

# 中径鋼管検査ライン用 自動端部端面探傷設備の開発

岸 貴志\*

## 1. はじめに

当社の特殊鋼継目無鋼管(軸受鋼・合金鋼・炭素鋼)の検査ラインには、小径鋼管検査ライン(検査材外径20～75mm)と中径鋼管検査ライン(検査材外径45～150mm)とがあり、熱間圧延および冷間圧延された鋼管を検査している。

今回中径鋼管検査ラインに自動端部探傷機(名称:A-STM)を導入することにより、先年導入した端面探傷機(名称:A-TT)とあわせ鋼管の端面および端部の外面疵を自動探傷にて保証する体制が確立されたため、その設備概要を紹介する。

## 2. 中径鋼管の検査工程

設備導入後の中径鋼管検査工程を図1に示す。

検査材はまず寸法台にて鋼管端部の内面疵の目視検査・寸法測定を行った後、漏洩磁束探傷(名称:A-RAM)および自動寸法測定機により検査・測定し、さらに端面と端部の探傷を行った後に、結束し出荷される。

今回導入をした端部探傷機は先行して開発導入した端面探傷機と同じ場所(端面探傷機の架台部)に設置しており、両設備を合わせて端部端面探傷機と呼んでいる。

中径鋼管検査ラインでの外面疵および内面疵の保証は、A-RAMで行っている。A-RAMでは検査材の両端部から一定範囲に検査材の不連続部やピンチローラーに拘束されていないことを原因とするノイズが発生することから、自動探傷できない部位(未探傷域)が存在する。この未探

傷域の品質に対する信頼性をより向上させるため鋼管端部の疵を自動探傷する端部端面探傷機を設備メーカーと共同開発し導入した。

## 3. 鋼管端面探傷装置(A-TT)の開発

中径鋼管端部端面探傷設備のうち、まず先に導入した端面探傷機について紹介する。

鋼管端面探傷機はH18年1月に導入された鋼管の両端面の疵保証を行う設備であり、近年開発された<sup>シート</sup>θプローブを国内で初めて鋼管検査の操業ラインへ適用した設備である。

鋼管の自動端面探傷機が導入される以前は、手動式端面探傷機(プローブ式渦流探傷機)にて端面の探傷を行っていた。手動式では切断工程の違いに起因してプローブと鋼管端面との距離(リフトオフ)が変動しノイズが発生する場合があった。このノイズを抑制するにはプローブ位置調整を厳密に行う必要があり自動化を困難にしていたが、θプローブを採用することで解決した。

θプローブは従来からある上置コイル式プローブと異なり円形の励磁コイルの中に検出コイルを縦置きした特殊な構造であり、プローブ上部から見るとコイルがギリシャ文字の「θ」の様に配置された形状となっているためθプローブと呼ばれている(図2)。

θプローブの特徴は、疵部において渦電流が検出コイルと鎖交しているためリフトオフの影響を受けにくく、プローブと製品との距離(リフトオフ)が比較的大きくても探傷できることであり、本装置の導入によりどのよ

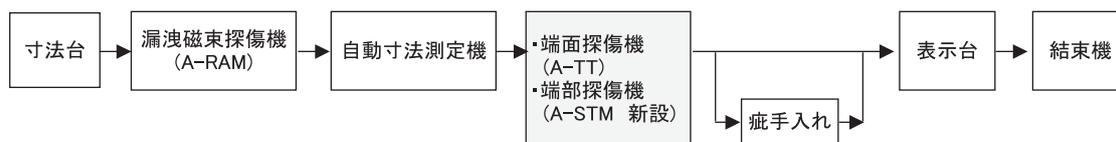


図1.中径鋼管検査ライン工程

\* 製造部 精検課

うな端面状態においてもS/N比（疵信号SとノイズNの比）が良好に端面の自動探傷が可能となった。

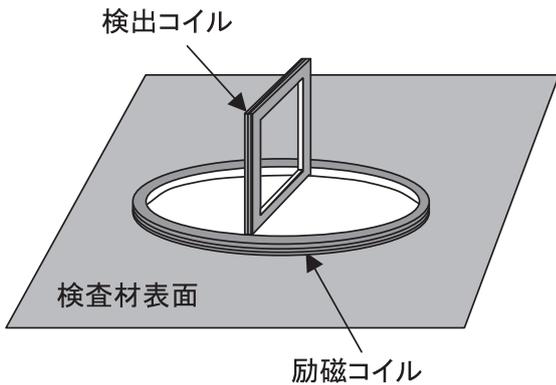


図2. Θプローブの構造

### 3.1 端面探傷機の概要

表1に端面探傷機の仕様を示す。導入前には材料回転を手動で行っており、探傷設定(バランス調整)も行う必要があったが、設備導入により自動化された。検査材は自動給材された後、回転し、プローブが前進することで探傷が行われる機構となっている。

