fig. 2.(a) のように正常であるか、または Fig. 2.(c) のように僅かな減衰を示した。このように鋼管内における著しい欠陥に対しては探傷は可能であるが、甚だ微細な独立した欠陥については十分ではない。

IV. 探傷の実例—その 2—微細疵が多数分散する欠陥

マクロ検査の結果微細疵が局部的に多数分散している鋼管が発見された。微細疵の 1 つ 1 つは発見できない事は前項 (2) に述べたが、多数分散して一種の白点状になった場合についての探傷例である。白点そのものについては探傷する機会はなかつたが、此処には、overheat した材料をそのまま鍛造したと思われる欠陥について述べる。

供試鋼管：外径 94mm. 肉厚 16.5mm

試験法：ハーモニック法。表面をバフ研磨仕上げした後 Fig. 3 (紙面の都合により省略、会場で掲示) に示すように一定間隔毎に探傷を行つた。Fig. 3 に示した O, Δ, および X 印は Sonizon 探傷の場合の映像の状態を示すものであり、各符号に相当する映像の状態は Fig. 3. に示すとおりである。即ち肉厚は正常のものを示す

が、山の高さが減少し著しい場合は殆んど消失する。但し装置の感度を上げる事によつて肉厚の測定そのものは可能となる。探傷後探傷位置を横断してマクロ組織を調べた。この結果 Sonizon 探傷により異常と判断された部分はマクロ組織上の欠陥と一致する。斯様にこの場合は比較的微細な疵までも探傷できた訳である。またこの場合最も重要なことの1つは表面をバフ研磨仕上げした事であり、斯様に表面仕上げしない場合は表面状態に影響を受け判定し難い。

V. 探傷の実例—その 3—不銹鋼の粒間腐蝕(顕微鏡的欠陥)の探傷

不銹鋼に生じる粒間腐蝕を探傷した例について述べる。粒間腐蝕は表面附近における顕微鏡的な微細な欠陥であつて、原理上は共振すべき表面が凹凸多く共振できなくなつたものと推察する。

- 実験内容
1. 粒間腐蝕試料の試験
 2. 同一材料の炭化物析出による影響
 3. 腐蝕時間の影響
 4. 表面状態の影響

これ等の諸実験の結果、肉厚測定器による粒間腐蝕試料の感度低下は、材質の熱処理による変化や表面の荒れの問題ではなく、粒間腐蝕そのものによるものであることが判つた。

VI. 結 語

以上 Sonizon による厚さの薄い鋼管における探傷の例を挙げその可能性を示した。併しここに注意すべき問題は欠陥がある場合それを探傷することは実証できたが、逆に傷の有無の未知の材料を探傷し欠陥らしきものを発見した時、これが上述の何れの場合に属するかの問題については、なお多くの探傷例の集積により漸次解決し得るものと考えらる。

(28) ターボ発電機軸の回転破壊試験について (I)

(供試材について)

(Bursting Tests of Turbo-Generator Shaft Forgings (I)

(On the Tested Forgings)

Kiyozo Sakabe, et alii.

日本製鋼所室蘭製作所 工博 下 田 秀 夫
工〇坂部喜代三・工 渡 辺 十 郎

I. 緒 言

本報告は過去5年間にわたつて行われた内部に欠陥を有するターボ発電機回転子軸材の回転破壊試験に関するもので、第1報として試験軸材の詳細を述べ、試験結果は、第2報に引続いて報告する。なおこの研究は通産省工業技術研究補助金を仰ぎ、三菱電機長崎製作所および伊丹研究所と共同して行われたものである。

II. 供 試 材 料

最近のターボ発電機の高容量、高効率化に伴ない、その回転子軸も大重量、高強度のものが求められ、100t 程度の大鋼塊を必要とするものも多い。しかるに戦時および戦後における若干の空白期間を経て大型回転子軸の製造を再開した当時は、漸く実用化され始めた超音波探傷法によつて鋼材内部の欠陥が余すところなく指摘されたため、かなりの廃却材を出し、本試験に供された材料もその中の1軸である。

即ち本回転子軸は 45t, Ni-Cr-Mo 鋼塊 (0.3% C, 1.5% Ni, 1.0% Cr, 0.4% Mo) を用い、4,000t プレスにて鍛錬、油焼入、焼戻の熱処理を施したもので、胴径 850mm, 胴長 3,400mm, 発電機容量にして 25,000 KW のものである。

回転破壊試験に先立ち、この回転子軸を切断し、超音波探傷結果と欠陥の相関、性状および軸内部の機械的強度を調査した。軸断面の強度分布は Fig. 1 の如くで、外周より中心孔に至るに従い強度を低下し、靱性も乏しくなつてゐる。組織もこれに伴つて調質組織より焼鈍組織に移行しており、かかる大型鍛鋼材料として、材質選択の不適切および熱処理の不備がうかがわれるのである。

なお現在の大型回転子軸はすべて Ni-Mo-V 鋼の健全鋼塊を使用し、10,000t 水圧プレスで鍛錬後、焼準、焼戻の熱処理を施しており、その完成合格率も 90% を超えている。

III. 供試材の欠陥について

従来この種の回転子軸に現れる欠陥は、砂疵と、白点で代表される熱応力割れに2大別されており、特に後者が忌嫌されている。事実操業中に破壊せる外国の諸例はほとんど白点に起因するものようである。

しかして本供試材に発生せる欠陥もまたその分布位置は白点と同様に、鋼塊頂端側に多く、かつすべて輪状ゴースト圏より内方に存在し、その破断表面も所謂白点と区