

昭和58年度

千葉県非破壊検査研究会 研究発表会

日時 昭和59年2月4日(土)

10:00～16:00

会場 千葉県機械金属試験場

目 次

工業用可搬式 X 線装置 R F - 1 6 0 M とその応用について	1
超音波によるポリエチレン被覆膜厚の自動測定について	7
熱交換器チューブのメンテナンスについて (滑流探傷及び超音波探傷)	11
極間法における欠陥の検出について	21
湿式蛍光磁粉の特性と検出能について	24
水洗性浸透液の欠陥検出能について	27
高圧ガス設備の欠陥発生に関する調査について	30

理学電機(株)

○相田 健二 長岡 拓一郎

概要

X線管に直流高圧印加により、自己整流方式に比して線量の増加、小形X線管採用、携帯式装置。ガス絶縁、高電圧、小形軽量化技術を投入し、小形、軽量、高出力、可搬式X線装置 RF-160M を完成した。

本装置は、単にX線検査効率のUPのみならず、小窓使用による像質、識別能向上の結果、近接撮影への適用、さらに現場へのX線テレビシステム導入等と期待がかけられる。

1 はじめに

150~160kV 直流方式のすえ置式に変わって、可搬式の装置はヨーロッパ諸国のメーカーですでに3~4年前から生産販売され、日本にも輸入されている。

この種の装置は、X線管がガラス管から、セラミック、メタルセラミック管へと移行した際に、X線管の小形軽量化からX線検査の適用分野を広げるために、可搬式へと移行した。

日本においては、小形、軽量化は携帯式X線装置に向けられ、ガス絶縁化、パルス化、X線管のセラミック化へとヨーロッパよりも常に先駆けて開発してきたが、可搬式については立ち遅れていたと言えてよい。携帯式X線装置特に発生熱の小形軽量化で線量を多くして検査枚数を多くするという面では限界にきていると考えられる。

理学電機は以上の観点から、携帯式装置の小形・軽量化技術とすえ置式直流高電圧の技術を投入し、160kVの可搬式装置を完成した。

ここに装置の概要とX線検査への適用について実験例を報告する。

2 装置の構成

本装置は図1のように全て運搬台車に搭載され、試験個所へ近くまで移動し、X線管容器部のみを台車から試験個所に移すだけで他は台車に搭載したままで使用ができる。また必要に応じて台車から制御器を他の場所へ移動できる。

構成は次の通り

- ① X線管容器
- ② 高電圧発生器
- ③ 制御器
- ④ X線管冷却装置
- ⑤ 高電圧ケーブル
- ⑥ 低圧ケーブル及び電源ケーブル、他
- ⑦ 運搬台車

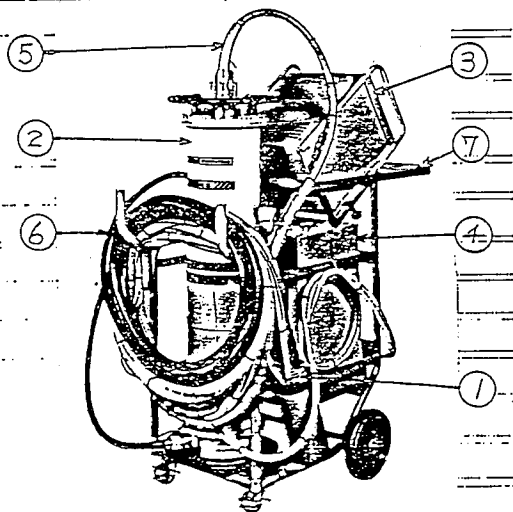


図1 RF-160M 構成

3. 仕様、概要

- 1) 出力電圧 : 直流 160 kV
- 2) 出力電圧可変範囲 : 25 kV ~ 160 kV (5 kV ステップ可変)
- 3) 出力電流 : 10 mA 最大 (X線管の焦点寸法, 許容電流にあわせてあらかじめ設定しておく必要がある。)
- 4) 露出時間計 : デジタルタイマ方式 9.9分/99分切換
- 5) 運転仕様 : 小焦点 0.5 x 0.5, 4 mA ... 連続99分
大焦点 1.0 x 1.0 以上, 10分使用1:1 繰り返し
- 6) 焦点切換 : 小焦点/大焦点切換 (制御器パネル)
同時に出力電流の自動切換をおこなう。
- 7) エージング : 自動エージング機構 (但し24時間以内の休止)
- 8) 透過能力 : 鋼板 25 mm 厚, フィルム濃度 $D=2$, FFD 60 cm
160 kV, 30 mA min, フィルム #100,
増感紙 Pb 0.03

4. 特長

- 1) 運搬台車に全部搭載でき, 工場内, 現場にて容易に移動でき, 電線 200 V のみあれば, 透過検査が可能。
- 2) 直流方式で可搬形である。
高電圧発生器はガス絶縁方式により小形, 軽量化をばかった。 図2
- 3) X線量が多い。
X線管には直流電圧を印加するため, X線量は携帯式X線装置 (自己整流, またはパルス方式) に比して放射される線量が多い, このため露出時間が短縮される。
- 4) X線管はメタルマウミッフ管を用い, その大きさと重量はガウス管の場合より小形軽量となっている。
図3 ($\phi 100 \times 350$ mm 8 kg)
このため, 取扱いが容易となり, 狭所, 高所での被検査箇所へ容易にセットできる。
- 5) 小焦点 0.5 x 0.5 mm を用いることにより被検査箇所へ FFD を縮めて X線撮影ができる。
- 6) 小焦点により, 現場での X線テレビ監視検査ができる。
- 7) X線管容器よりの X線漏洩が少ない。
したがって, 被写体からの散乱を防ぐような遮射筒等を設けることにより管理区域を狭くできる。

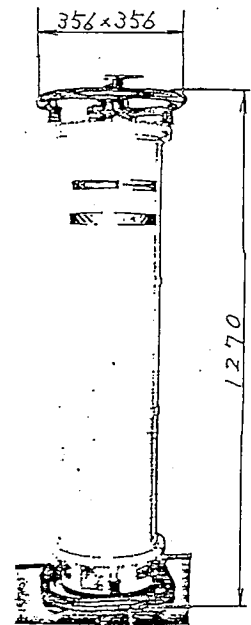


図2 高圧発生部

- 8) X線管部の交換により、全周放射のX線透過検査ができる。
- 9) X線管三等、制御器の操作については理学携帯式X線装置の操作パネルと同様にし、操作性を高めた。

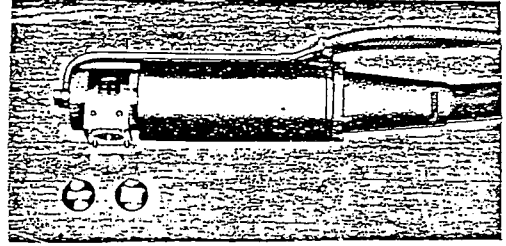


図3 X線管部

5. X線検査への応用

- 1) X線管に印加する電圧が直流であるため、X線線量率が携帯式(自己整流又はパルス方式)のものより多い。したがって撮影時間の短縮、同一露出条件ではより厚い鉄厚を検査することができる。自己整流方式との比較を次に示す。(弊社製品比較)

- 1) 直接線量率および鋼板透過減衰曲線比較

図4は、理学工業用携帯式X線装置RF200EGS2(パルス方式⇔自己整流方式)の160KVにおける比較である。いずれも鋼の半価値は、鋼板5t透過後では約2mmとであるが、線量率($R/min \cdot mA \cdot 1m$)は、約1.3倍強。

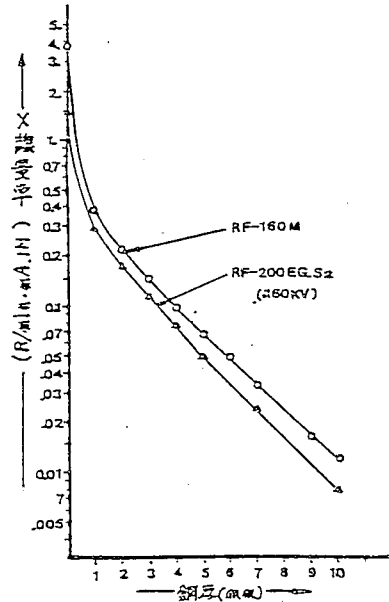


図4 直接線量率と鋼の減衰曲線

- 2) 鋼板20mmのX線撮影について

FFD = 60 cm, フィルム #100, 増感紙 Pb0.03, 管電圧 160KV, フィルム濃度 2 を得るための露出量 $mA \cdot min$ の相違。

RF-160M 12 mA·min } 約 1/2 である。

RF-200EGS2 30 mA·min }

- 1) 同一撮影条件)と同じで 30 mA・min の露光量を手え 1 時の透過鋼板厚さは
- | | | |
|------------|---------|------------------------|
| RF-160M | 25 mm t | } 約 1.25 倍の透過能力をもっている。 |
| RF-200EGSz | 20 mm t | |

2) 小焦点の X 線検査への効果, 識別能, 特に FFD 短縮の効果及び TV システムへの適用

焦点寸法 0.5 × 0.5 (実測 0.4 × 0.6) の X 線管を用いて, 特に小径鋼管の突合せ溶接部 2 重壁片面撮影法による並持撮影の効果例を示す。

- 1) 外径 φ 70 mm
 肉厚 5.5 mm 鋼管
 焦点寸法 $f = 0.5$
 透過度計フィルム間
 $L_2 = 75$ mm
 JIS Z-3104 による
 L_1 の値 ($L_2 \times m$)
 普通級

$m = 2.5f \dots L_1 = 94$
 特級

$m = 2.5f \dots L_1 = 187.5$
 普通級を満足する最少 FFD ($L_1 + L_2$) ≈ 170,
 特級を満足する最少 FFD ($L_1 + L_2$) ≈ 300 mm.

