

# 大形検査工場検査ラインへの フェイズドアレイ超音波探傷機の導入

山本 和希\* 谷口 玲

## 1. はじめに

材料加工技術の進歩にともない、ユーザーニーズは多種多様化かつ高度化してきており、品質への要求も年々厳しくなっている。当社でも製造プロセスの技術改善および工程管理の強化による製品品質の向上、また検査機器の開発・実用化による検査精度の向上により、ユーザーに高信頼性鋼を安定的に供給できるように努めている。

その中で、風力発電用の大形軸受用といった大形棒鋼製品の品質保証強化のため、大形製品の検査ライン（以下、大形検査ライン）に、フェイズドアレイ全領域超音波探傷装置（以下PUST、図1参照）を新規導入し、2010年8月より稼動を開始した。

本報では、この大形検査ラインのPUST（以下、大形-PUST）の設備概要とその特長について紹介する。

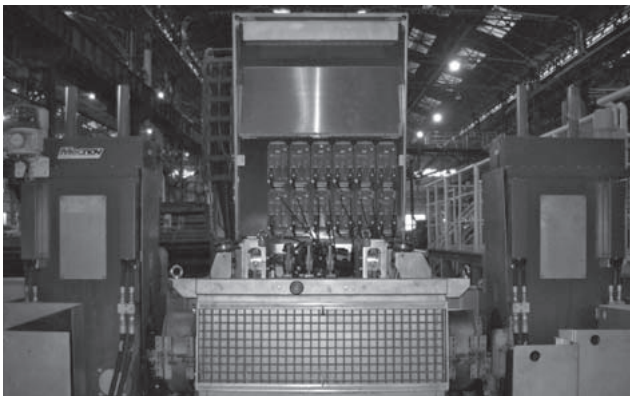


図1 大形-PUSTの外観

## 2. 大形検査ラインの概要

当社の大形検査工場内にある大形検査ラインは、外径約200mmまでの棒鋼材を連続して検査するラインである。

大形ラインでは、軸受鋼、合金鋼、ステンレス鋼、工具鋼といった多種の鋼材を検査しており、約10,000T/月の処理能力を持つ。

従来の大形検査ラインでは、手動の超音波探傷により鋼材の内質検査を実施していた。自動超音波探傷機は、中小サイズの子鋼製品を対象として既に導入されていたが、大形サイズの棒鋼製品においては、初めての適用となる。

## 3. PUSTの特長

全領域超音波探傷装置は、オンラインにて鋼材1本の全長、全断面を数秒間で探傷し、鋼材の中心、中間、表層部の各領域別に微小内部欠陥を検知する装置である<sup>1)</sup>。従来の超音波探傷装置は図2に示すように、プローブが各々垂直探傷用、斜角探傷用に分かれ、斜角探傷の屈折角も固定されていたため、プローブが鋼材の周りを高速で回転し、その中を鋼材が直進するプローブ回転型（RUST）が主流であった。

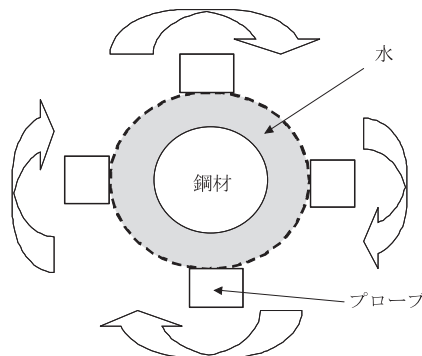


図2 RUST探傷設備概念

\* 製造部 精検課

これに対して、PUSTは従来のプローブ回転型と違い、鋼材を電子的にスキャンするためプローブ固定であり(図3)<sup>2)</sup>、次のような特長を有している。

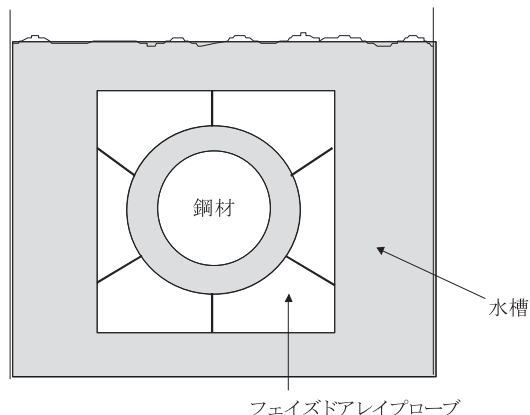


図3 PUST探傷設備概念

### 3.1 検査能力の向上

斜角探傷の屈折角および焦点距離においても、電子的に変更が可能で、屈折角別、焦点距離別にプローブを保有する必要がなく、サイズ替え時間が短縮される<sup>2)</sup>。

### 3.2 探傷精度の安定化(プローブの固定)

プローブ固定式で回転部がないため振動も少なく、また回転型のように鋼材の周りの水膜厚さにばらつきがでることもないため信号のノイズが低い。

また、フローティング機構(プローブを固定しているユニットがバネで保持されているため、鋼材の進入に合わせて上下左右に微動する機構)による鋼材への追従が良好であり、材料の曲がりに対する許容値が大きい。

さらに、機械的可動部の減少によりメンテナンス性や安全性の向上も図ることができる。

### 3.3 欠陥検出能力の向上

多数の振動子が集まり1つのプローブを構成しているため、振動子が振動順を時間的に制御することにより、1つのプローブで垂直および斜角の超音波を鋼材内部に入射させることができる。加えて超音波の収束距離や角度も変化させられるので、例えば開口部が狭い欠陥であってもスキャンの条件設定により探傷が可能となる。また、鋼材に入射させることができる角度が固定角度ではないので、方向性のあるさびに対して、検出能を向上させることができる。同様に収束距離も変化させられるため、鋼材内における欠陥深さが異なっても、より良い検出能を得ることができる。

