

# 熱交換器チューブの高速検査システム

## High-speed Tube Wall-Thickness Measurement System

日鋼検査サービス(株) 渡辺茂樹、萬年利克、米山勝久、田中秀秋

Shigeki WATANABE, Toshikatsu MANNEN, Katsushisa YONEYAMA, Hideaki TANAKA

Thermal power plant High Pressure Feedwater Heater (HPH) tubing is usually inspected and measured for thickness by ultrasonic immersion testing with an internally inserted probe. The tube to be inspected is flooded with water and the ultrasonic sensor is inserted then drawn through the length of the tube. In traditional inspections the minimum wall thickness of each tube is recorded and the possibility of continued usage is interpreted. But in recent years, in order to reduce maintenance costs, achieve more effective interpretations of data and meet customer needs, ultrasonic test equipment with the possibility of faster, more effective flaw detection is required. In order to meet this need we have developed improved ultrasonic test equipment with both higher inspection speeds than traditional inspection equipment as well as automatic data recording. Our system measures the wall thickness of the tube throughout its entire length, records data on flaws, and automatically displays the results. This system meets customer needs by allowing for high speed testing and data report display.

Key word: Ultrasonic, Immersion, Wall-thickness, Heater Tube, Power Plant

### 1. はじめに

高圧給水加熱器は火力発電所の熱効率を上げるための装置であり、タービン駆動用の蒸気を利用しボイラの給水を加熱する装置である。高圧給水加熱器は数千本の熱交換用チューブ(鋼管)が組込まれており、運転中に発生したエロージョンや孔食により漏洩することがある。従来、高圧給水加熱器管の検査は各チューブの最小肉厚値を記録し、最小肉厚値が管理値以下の場合に施栓処置対象とした保守的な対応が取られていたが、より合理的な判断を行うため管理値、管理方法を見直すユーザーがでてきている。これらでは、高圧給水加熱器の検査装置には、従来よりも詳細な検査データが必要とされ、記録性が高く、かつ高速な検査が求められている。

このため、検査速度を向上させ、かつ管全長の測定データを記録及び評価可能な検査システムの開発に着手し、従来の検査装置と比較して2倍以上の検査速度を有し、更に、きずを自動的に検出する機能を有する、利便性の高いシステムを開発した。

### 2. 高圧給水加熱器管の検査手法

連絡先: 萬年利克 051-8505 室蘭市茶津町4 日鋼検査サービス(株) [t\\_mannen@nikkoukensa.co.jp](mailto:t_mannen@nikkoukensa.co.jp)

高圧給水加熱器管の検査は内挿式超音波により厚さ測定が行われている。Fig.1にセンサーヘッドの模式図を示す。水を満たした管内にセンサーヘッドを挿入し、超音波をミラーにより90度向きを変え管内壁より入射する。音響ミラーの回転と同時にセンサーヘッドを管軸方向に引き抜くことで管全長を螺旋状に連続測定する。探傷速度及び測定ピッチは、引き抜き速度(mm)、音響ミラー回転数(rps)と超音波送信の繰り返し周波数(PRF)により決まる。

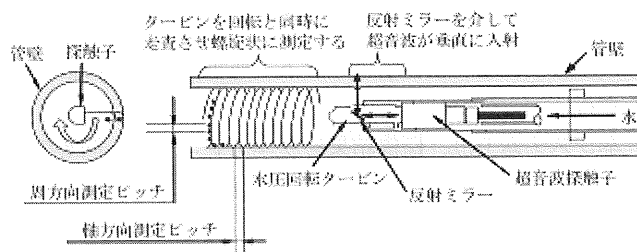


Fig.1 Sensor Head Schematic Diagram

従来の検査装置は、検査員が手動でセンサーケーブルをチューブに挿入し、ケーブルを手動で引き抜きながら個々のきずに対し探傷器画面を注視しながら測定を行っていた。検査結果は、各管の最小肉厚値 1 点又は数点を記録用紙に手書きで記録し、代表きずの探傷器画面のハードコピーの印刷を行っていた。このため手動による