表 1 は撮影条件と結果を示す。尚, X 線写真では $L_1 = 95$,

FFD = 170 mm において像のボヤはなく, 非常に鮮明な写真が得られた。

図 6 は X 線写真を示す。

A は普通級で FFD = 170 mm, E は特級で FFD = 300 mm の場合である。さらに, X 線 TV システムによる透視をおこなった例を示す。図 7。いずれもデジタルメモリー処理によるもので

FFD = 170 mm,	100 kV - 4 mA の時	透過度計識別度	1.53%
FFD = 300 mm,	110 kV - 4 mA の時	透過度計識別度	1.23%

欠陥の識別は, X 線透過検査の場合とほぼ同じであった。

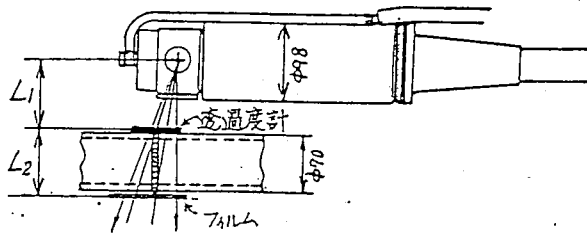
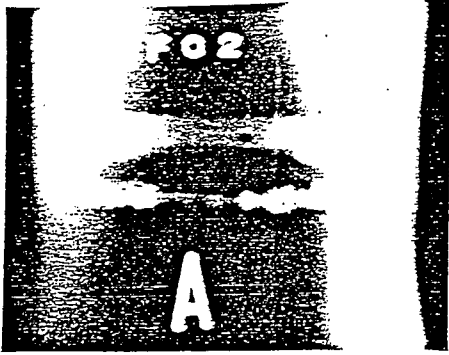


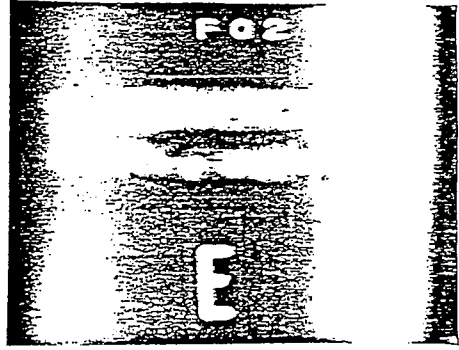
図 5 小径鋼管の検査配置

	電圧	mA・min	材厚濃度	透過度計識別度%	階調計濃度差
普通級	kV				
FFD 170 mm	120	8	2.3	1.23	0.5
特級	kV				
FFD 300 mm	130	8	2.17	0.96	0.4

表 1 撮影条件と結果



A. FFD 170 mm



E. FFD 300 mm

図6 小焦点によるφ70鋼管の2重壁両面撮影例

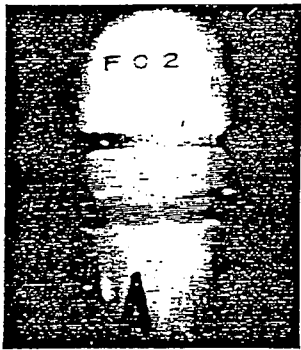


図7 小焦点によるφ70鋼管の2重壁両面TV透視例

ロ) 外径φ165, 肉厚7mm鋼管, $L_2 = 190 \text{ mm}$, $L_1 = 310 \text{ mm}$, FFD = 500 mm.

図8は配置図であり,
表2はX線透過撮影と
X線TVシステムでの
データを示す。図9は
その写像例を示した。

特に人工的につく
られた縦割れについては,
テレビシステムにおい
ても, X線写真とほぼ
同等に検出できた。

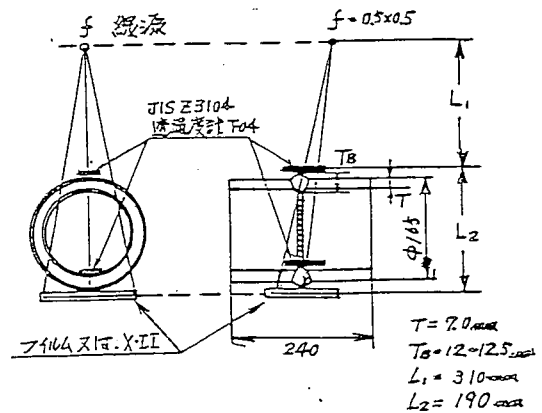


図8. 2重壁両面撮影の配置

		X線管電圧	X線管電流	露出	透過度計識別度		備考
					線源側	フィルム側	
1	X線透過撮影法	150 kV	4 mA	3分	1.31 %	1.05 %	フィルム #100 (73) 増感紙 Pb0.03 フィルム濃度 D=2.1
2	X線TV透視 デジタルメモ-	100 kV	4 mA	メモ- 時間 8.33 秒	1.31 %	1.31 %	メモ-数 250枚

表2 2重壁両面撮影及びTV透視の条件と結果

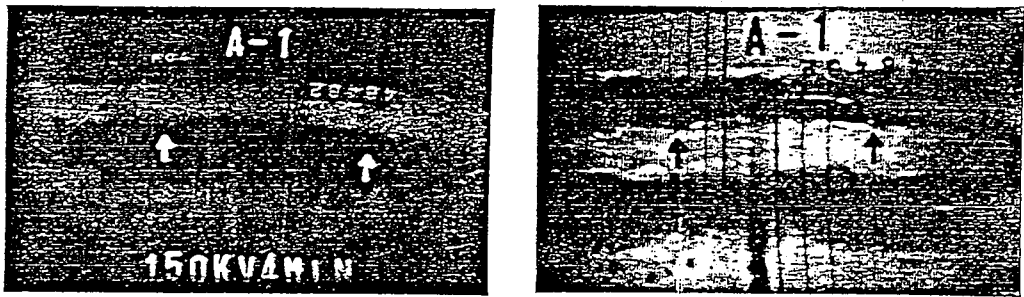


図9 X線透過写真(左) 及 X線TV透視-デジタルメモ-画像(右)

6 おわりに

以上、X線検査への一般的性能と、小径鋼管における突合せ溶接部の2重壁両面撮影、透視、並距離での検査について実験例を示した。その他、アルミ合金、ステンレス小径管についても同様な実験をおこない、いずれも優良、識別能とも十分に満足する結果であった。

本装置は、特にX線管部の小形・軽量であること、装置全体を容易に移動できること、さらに用途によっては焦点の切換をおこない、また全周放射形のX線管(巻器付)に簡単に交換することが出来る。このためX線検査の適応分野が広がると考えられる。

超音波によるポリエチレン被覆膜厚の自動測定について

川崎製鉄株式会社 川崎製鉄所 舟井 隆史 高橋 暁

計量器技術セクター 川村 紘一 山本 昭

概 要

ポリエチレン被覆鋼管の被覆膜厚を、被覆直後のオンラインで自動的に測定できる超音波ポリエチレン膜厚測定装置を開発した。測定は被覆鋼管下部より水ジェットにより超音波を伝達する非接触方式で、連続測定を行い、被覆鋼管の表面温度も非接触で測定し、超音波音速を自動補正してやることにより測定精度は $\pm 0.1 \text{ mm}$ まで向上した。本装置の開発により品質管理と原単位管理の一層の向上が可能となった。

1. 緒言

パイプラインに用いられる鋼管は、通常地中に埋設するか、海底に敷設されるが常に防食の問題にさらされている。従来から鋼管の防食には澀青質系の塗覆装が行われてきたが、近年のポリエチレン塗覆装技術の発達により防食の化学的安定性が優れている、オンラインでの大量生産が可能であること等からラインパイプ用にはポリエチレン被覆鋼管が用いられるようになってきた。しかしながら石油を原料とするポリエチレンは高価であり、厳しい品質保証の要求を満足させると共に原単位低減を計るため、きめ細かい膜厚管理が必要である。このような背景のもとにオンラインでの自動膜厚測定装置を開発し $\pm 0.1 \text{ mm}$ 以下の精度で鋼管に被覆したポリエチレン膜厚の測定が可能となった。

2. ポリエチレン被覆鋼管

ポリエチレン被覆鋼管は鋼管製造ラインで製造された後ポリエチレン被覆ヤードに搬入され、外表面ショットブラスト、外観検査、手入、両管端部の前処理を経て被覆ラインに装入される。被覆ラインに於て鋼管はスパイラル状に回転しながら搬送され、プライマー塗布後加熱炉を経てポリエチレンシートを多層に巻付けられる。その後強制空冷、水冷、ピンホール検査、管端部処理、外観検査を行い、製品表示を行い出荷される。膜厚の測定はこのうち水冷ゾーンで実施している。以下にポリエチレン被覆鋼管の仕様を示す。

被覆鋼管仕様

- | | |
|---------|------------------------------------|
| (1) 外 径 | $\phi 508 \sim 1624 \text{ mm}$ |
| (2) 肉 厚 | $6.0 \sim 40.0 \text{ mm}$ |
| (3) 管 長 | $6,000 \sim 18,000 \text{ mm}$ |
| (4) 真直度 | $2/1,000$ 以下 |
| (5) 真円度 | $\pm 0.02 \times (\text{規定外径})$ 以内 |

- (6) ビード巾 40 mm 以下
- (7) ビード高さ 3.0 mm 以下
- (8) 被覆膜厚 1.0 mm ~ 10.0 mm
- (9) 測定時増温 50 ~ 120 °C
- (10) 管 周速 6.5 ~ 30.0 m/min