表1. 中径鋼管検査ライン端面探傷機の設備仕様

項目	導入前(手動)	導入後(自動)
探傷方法	渦流探傷法	渦流探傷法
方式	手動探傷	自動探傷
	材料回転(手動)	材料回転(自動)
プローブ	渦流プローブ	Θプローブ
プローブ数	1個×2式(両端面)	1個×2式(両端面)
バランス調整	手動	必要なし

### 3.2 端面探傷機の探傷結果

端面探傷機を導入後の人工疵、自然疵の探傷例を図3に示す。疵とノイズを弁別するためにはS/N比が3以上を必要とするが、人工疵においてS/N比88、自然疵（密着した割れ疵）においてもS/N比が159と非常に良好な値を得ている。

## 4. 鋼管端部探傷装置 (A-STM) の開発

中径鋼管検査ラインでは、熱間圧延品を検査対象としている。冷間圧延品を探傷する小径鋼管検査ラインでは、端面探傷機（漏洩磁束探傷方式：交流磁化）が既に導入されており実用化されている。熱間圧延品は冷間圧延品に比べて表面性状の差などにより自動検出を行う上での条件が厳しく、これまで端面探傷機は実用化されていなかった。

中径鋼管検査ラインへの端面探傷機の導入を検討するにあたり、まず漏洩磁束探傷方式の検出能力を確認するために熱間圧延品の自然疵テストピースを小径検査ラインの端面探傷機で探傷した。しかし、製品肌起因のノイズが高く良好なS/N比を安定して得ることは出来なかった。小径検査ラインの端面探傷機は外面疵の検出能力に優れた交流磁化のため検査材表面状態の影響を受けやすいと考えられ、A-RAM同様の直流磁化による探傷検討も行なったが、漏洩磁束探傷方式では磁化装置の設置により機構部が複雑になり、導入費用も高くなるデメリットがあった。そのため中径鋼管検査ラインには、漏洩磁束探傷方式ではなく渦流探傷方式を選定することにした。

渦流探傷方式においても、製品に発生する疵に合った探傷条件を見出すために、人工疵のテストピースだけでなく、検査材の外径、疵深さ、疵形状、疵長さの異なる自然疵テストピースを多数用意し探傷機メーカーと探傷テストを繰

疵形状	人工疵	自然疵
疵外観		
探傷波形		
S/N比	88.0	159.0

図3. 端面探傷機の探傷例

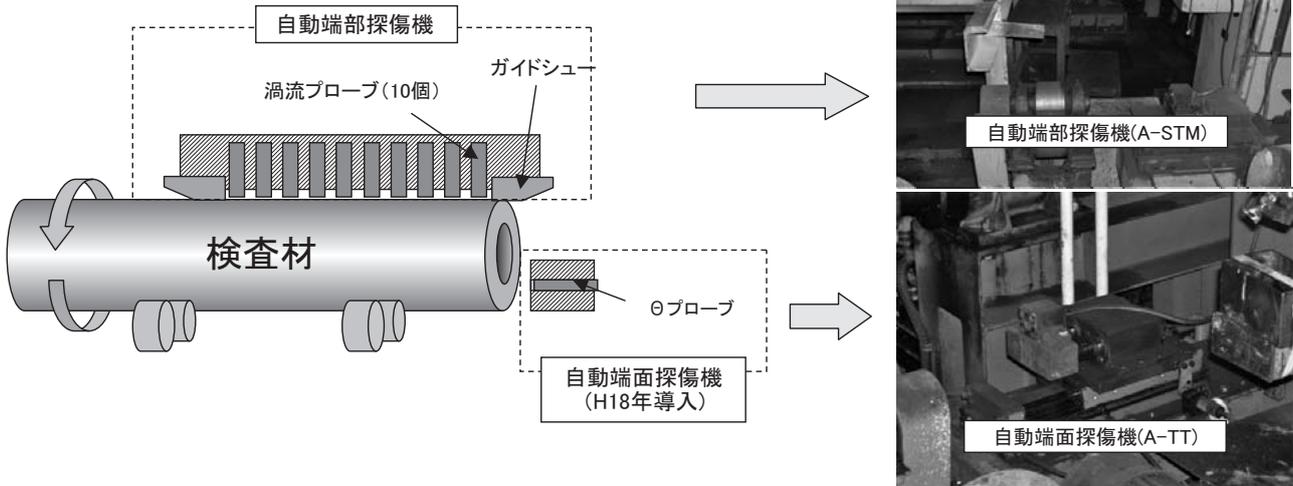


図4. 中径鋼管用端部端面探傷設備の構造

表2. 中径鋼管検査ライン端部探傷機の設備仕様

設備名称		中径鋼管検査ライン 端部探傷機 A-STM
仕様	探傷方法	渦流探傷法(プローブ式)
	プローブサイズ	5mm
	プローブ数	10個×2式(両端部)
	検査材	熱間圧延品、冷間圧延品
	検査材外径	45~150mm