測定・記録方式では、高速化および詳細なきず情報の提示が困難であった。

### 3. 高速探傷のシステムの構成

本システムの装置外観を Fig.2 に示す。高速検査を行うため自動引き抜き装置と、PRF 上限値の高い超音波探傷器を導入した。また検査データの記録装置として、デジタルデータレコーダーを導入した。検査速度の向上には測定ピッチを従来検査装置と同等以上にすることを考慮した。これは単純に検査速度だけを上げると軸方向ピッチが粗くなり、微小きずの検出が困難となることや、それを補うためタービン回転速度をむやみに上げると PRF 上限により周方向ピッチが粗くなる事に起因する。



Fig.2 System Exterior Equipment View

### 4. 専用解析ソフトによる探傷結果表示

超音波探傷器で測定された検査データはデータレコーダーに保存し、その後、解析ソフトで処理し、きずの評価をする。

本システムでは、探傷結果をリニアレコーダと同等の時系列的な表示の他に、任意のきず箇所における展開表示 (C-MAP) や断面表示 (B-MAP) が可能である。さらに、きず自動抽出機能を有しており、管 1 本毎の検査データに存在する全てのきずを抽出し、きずの詳細情報を出力することが可能である。

例えば、1 本のチューブに 100 箇所の内面きずが存在したと仮定すると、全てのきずを解析者が手動で測定するには多大な時間を要し、運用上現実的ではない。このため高速探傷では、きず自動抽出機能が必須となる。本システムにより表示されるきず情報を Fig.3 に示す。

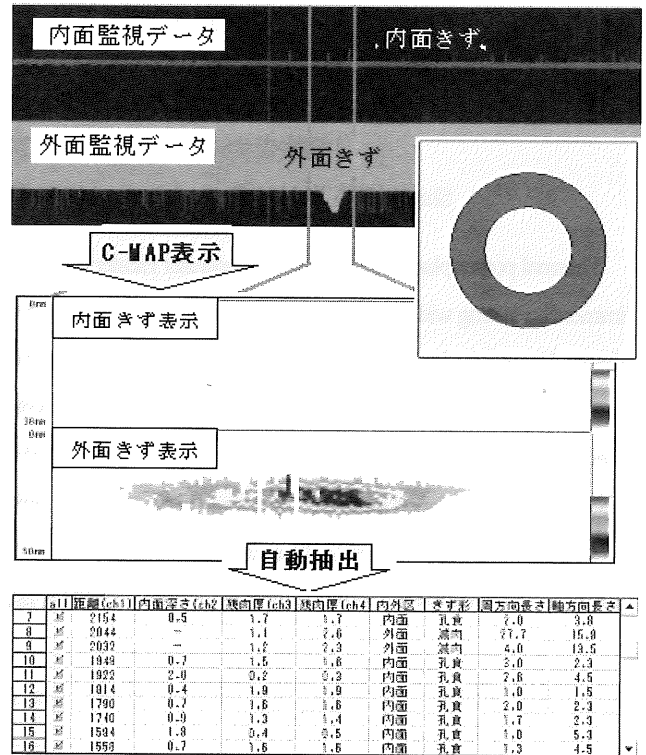


Fig.3 C-MAP, B-MAP Display and data list

### 5. 測定値の精度検証とまとめ

本システムの精度検証を高圧給水加熱器の実機廃却管を用い実施した。検証では廃却管を本システムで測定を行い、検出された全てのきずに対し切斷調査を行った。Fig.4 に内面孔食部の代表写真と投影機による内面孔食の断面画像を示す。検証の結果、検出された全ての内面孔食について  $\pm 0.2\text{mm}$  以内の測定精度を有する事を確認した。

本システムの開発により、検査の高速化ときず自動解析やビジュアルが可能になり、実機適用に於いては大幅な検査時間の短縮と正確な結果が得られることが確認された。

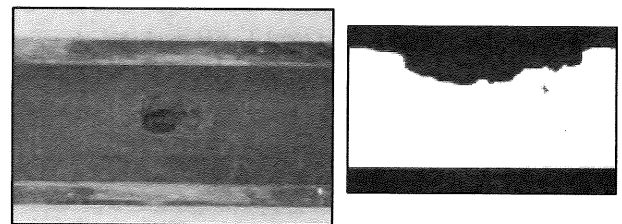


Fig.4 Internal Pitting Image and Cross-Section