ポリエチレン被覆を模式的に図1に示す。

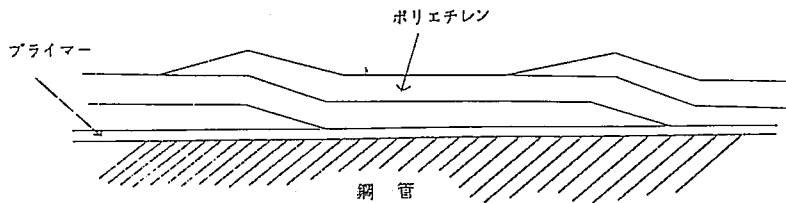


図1 ポリエチレン被覆模式図

3. 膜厚測定装置

膜厚の測定は被覆後の水冷ゾーンでパイプ下面より水ジェットによる超音波パルス反射式により連続的に行う。測定装置は川鉄計量器(特製のパルサーレーダーを用いている)。又測定部は被覆鋼管の温度が高くポリエチレン膜厚が音速の温度依存性によりバラックためサーミスタボロメータ放射温度計により表面温度を測定し、表面温度により測定値を補正する方式とした。補正にはパーソナルコンピューターを用いている。測定、検出装置は鋼管各部位の膜厚測定を可能とするため、パイプ軸方向に500mmトラバースできるようにしている。これにより管軸方向の膜厚の最厚部、最薄部の測定が1つの探触子でできる。

測定位置の設定は測定結果もできるが早くフィードバックできるようにするため被覆設備の直後とし、ポリエチレンに傷をつけないようにする配慮から水ジェットによる非接触とし、かつパイプ変動の少ない下面からとした。

以下に測定機器の構成と型式を示す。図2に超音波パルスによるポリエチレン測定部のエコーを、写1に検出部を又図3に測定のプロック図を示す。

設備仕様

- (1) 検出機構 水浸超音波探触子(5MHz, φ10)
- (2) 走査機構 ボールネジ
- (3) 測定装置 パルサーレーダー(KPR-10)(川鉄計量器)
- (4) 表面温度測定装置 サーミスタボロメータ放射温度計YEW2583
- (5) 温度補正処理 パーソナルコンピューター PS80
- (6) 記録計 渡辺測器SR6312
- (7) マーキング装置

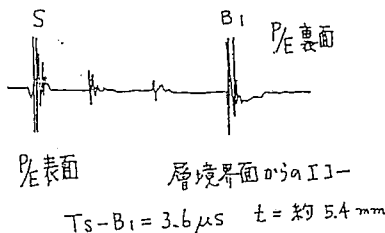
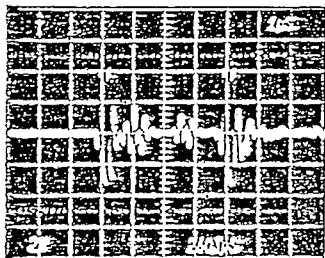
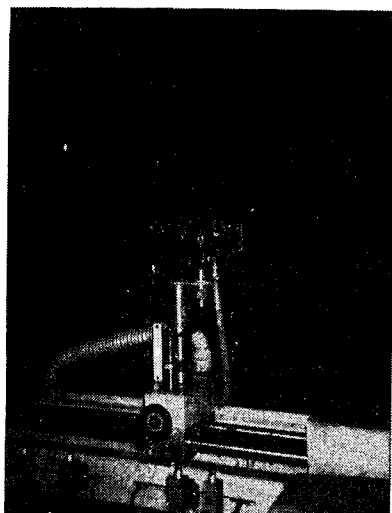


図2 超音波パルスによるポリエチレン被覆表面のエコー



写1 検出部

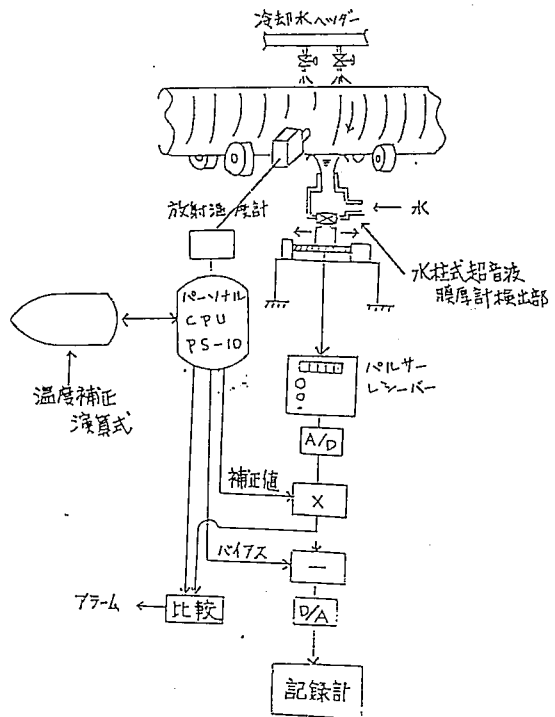


図3 測定ブロック図

4. 膜厚測定

(1) ポリエチレンの超音波特性

ポリエチレンは原油を精製して得られるナフサを分解し、更に得られたエチレンを重合することにより製造される。ポリエチレンの比重は0.92~0.96である。測定に先立って問題となる減衰と、温度依存性について調査した。

結果を図4に示す。これによりポリエチレンの熱膨張は無視できるが、膜厚測定のためには温度補正が必要であることがわかる。

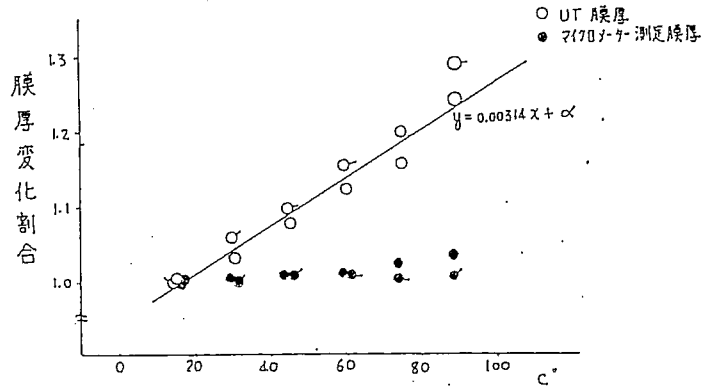


図4 温度変化による膜厚変化割合(サンプル)

(2) 測定結果

測定の精度比較は、オンラインで自動測定を行った後、同部位を鋼管が冷却した後電磁膜厚計(ケット製L×400 測定精度±2%)にて測定し比較した。図5に温度補正を行わない場合の鋼管表面温度と膜厚測定比(超音波測定値/電磁測定値)の関係を示す。図5の回帰直線は前記の回帰直線 $y = 0.00314x + \alpha$ に相似しており、この補正式は妥当であると考えられる。図6に電磁膜厚計と超音波測定結果との差をヒストグラムで示す。

図6に示すように $\bar{x} = -0.054 \text{ mm}$, $\sigma = 0.054 \text{ mm}$ の結果が得られ、この値は十分実用に供することができる。

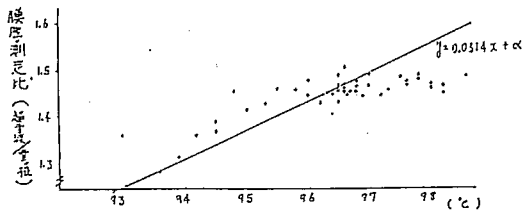


図5 実管での温度変化による膜厚変化割合

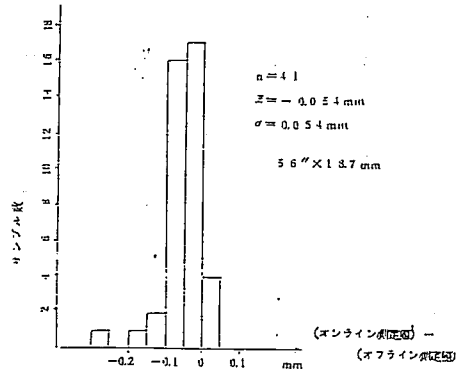


図6 電磁膜厚計と超音波測定結果の差

5. 結言

水ジェットによる超音波パルスエコー方式で、ポリエチレン被覆鋼管の被覆膜厚をオンラインで連続的に測定することが可能となった。これにより被覆膜厚の最大値、最小値、又被覆膜厚の全体のプロファイルの値を容易に測定することができ、被覆装置にその結果を反映させることにより、より一層きめ細かい品質管理、原単位管理が可能となった。

熱交換器チューブのメンテナンスについて。 (渦流探傷 & 超音波探傷)

中国エックス線(株)

日置 修

藤岡 克美

1. 概説

化学工業などにおける伝熱操作においては、低温流体の加熱、蒸発、高温流体の冷却、凝縮または冷却と同時に加熱を目的とする熱の授受などの熱交換が行なわれており、それぞれの用途に応じて種々の形式の伝熱装置が設計され使用されている。

伝熱装置の中で、間接伝熱式の多管式熱交換器は熱交換器の代表的なものであり化学工業、石油精製工業、発電プラント及びその他各種の工業において、加熱器、冷却器、凝縮器などの用途に広く使用されている。

そのうち多管式熱交換器の中で、金額的にも大きなウエイトを占め、かつ直接熱を伝達する伝熱管は、熱交換器において最も重要な要素の一つであるが、ある程度使用した場合、管内外の流体により全面腐食、応力腐食、割れ、疲労腐食、潰食及び電気化学的な局部腐食などの欠陥が発生する 경우가多い。これらの欠陥を検出し、伝熱管の余寿命を推定することは、重要なことである。

現在、伝熱管の保守検査としては、渦流探傷試験が最も広く利用されている。しかし、その方法としては各種各様であり、完全に確立された規格化された方法がないのが実情である。