返し共同開発を行った。その結果、探傷に最適なプローブ径(φ5mm)や、周波数などの探傷条件を導き出し、疵とノイズの弁別が可能な条件であるS/N比 $\geq 3$ を達成することができた。

その他、ラインスピードを落とさず全面探傷するための探傷機構、プローブ間隔および耐久性について検討を重ね、本装置の実用化が可能となった。

#### 4.1 設備の概要

導入した端部探傷設備の外構造と外観を図4に、設備仕様を表2に示す。探傷方式はプローブ式渦流探傷法であり、検出部にはφ5mmのプローブが10個設置されている。探傷時には昇降式の検出部が下降し、検査材が2回転以上回転することによりA-RAMの未探傷域全域を探傷する構造となっている。

探傷結果はチャート紙による保存に加え、探傷機本体に電子情報として保管できるようになり、記録面でも強化が図られている。

端部探傷装置は自動端面探傷機の架台部に設置していることから、端面探傷の探傷サイクル時間内で端部探傷を完了できる設計とした。端部端面の探傷を同時に行うため、端部探傷機導入(探傷設備増)による生産性の低下はない。

#### 4.2 探傷性能の検証テスト結果

端部自動探傷機導入後の人工疵探傷例を図5に示す。

人工疵のテストピースには、熱間圧延品に放電加工角溝(大)、冷間圧延品に放電加工角溝(小)・・・(共に当社規定の深さの角溝)が加工されている。熱間圧延品と冷間圧延品の表面状態の差によりノイズも熱間圧延品の方が高くなっているが、疵信号が明瞭に検出されており、S/N比はそれぞれ3.4と5.0と良好な値となっている。

図6はA-RAMで検出した外面自然疵を端部探傷機で探傷した結果である。自然疵の疵形状は、ヘゲ疵であり、ミクロ写真から熱間圧延品のものは深さ0.20mm、冷間圧延品では深さ0.24mmとなっている。探傷結果のS/N比は熱間圧延品で3.3、冷間圧延品では7.3と自然疵においても良好な値を得られた。

以上の結果から、人工疵、自然疵の両方において熱間圧延品、冷間圧延品ともに導入時に目標としたS/N比は3以上の値を得ることができた。

工程	熱間圧延品	冷間圧延品
TP寸法(外径×肉厚)	43.4mm × 5.65mm	41.4mm × 3.15mm
人工疵(角溝)	放電加工角溝(大)	放電加工角溝(小)
探傷波形		
S/N比	3.4	5.0

図5. 人工疵探傷例

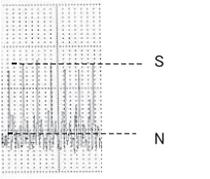
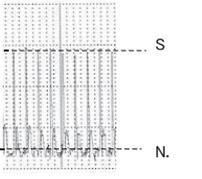
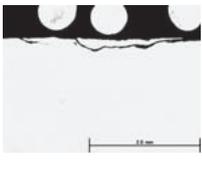
工程	熱間圧延品	冷間圧延品
TP寸法(外径×肉厚)	59.35mm × 6.75mm	47.60mm × 5.60mm
疵外観	 外面へげ疵	 外面へげ疵
探傷波形	 S N	 S N
S/N比	3.3	7.3
ミクロ写真 (×25)		
疵深さ	0.20mm	0.24mm

図6. 自然疵探傷例

## 5. まとめ

H18年1月に端面探傷機を、H22年1月にプローブ式渦流探傷方式の自動端部探傷機を中径鋼管検査ライン用に開発導入し、以下の事項を確認し安定操業を実現した。

- (1)端面探傷機では、 $\Theta$ プローブを導入することで、端面の状態によらず、 $S/N \geq 3$ が、確保出来、自動探傷が可能となった。
- (2)端部探傷機では、冷間圧延品に比べて、表面肌によるノイズの大きい熱間圧延品においても人工疵、自然疵ともに $S/N \geq 3$ を確保し外面疵を探傷可能であることを確認した。
- (3)端面探傷と同時に端部探傷を行うことで生産性を低下させることなく疵保証精度を向上させることが出来た。
- (4)探傷の自動化、記録の電子化により品質面での信頼性を向上することが出来た。

## 6. おわりに

今回、中径鋼管検査ラインに長年の懸案であった端部探傷機を開発導入することが出来、先に導入した端面探傷機とあわせ、弊社中径鋼管の品質保証向上に貢献している。

今後も優れた品質保証体制の構築とレベルアップに努め、お客様の信頼に答える継目無鋼管をお届けしていく所存である。