伝熱管の保守検査としての渦流探傷試験方法としては、大別して、ノペンスカラ一法(振幅法)と位相解析法とがある。従来より最も多く実施されてきた方法が、ノペンスカラ一法であり、これは欠陥の相対的な体積により欠陥を評価し、伝熱管の余寿命を推定する方法である。一方、検査精度を上げる目的で最近よく利用されるようになって来た方法が位相解析法であり、これは欠陥の持つ固有の位相角により欠陥の深さを推定し、伝熱管の余寿命を推定する方法である。また、その他に、標準比較方式と自己比較方式とを併用する方法や、多重周波数を使った方法及びコンピューターを導入した方法などが試みられ、実施されている。

2. 渦流探傷試験方法の概要。

2-1. 渦流探傷試験の原理。

渦流探傷試験方法は、時間的に変化する磁場中にある導体(試験品)における電磁誘導現象を利用したもので、電磁誘導試験の一つの方法といえることができる。

一般に、試験は交流を流したコイルを試験品に近接させ、試験品に生じる渦電流又は磁化(強磁性体の場合)によるコイルのインピーダンスあるいは誘起電圧の欠

陥による変化を検出するものである。

2-2. 渦流探傷試験の特徴

導体に生じる渦電流やそのコイルへの作用は欠陥、試験品の導電率、寸法、形状、コイルとの距離などにより変化するため、渦流探傷試験により得られる指示はこれらの因子の影響を受ける。また、渦電流が表皮効果により、導体表面付近に集中するため、表面から深い場所にある欠陥の検出が困難である。

このような原理的な特徴のほか、渦流探傷試験の実用上の特徴を挙げるとつぎのとおりである。

- 1) 導体の表面欠陥に対して高い検出力をもつ。
- 2) 指示から欠陥寸法、位置(外面、内面)を推定することが可能である。
- 3) 非接触で高速、自動化、全数検査に適する。
- 4) 高温等の他の試験方法が適用し難い対象に用いることができる。
- 5) 結果の指示が電気信号で得られ、記録、データの利用に適する。
- 6) 試験品の材質、寸法等多くの因子により影響を受け、これらの判別、消去に努力が必要である。
- 7) 指示から欠陥の種類、形状を正確に判別することが、難しい。

2-3. 渦流探傷装置

熱交換器などの伝熱管の探傷試験には、内挿試験コイル(インナーコイル)が用いられ、管の腐食、減肉、漏洩、割れ等の欠陥の検出を行なう。

探傷装置は、伝熱管に生じた渦電流あるいは磁化の欠陥による変化を検出する探傷器、試験コイルを搬送する送り装置及び指示信号を記録する記録装置などで構成されている。

内挿試験コイルには、多くの場合、自己比較方式による自己誘導形コイルが用いられる。しかし、伝熱管の長手方向に長い傷やゆるやかな減肉に対しては標準比較方式による自己誘導形コイルも併用する場合がある。

試験コイルの搬送は、一般には圧縮空気を利用して伝熱管の端部まで挿し込み、モーター駆動又は手動で引き抜くことにより行なう。原子カプランの熱交換器の場合には、高放射能レベル域にある熱交換器を安全な場所から遠隔操作により、試験コイルの挿入、引き抜きを行なう装置が開発されている。

試験結果の記録装置には、一般にはペン書きオシログラフが用いられるが、最近では、磁気テープに記録させる方法も使用されている。

2-4 欠陥指示信号の評価

欠陥指示信号の評価には、大別して従来から使用されて来た1バンスカラー法と

最近主流になりつつある位相解析法とがある。それぞれについて概略を以下に記す。

1) 1ペンスカラー法、

この方法は、欠陥による試験コイルのインピーダンスの変化量(スカラー量)のみで欠陥の程度を推定評価する方法である。この方法によれば、欠陥から得られる情報量が少なく、欠陥の大きさ、位置などの推定を精度よく行なうことは、難しい。

2) 位相解析法

この方法は、試験コイルのインピーダンスをベクトル量としてとらえ、その位相角(θ)とベクトルの大きさから欠陥の大きさ(体積)や深さ、位置(管の外側か内側)を推定評価する方法である。実際には、試験コイルのインピーダンス平面をX軸、Y軸成分とし、2ペンのペン書きオシログラフのチャート上に現わす。この方法によれば、欠陥の大きさが振幅として、また欠陥の深さ及び位置が位相角(θ)として現われることから、欠陥を定量的に精度よく推定評価することができる。

図-1に 渦流探傷システムと、図-2に 1ペンスカラー表示と2ペン位相解析チャート比較を示す。

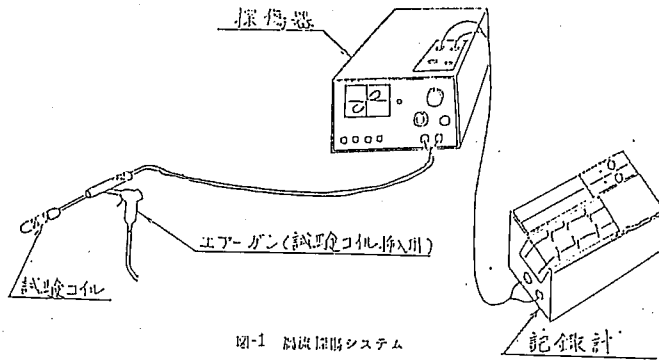
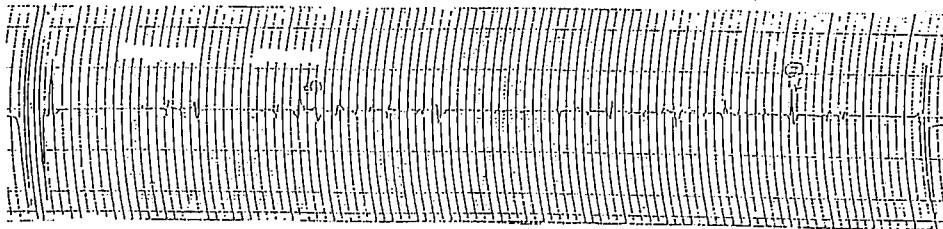


図-1 渦流探傷システム
1ペンスカラー表示チャート



2ペン位相解析チャート

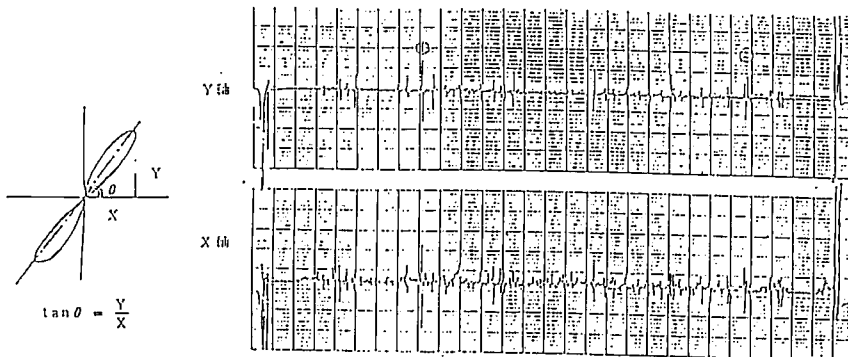


図2 1ペンスカラー表示と2ペン位相解析チャート比較

3. 中国エックス線(株)における渦流探傷試験の現状

一般的な熱交換器伝熱管の保守検査として、渦流探傷試験を実施する上で注意すべき重要な点は、

- 1) 発生する欠陥の種類が機器ごとに異なるので、それぞれの機器に適した試験方法を適用すること。
- 2) 欠陥に対する合否の判定規準は使用機器に合わせて考えること。
- 3) バッフル信号やヘコミキズ、スケールなどの欠陥以外の信号が欠陥信号を不明瞭にすることがあるので、欠陥の評価には慎重な配慮が必要なこと。
- 4) 作業環境に種々の制限があるため、その環境に適した探傷システムを採用すること。
- 5) 工期に制限のある場合が多く、高い作業能率が要求されること。

現在まで、これらの点を十分考慮に入れ、位相解析法を基本として各種の渦流探傷試験方法を研究開発し、実施している。

3-1. 渦流探傷システム

システムの特徴としては、位相解析法にマイクロコンピュータを組み合わせた高精度、高能率で現場的な点である。また、さらに短時間で多本数を探傷試験する場合のデータ処理には、パーソナルコンピュータによる、「渦流探傷のデータ処理システム」を使用している。以下にその概要を示す。

3-1-1. 渦流探傷のデータ処理システム

1). 構成

このシステムは、渦流探傷器、位相解析装置、記録計、試験コイル駆動装置、パーソナルコンピュータにより構成されている。

2). 装置仕様

ED-800 渦流探傷器

- ・ マグナフラックス社製
- ・ 位相解析方式
- ・ ストレジタイプ ブラウン管付
- ・ 重量 10 kg
- ・ 寸法 140(W) X 280(L) X 330(H)^{mm}

ET-801 位相解析装置

- ・ 中国エックス線(株)社製
- ・ CPU z-80 5Kバイト使用
- ・ 応答速度 30Hz, 精度 ±5%
- ・ 重量 5kg, 寸法 430(W) X 250(L) X 150(H)^{mm}

8K-32 記録計

- 日本電気三栄(株)社製
- 4ch 円弧書き感熱記録
- 応答周波数 80Hz
- 記録紙 折たたみ紙 40m
- 重量 9kg
- 寸法 370(W)×115(L)×192(H) mm

※ 使用電源はいずれも AC 100V 50/60 Hz

if 800 model 30 パーソナルコンピュータ

- 沖電気工業(株)社製
- 使用 CPC Z-80 CPU
- メインメモリ 64K BITS/CHIP
- 容量 128K BYTE (標準)
256K BYTE (最大)

3) 検出方法 差動コイル法

3-1-2. 対比試験片

位相解析用の対比試験片として、ASME CODE には原子力発電用のスチーム ジェネレータ用のものがあるが、管に発生する欠陥は機器によって異なるため、ASME CODE をそのまま適用することは不適當である。

そこで、従来の 1 パンスカラー法による管の経年変化を追ってゆく考え方の欠陥と位相解析に必要な欠陥とを合せ持つ対比試験片を考案し使用している。位相解析を精度良く行なうには、対比試験片の寸法精度はもとより、対比試験片を被試験品と同材質、同寸法のもので作る必要がある。また、発生する欠陥に適した標準欠陥を設けることも重要なことである。位相解析用の標準型対比試験片の一例を図-3に示す。

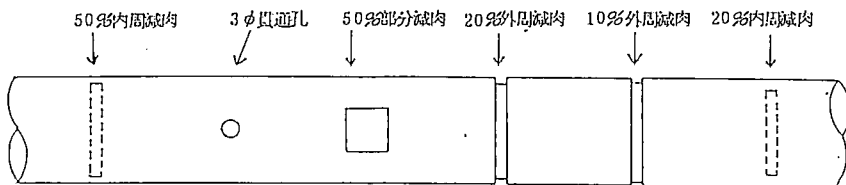


図-3 位相解析用対比試験片

この他に、標準比較方式用の対比試験片や、フィン付チューブ、二層管の対比試験片など、各試験方法、発生する欠陥に即した対比試験片を作成し使用している。

3-1-3. 欠陥評価

欠陥評価は、基本的にはすべて位相解析法で減肉率を算出することにより行なう。一本の伝熱管の中に複数の欠陥が存在する場合は、最も深い欠陥を評価対象とする。

3-1-4 位相解析法とコンピューター

位相解析法による推定減肉率の算出は、従来欠陥信号をX軸，Y軸成分に分け、ペンレコーダーなどに記録させその振幅値から三角関数により位相角を計算し、その位相角に対応する減肉率を推定減肉率として算出していた。図-4にCRT上の信号波形（リサーチ波形）を、図-5に位相角と減肉率の関係を現物校正曲線を示す。

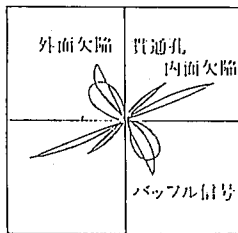


図-4 ブラウン管のリサーチ波形

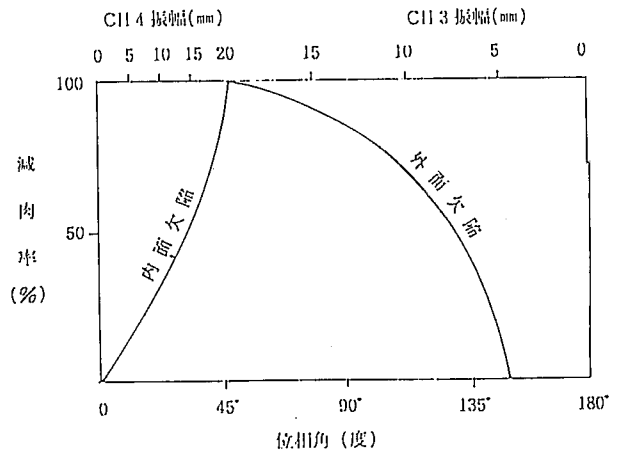


図-5 校正曲線例

この位相角の算出操作をコンピューターに行なわせる目的で開発したのが、位相解析装置であり、そのシステムフローを以下に示す。

- ① Y軸の立ち上りを検出する。
- ↓
- ② X軸の位相を判別する。
- ↓
- ③ X軸，Y軸の振幅の最大値を求める。
- ↓
- ④ 位相角を計算する。
- ↓
- ⑤ 位相角に比例した出力。

上記のシステムフローに従って、図-6に示す模擬試験片を用いて探傷した場合の探傷波形を、図-7に示す。

図-6 模擬欠陥試験片

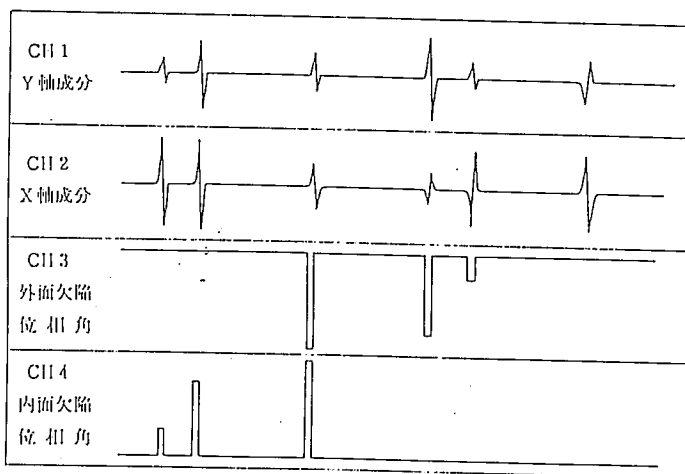
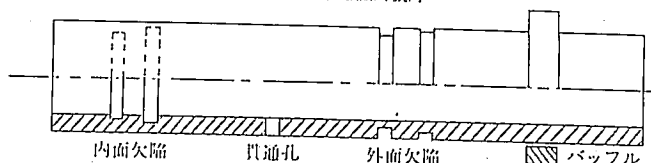


図-7 4ペンチャート波形

この位相解析装置の特色として、1) 操作が簡単である。2) 小型、軽量である。3) 処理スピードが速い など現場的であることが挙げられる。

しかし、実際の自然欠陥に対する位相解析法は、欠陥と欠陥の複合や他の因子による影響などがあり、理論通りに適用できない場合がある。そこで、現在行なっている方法としては、位相解析装置によって得られたデータを解析技術者が確認してから、パーソナルコンピュータを使用したデータ処理システムに入力する方法をとっている。

パーソナルコンピュータによる「渦流探傷のデータ処理システム」の特徴を以下に挙げる。

- 1). データの入力が簡単である。
- 2). データの入力時に、前回の試験結果と比較して大きくデータ変化のあるものは、アラム表示する。
- 3). データは、3インチディスクに最大20,000本の3回分が収録される。
- 4). データの検索は、備考欄によるピックアップ、減肉率によるピックアップ等希望する減肉率の丈小別に簡単に出力される。
- 5). 管板の図示により、欠陥の分布状態が即座に把握できる。
- 6). データ出力(記録用紙印字)は、毎時3,000本のデータを処理できる。
- 7). データは過去の3回分が収録されるので、経年変化が即座に判る。

3-1-5. その他

その他の開発製品及び技術としては、50μmまで探傷可能なUバンド管用試験コイルや、管板部直下の割れを検出する目的で作った管板部探傷用試験コイルなどがある。

3-2. 実際の渦流探傷試験について。

3-2-1. B5TF材の探傷。

現在、当社において探傷本数の最も多いものが、B5TF材を使用した海水熱交換器の伝熱管である。この伝熱管には、海水の流れる管内面側に、全面腐食、孔食、潰食などの腐食減肉が発生する。欠陥の中で最も多いものは、全面腐食状の腐食減肉であり、形態としては、円形状の腐食減肉を重ね合せた状態のものが一般的に多い。これらの欠陥は、コイルのインピーダンスに与える影響が大きいため、検出することは、比較的容易である。これらの欠陥を有する伝熱管の渦流探傷試験を行なうに当り、重要な点は一本の伝熱管において、最も深い欠陥の推定減肉率を迅速にしかも正確に導き出すことである。

通常、推定減肉率の算出は、対比試験片に加えた人工欠陥と対比することにより、行なわれる。推定減肉率を算出しようとする欠陥信号が他の信号の影響を受けない場合、その精度は良く、実測減肉率との誤差は±5%程度の範囲内に入ると思われる。

しかし、その欠陥信号が他の欠陥やスケール、ガタ、バツフル、変形などの信号の影響を受ける場合が多く、推定減肉率に大きな誤差が生じることもある。ここで、推定減肉率に誤差が生じた実例を、以下に示す。これらは、推定減肉率の算出の基本となる欠陥信号の位相に影響を与える因子の例である。

- 1). 内面欠陥と外面欠陥が共存する場合
- 2). 広く浅い欠陥と小さく深い欠陥が共存する場合。
- 3). 欠陥信号にバツフル部の変形信号などが複合する場合
- 4). 欠陥と同じ位相を示すスケールの信号がある場合。
- 5). 被試験体の温度が高い場合。
- 6). 欠陥部が強度不足のため変形している場合
- 7). 仕様の異なる伝熱管が使用されている場合。
- 8). その他欠陥信号が管板、バツフル、ガタ、スケールなどの信号の影響を受けた場合。

このように、実際の探傷では欠陥以外の因子の影響により、欠陥の位相角が変化し、推定減肉率に誤差が生じる場合がある。このような場合、欠陥に対して正しい評価をするには、信号波形を解析する技術者の技術と経験にたよることになる。

3-2-2. SUS材(非磁性管)の探傷。

SUS材を使用した海水熱交換器以外の熱交換器伝熱管においては、応力腐食割れ

孔食などの体積的には小さいが有害な欠陥が発生しやすい。この種の欠陥は、発生
の要因となる因子が集中しやすいバッフル部の管外面や管板部に特に発生しやすく、
バッフルや管板などの信号が欠陥信号に複合されること、及び体積的に小さな欠陥が
多いことなどから、渦流探傷試験においては、特に検出しにくい欠陥である。

これらの欠陥を検出するには、綿密な試験方法と試験条件の設定が必要であり、
また、多くのバックデータをもとにした独特の解析評価方法が必要であろう。当社に
おいても、位相解析法を基本として、技術的に開発しており、現在では高い精度で、
応力腐食割れなどの欠陥の検出が可能となった。

3-3 磁性管の渦流探傷試験について

3-3-1 磁性管の渦流探傷試験

磁性管の渦流探傷試験は、非磁性管と比較すると、以下に挙げられる問題点のため、
探傷が困難である。以下に磁性管の渦流探傷試験の特徴(問題点)を示す。

1) 磁化方法

問題点

① 電磁石使用

- プロブが熱くなる。
- プロブの消耗が激しい。
- スムーズに動かない。
- 3 ϕ 検出感度が低い。

② 永久磁石使用

- プロブの挿入が非能率的。
- プロブの消耗が激しい。
- スムーズに動かない。
- 3 ϕ の検出感度が低い。

③ 無磁化法

- 外面欠陥の検出は不可
- 3 ϕ の検出感度が低い。

2) 外面欠陥

リング状の欠陥であれば検出できる。部分減肉は感度が低い。

3) 内面欠陥

検出できる。

4) 内面の全体減肉

検出できる。

5) ヘコミ等のノイズの判別

判別できない。磁気跡、残留応力でも反応する。

6) 欠陥評価

欠陥の深さも判定できない。使用後の熱サイクルの影響あり。

3-3-2. 磁性管の肉厚測定

磁性管の渦流探傷試験に代わる保守検査の方法として、開発されたのが、インナープローブ式厚さ測定装置であり、伝熱管内より直接肉厚を超音波にて測定するシステムである。

これは、伝熱管の比較的大きな減肉部の肉厚測定に適し、高い精度を示す。しかし、伝熱管内面にスケール付着や激しい凹凸などが存在する場合は、測定が困難である。

3-3-3. 磁性管の保守検査について。

現在、磁性管の保守検査方法として、渦流探傷試験、インナープローブ式厚さ測定を中心として、高精度の検査方法を研究開発中である。

4. まとめ

熱交換器伝熱管のメンテナンスとしての渦流探傷試験は、高精度、高能率な検査方法として、発達してきた。しかし、実際の探傷では渦流探傷試験本来の性格などにより、種々の問題点が発生している。今後、これらの問題点に取り組み高精度な渦流探傷試験方法を確立して行くことが、重要である。

極間法における欠陥の検出について

学進化学(株) 相村 英行

概 要

鋼溶接部の磁粉探傷試験においては、携帯型交流極間式探傷器による直交する2方向の磁化が一般的である。この磁化方法について標準試験片を用いて、欠陥の検出能を検討した結果、次のような知見を得た。

A1-1%程度より微細な欠陥に対して、全方向の欠陥を検出するためには、直交2回磁化だけでは不十分であり、少なくとも60°3回磁化を行なう必要がある。

1. まえがき

現在、交流極間式探傷器を用いる溶接部の探傷においては、直交する2方向より磁化する方法が一般的である。そこで、この磁化方法(角度、回数等)について、標準試験片を用いて、検討を加えた。

2. 試験方法及び結果

1) A型試験片による磁粉模様を検出される角度の測定

試験板上にA型試験片A1-1% (0型)を貼付け、これを交流極間式探傷器にて探傷した。試験片上の磁粉模様を、セロハンテープにて転写し、この転写磁粉模様について磁粉模様の検出される角度 θ と、そのときの磁場の方向 α を測定した。このときの探傷条件は、次のようである。

a) 探傷器	ハンディ・マグナA-1 (100V, 50Hz)
b) 磁粉	黒色磁粉 MK-10 4g/l (エアゾール)
c) 分散媒	1,1,1-トリクロロエタン
d) 試験板	400×400×12t (SS41)
e) 標準試験片	A1-1% (0型) スコッチテープにより貼付
f) 通電時間	5秒
g) 試験板傾斜角	0°

このときの結果を次頁の図1に示す

両磁極を結ぶ直線
 の中心点では、A 1-
 50で磁粉模様を検出
 される角度 $\theta = 72^\circ$
 であり、磁力線に対し
 て $54 \sim 90^\circ$ の角度の欠
 陥が検出されると推
 定できる。すなわち
 直交2回では中心点
 において図2のよう
 な範囲の欠陥しか検
 出され得ないので、
 図3のような $60 \cdot 3$
 回磁化が必要であると
 推定された。

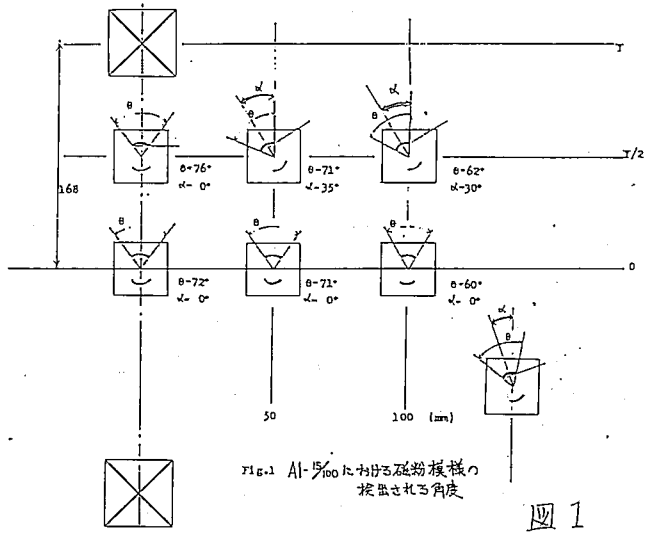
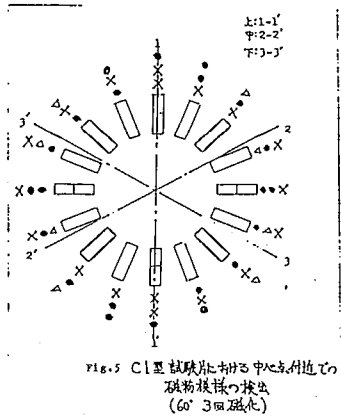
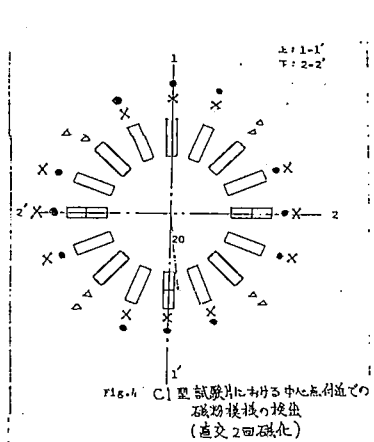
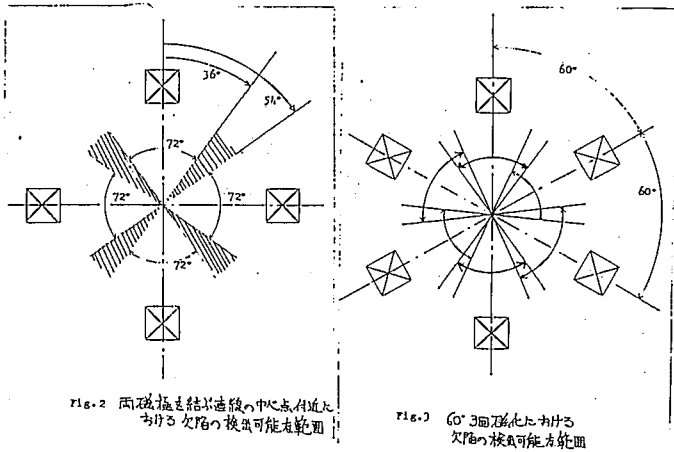


図 1

2) C型試験片による磁粉
 模様を検出

両磁極を結ぶ直線
 の中心点において、
 円形に貼りつけたC
 型試験片C 1-8/50を
 磁化方向を変えて探
 傷した。探傷条件は、1)と同様である。

直交2方向で磁化した結果を
 図4に、 $60 \cdot 3$ 方向で磁化した結果を
 図5に示す。図4より直交2方向
 の場合は、2回の磁化でいずれも Δ の場所が
 存在するが、図5のように
 $60 \cdot 3$ 回磁化の場合は少なくとも1度は
 \circ が現われることがわかる。



判定
 ○ …… 磁粉模様が
 明瞭に見えるもの
 Δ …… 弱いもの
 X …… 検出されな
 いもの

3) 自然欠陥での欠陥の検出

微細な自然欠陥(研磨割れ)を有する試験片について、磁化方向を変えて探傷した。探傷条件は1)と同様である。まず、クロスマグナ HM-5AX (100V, 50Hz)にて探傷し、全欠陥数をその転写磁粉模様より測定した。次に、直交2回磁化による欠陥検出数をさらに60°3回磁化による欠陥検出数を、いずれも転写磁粉模様より測定した。その結果を表1に示す。また、このときの磁粉模様を図6に示す。

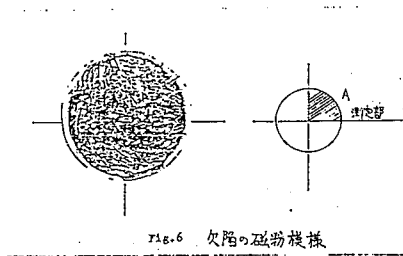


Fig. 6 欠陥の磁粉模様

磁化方法	欠陥検出数		総検出数	未検出数
	1回の磁化による検出数	2回の磁化による検出数		
回転磁界 クロスマグナ			115	115
直交2回磁化	1-1' 0°	94	105	-10
	2-2' 90°	91		
60°3回磁化	1-1' 0°	94	117	+2
	2-2' 60°	91		
	3-3' 120°	87		

Table 1 自然欠陥における中心点付近での欠陥検出

3. まとめ

以上の検討の結果、次のようなことが考察された。

- 1) A型試験片を用いた、交流極間式探傷器による磁化においては、A1-15%では磁力線に対して、54~90°の角度をもった欠陥が検出される。
- 2) C型試験片で、60°3回磁化を試み、充分な効果のあることが確認された。また自然欠陥について、直交2回磁化を行なった場合、クロスマグナに比較し約10%程度の見逃しがみられ、その寸法は長さ1mm未満の微細なものであった。60°3回磁化では、ほとんど全てが検出された。
- 3) 鋼溶接部の磁粉探傷において、交流極間式探傷器を用いる場合、A1-15%程度より微細な欠陥に対しては、全方向の欠陥を検出するためには、現在行なわれている直交2回磁化だけでは不十分であり、少なくとも60°3回磁化を行なう必要があると考えられる。

(以上)

1. はじめに

磁粉探傷において欠陥検出能に影響を与える因子としては、試験品の磁気特性と与える磁場の強さ、方向、磁粉の適用方法、磁粉の特性など多くの要因が考えられる。今回は一般に市販されている環式蛍光磁粉について調査をしたので報告する。

2. 調査項目

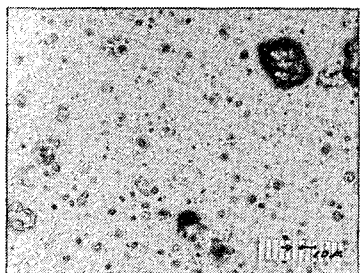
今回の調査では表面欠陥(中の広い欠陥、中の狭い欠陥)、内部欠陥にわけ、おのおの適した磁粉の特性はどんな特性を持っているか調査を行った。

- 1) 各磁粉の粒度について
- 2) 各磁粉の磁化特性曲線について
- 3) 各磁粉の磁気感度特性について
- 4) 一定磁場強さにおける磁粉の付着量について
- 5) 表面欠陥、内部欠陥における各種磁粉の検出能について。

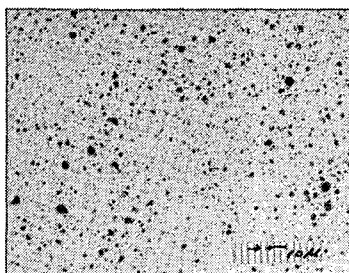
3. 実験方法および結果

測定に使用した磁粉はLY-1500, LY-2500, LY-Z700Hの3種類。

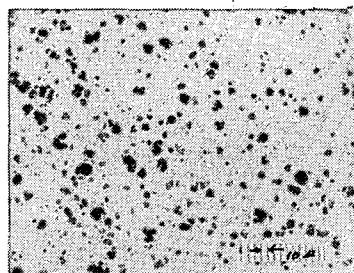
- 1) 各磁粉の粒度測定は分散剤で良く磁粉を練り、一部分取り顕微鏡により測定した。写真は100倍のとき各磁粉の粒子状態である。



P-1 LY-1500



P-2 LY-2500



P-3 LY-Z700H

- 2) 各種磁粉の磁化特性曲線は直流磁化自動記録装置(理研電子BHU-60)を使用し、試料寸法直径8mm、高さ12mmの円筒容器に磁粉を封入し測定した。

各磁粉の磁化特性曲線は下図のようになった。

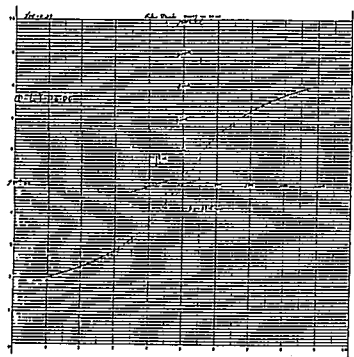


図1 LY-1500

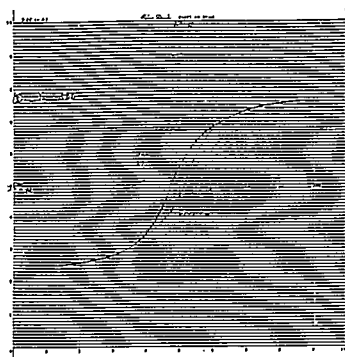


図2 LY-2500

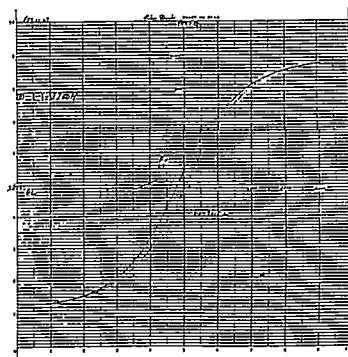


図3 LY-Z700H

3) 磁気感度特性は一定容積容器に各種磁粉を入れ、これを電磁石で一定位置まで吸引させ、このときの磁化電流値を比較し、磁気感度特性としら。

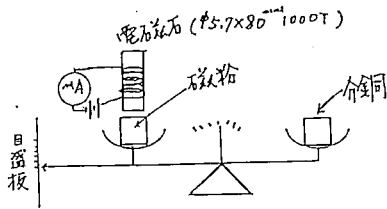


図4

磁粉名	磁化電流 mA	LY-1500E 1比1比
LY-1500	81	1
LY-2500	305	3.8
LY-2700 _H	170	2.1

表1

電磁石 (φ5.7×80^{mm} 1000T)

4) 一定磁場強さにおける磁粉の付着量について

表2は磁粉10gをアルール200CCに懸濁させた湿式磁粉液の中に電磁石の磁極を10秒間浸漬させたのち引き上げ乾燥させた磁粉の量である。又各磁粉の見掛比重を求め、付着した磁粉の付着容積量を求めたものである。

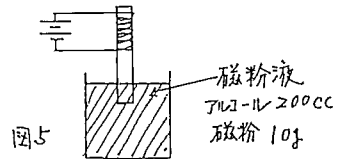


図5

磁粉名	付着量 mg	付着容積量 mm ³
LY-1500	28.9	14.3
LY-2500	9.2	11.9
LY-2700 _H	20.1	19.0

表2

5) 表面欠陥、内部欠陥における各種磁粉の検出能について。

写真P-4,5のような表面欠陥(中の広い欠陥,中の狭い欠陥),内部欠陥(図6)に与える磁場の強さを変化させ、その時の各種磁粉の付着状態を写真により観察した。(スライドで説明)

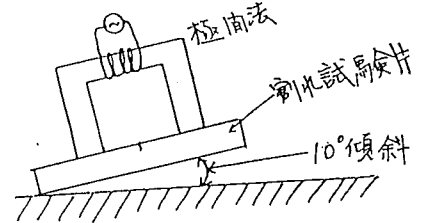
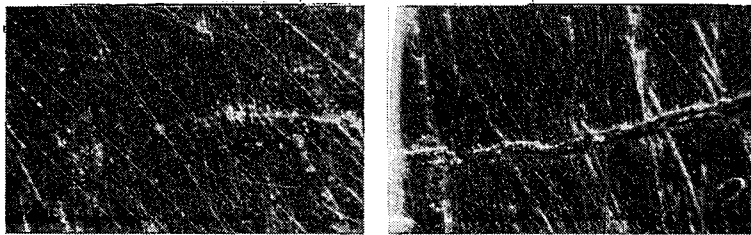
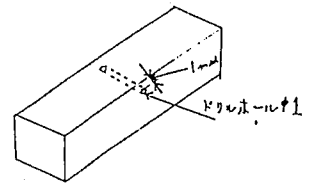


図5



P-4 中の狭い表面欠陥 倍率15 P-5 中の広い表面欠陥 倍率15

図6 内部欠陥



4. 考察

磁粉探傷では結果の最終判定は目視に依るので、同一欠陥に磁粉の量が多く付着するものが良い磁粉となる。

このように考えると今回の測定に使用した3種類の磁粉では付着容積量としてはLY-2700_Hが一番多く良い磁粉と考えられ、次にLY-1500, LY-2500の順となる。

しかしながら実際の欠陥においては内部欠陥についてはLY-2500が小さい磁場でも欠陥指示模様^①の形成が早く、細い欠陥部も明確に検出されており、次にLY-2700H、LY-1500の順になっている。

表面欠陥(中の狭い欠陥)ではLY-2500、LY-2700Hの磁粉の検出感度はほぼ同じである。しかしながら形成された磁粉模様から見るとLY-2500の方が非常に見やすい模様となっている。これは付着磁粉量の差ではなく、蛍光磁粉の蛍光体の違いによるものと考えられる。LY-2500は黄色に近い発色をし、LY-2700Hは黄緑に近い発色となっている。この発色の違いが視覚に作用しLY-2500の方が見やすい(検出しやすい)要素となっている。

表面欠陥(中の広い欠陥)の検出では、中の狭い欠陥があるとは逆にLY-1500が小さい磁場で磁粉模様^①を形成している。欠陥中が広いと粒子の細かい磁粉は欠陥両端磁極部分のみに磁粉が付着し、欠陥部全体を覆う事がなかなか困難なためと思われる。それに比べLY-1500は欠陥部に付着する粒子の数は少ないが、1ヶの粒子径が大きいため、欠陥部分の端から端に梯子状に磁粉が^①付着しやすく欠陥全体の形状が他の磁粉に比べ形成しやすく、欠陥として認識しやすくなる。

磁気的特性では、磁気感度についてはLY-1500が良く、次にLY-2700H、LY-2500の順で、磁化特性曲線による保磁力(Hc)もLY-1500が一番小さく、LY-2700H、LY-2500の順になっている。

このように今回測定した磁気特性からは磁粉探傷に用いる磁粉としてはLY-1500が最も適している結果となっているが、実際の欠陥に磁粉を適用し、検出能を観察した結果からは大きな開口割れについては、LY-1500が良く、内部欠陥になると磁気特性の低いLY-2500の検出能が良い結果となっている。これは微細な欠陥や内部欠陥になると磁気特性以上に磁粉の粒子、色調などが欠陥検出に重要な要素になっているためと思われる。

水洗性浸透液の欠陥検出能について

栄進化学(株) 福田 裕一

概 要

水洗性浸透液は欠陥を検出する能力(欠陥検出能)を異にする種々の感度レベルのものを任意に製造することができる。

この欠陥検出能の違いは、原理的には浸透液固有の「欠陥内残留力」と「視覚認識力」の違いによるものであり、製造の際には「ゲルパターン」及び「希釈輝度パターン」を調整することにより可能となる。

また、浸透液の欠陥検出能の優劣は「メニスカス・スポット」により数値で定量的に判定することができる。

1. ま え が き

一般に水洗性浸透探傷法は後乳化性浸透探傷法に比べ過洗浄に成り易く微細欠陥の探傷には不適當であるといわれている。

しかしながら、現在では研究が進み、欠陥検出能を異にする低感度から超高感度に至る各種の水洗性浸透液が開発されている。

そこで、どのような理由で欠陥検出能の違いが生ずるのか、及びそれが実際の検出感度にどのように現われるかについて報告致します。

2. 水洗性浸透液の種類と用途

(1) 染色

① 低感度	R-3B(NT)W	一般素材, プラスチック
② 普通	R-3B(NT)	鋳造品, 鉄鋼
③ 高	R-3B(NT)H	鍛造品

(2) 蛍光

① 低感度	F-4A Lox	プラスチック
② 普通	F-4A	鋳造品, 船舶, 鉄鋼
③ 準高	F-4A-B	航空機機体, プラント類
④ 高	F-4A-C, F-4A-E	航空機のオーバーホール
⑤ 超高	F-4A-F	航空機エンジン部品

3. 欠陥検出能の違い

水洗性浸透液の欠陥検出能の違いは、原理的には水洗浄後に浸透液が欠陥内に多量に残留できる能力(欠陥内残留力)と少量の浸透液でも目視で検出できる能力(視覚認識力)の相違によるものであり、任意の欠陥検出能を持つ浸透液を製造する場合には、浸透液の構成素材を適宜選択し組合せること

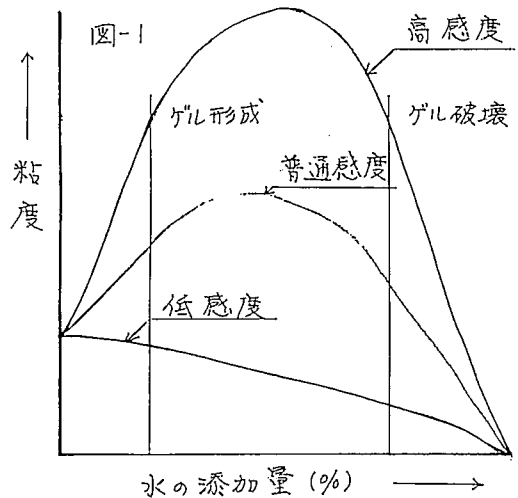
により、主に次に述べる「ゲルパターン」及び「希釈輝度パターン」を調整し、「メニスカス・スポット」のスポット径を測定することにより行う。

(1) ゲルパターン

水洗性浸透液は一般的現象として、
 図1のように、水が混入するに従い
 粘度が上昇しゲル状となり、更に水
 を加えるとゲルが破壊し、乳化現象
 が生じ粘度は次々に低下し、水洗
 除去が可能となる。

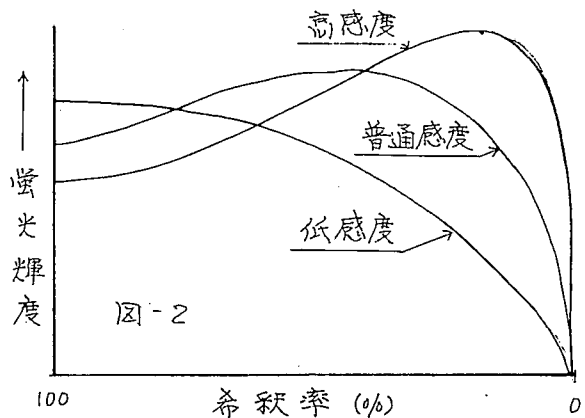
この際、低感度のものはゲルを形
 成せず普通から高感度になるに従
 いゲルの粘度が高くなるようにゲル
 パターンを調整している。

これは実際の水洗浄時においては
 浸透液が残留する欠陥の開口部でゲルが形成されるので、丁度、容器に
 "栓"をした形となり、この栓の強弱(粘度の高低:ゲルパターン)により
 欠陥内に残留する浸透液の流出の程度、すなわち欠陥内残留力を調整す
 ることができる。



(2) 希釈輝度パターン

揮発性溶剤に希釈した水
 洗性浸透液を濾紙にひたせ
 乾燥後、その蛍光輝度を測
 定すると、図2に示すよう
 に初期濃度の場合には相対
 輝度は低感度の程高いが
 希釈輝度は高感度の程
 希釈されるに従い高くなる
 ように調整している。



これは微細欠陥の場合、蛍光指示を示す浸透液の膜厚が極めて薄いため、この状態で"の視覚認識力を高めるためである。"

(3) メニスカス・スポット

メニスカス・スポットとは
 図3に示すように、黒色カ
 ラス平板上に浸透液を滴下し、
 その上に透明ガラス凸レンズ
 (R=106cm)を圧着し、ブラフ
 ライトを照射すると、2枚の
 ガラス板の接触点を中心と
 して、蛍光を發しない黒点が現れる。この黒点をメニスカス・スポット

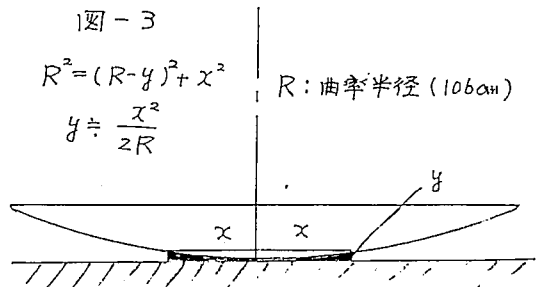


図-3
 $R^2 = (R-y)^2 + x^2$
 $y = \frac{x^2}{2R}$
 R: 曲率半径 (106cm)

この黒点をメニスカス・スポット

と呼び、このスポット径(2X)を測定することにより、スポット周辺の浸透液の液層の厚さ(y)を算出できる。

これはスポットの直径(2X)が小さい程スポット周辺の浸透液の液層の厚さが薄くなり、極めて少ない浸透液で蛍光指示が認められる(視覚認識力が高い)ことを意味し、

このyの値は無現象の場合発見できる最小の浸透液層の厚さの目安となる。

右表は感度レベルの異なる水洗性蛍光浸透液のスポット径を測定したものであり、高感度のもの程スポット径は小さく視覚認識力が高いことが理解できる。

したがって、このスポット径を測定することにより、浸透液の欠陥検出能を具体的数値にて表現することができる。

蛍光浸透液のスポット径と液の膜厚

蛍光浸透液	スポット径(2X)	液の膜厚(y)
F-4A	10.6 mm	13.3 μm
F-4A-B	5.9	4.1
F-4A-C	4.5	2.4
F-4A-E	3.3	1.3

4 検出感度の違い

スライド参照

5 まとめ

以上説明した原理と手法に基づき水洗性浸透液の欠陥検出能を任意に調整できるため、現在では感度レベルを異にする種々の水洗性浸透液が存在する。

したがって、適当な感度レベルの水洗性浸透液を選択することにより、素材検査から航空機部品の検査まで幅広く水洗性浸透探傷法を活用することができる。現に、高感度水洗性浸透液の出現により、作業性の悪い後乳化性浸透探傷法を採用する企業は年々減少している。

以上

高压ガス設備の欠陥発生に関する調査について

喜田 宗平

高压ガス設備のうち、貯槽、反応器等の圧力容器は万一欠陥が発生した場合、早めに見つけてキズの進行の阻止や、補修を補し、ガス漏えいや、機器の破損を未然に防がなければなりません。このため法的には原則として、年に1回保安検査を実施し、安全の確認を行っている。今回は反応器について過去の検査の際に見つかったキズの状況について、次のよう分類してまとめたいので報告する。

1. 製造年別の分類

製造年	検査数	欠陥数
昭和40年前	30	16 (53%)
45年前	198	20 (10%)
50年前	97	10 (10%)
51年以降	141	8 (6%)

2. 使用温度による分類

温度	検査数	欠陥数
100℃未満	158	12 (8%)
200℃未満	78	8 (10%)
600℃未満	225	43 (19%)
600℃以上	5	1 (20%)

3. 使用圧力による分類

圧力	検査数	欠陥数
10kg/cm ² 未満	88	1 (1%)
100kg/cm ² 未満	264	49 (19%)
500kg/cm ² 未満	87	4 (6%)
1000kg/cm ² 未満	12	6 (50%)
1000kg/cm ² 以上	15	4 (27%)

4. 材料の形態による分類

材料	検査数	欠陥数
単体	259	13 (5%)
フラット	129	24 (19%)
ライニング等	73	23 (32%)
その他	4	4 (100%)
計	466	64

5. 肉厚による分類(胴部)

肉厚	検査数	欠陥数
10mm未満	64	1 (2%)
50mm未満	317	20 (10%)
100mm未満	38	12 (32%)
100mm以上	42	18 (43%)

6. 肉厚による分類(端部)

肉厚	検査数	欠陥数
10mm未満	2	0
50mm未満	324	29 (9%)
100mm未満	51	15 (30%)
100mm以上	37	19 (51%)

7. 欠陥の発見はどの部位

8. 欠陥部の補修

9. 欠陥発生のおおき原因