### 3.4 高速探傷の実現

超音波をランダムに発信することで、PRF(繰り返し周波数)を上げて探傷することが可能となり、高速探傷が可能である。

## 4. 大形-PUSTの概要

今回導入した大形-PUSTは、中小形検査工場、第2棒線検査工場に導入されたPUSTに続く当社6番目のPUSTである。

大形-PUSTはフォーカルローと呼ばれる振動子を従来の16エレメント探傷から32エレメント探傷に変更した新型の電子計測装置を備えている。さらに、減衰補正(DAC)の適用により欠陥の深さ位置に関わらず、微小欠陥の検出に有利である。

## 5. 探傷性能

### 5.1 欠陥検出能力

当社の規定の径および長さの人工横穴欠陥(極小径SDH横穴)と規定の径の人工縦穴欠陥(大径FBH縦穴)が加工してある中径黒皮棒鋼、大径黒皮棒鋼、大径ピーリング棒鋼、極大径黒皮棒鋼のテストピース(図4参照)を探傷したときのS/N比の仕様値(仕様値を100%とする)、及び実績値を表1に、中径黒皮棒鋼のテストピースを探傷したときの探傷波形を図5に示す。表1から各部位で仕様値以上のS/N比が得られた。図5から人工陥が全て検出できていることがわかる。

また、大径ピーリング棒鋼の自然欠陥材を大形-PUSTで探傷したときの探傷波形を図6に示す。図6より、大形-PUSTのS/N比=8.3以上あることわかる。また、自然欠陥材の欠陥位置は、図6に示した大形-PUSTの探傷波形から図7のように推定出来る。ここでS/N比とは欠陥信号の波高値をベースノイズで割った値である。

表1 人工欠陥のS/N比

被検査材	検出能							
	斜角探傷(表皮下)		斜角探傷(表面)		垂直探傷(中心)		垂直探傷(中間)	
	仕様値	実績値	仕様値	実績値	仕様値	実績値	仕様値	実績値
中径黒皮棒鋼	100%	141%	100%	708%	100%	224%	100%	100%
大径黒皮棒鋼		100%		501%		355%		224%
大径ピーリング棒鋼		100%		200%		282%		178%
極太径黒皮棒鋼		100%		141%		126%		251%

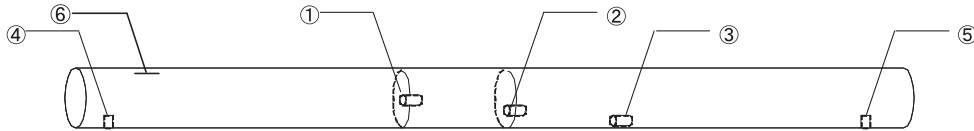


図4 人工欠陥TP

番号	欠陥位置	欠陥形状
①	中心	極小径SDH(横穴)
②	中間	極小径SDH(横穴)
③	表皮下	極小径SDH(横穴)
④	表面	大径FBH(縦穴)
⑤	表面	大径FBH(縦穴)
⑥	表面	スリット疵

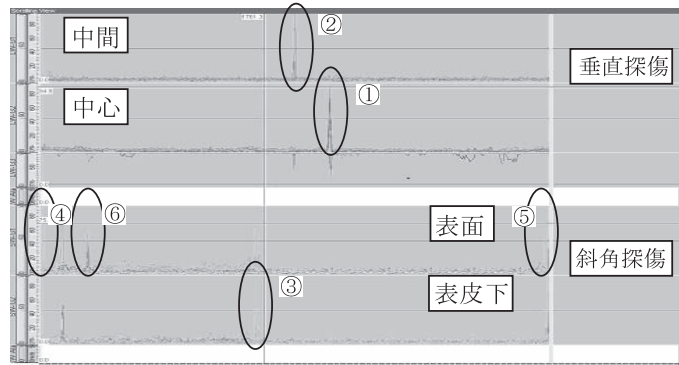


図5 人工欠陥の探傷波形

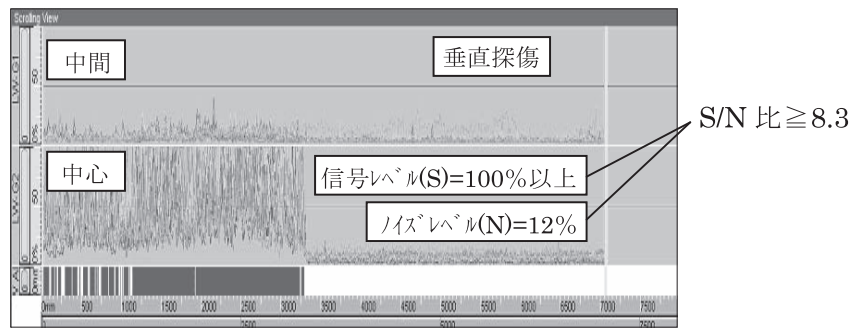


図6 自然欠陥の探傷波形比較

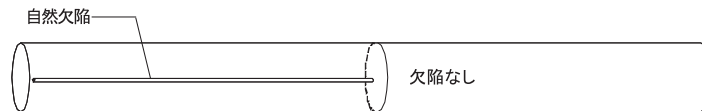


図7 自然欠陥材

## 5.2 再現性

中径黒皮棒鋼、大径黒皮棒鋼、大径ピーリング棒鋼、極太黒皮棒鋼の人工欠陥テストピース（欠陥位置は図4と同様）を各30回ずつ探傷し、欠陥の平均波高値と最小、最大波高値の差で再現性を確認した結果を図8に示す。図8より平均波高値と最大、最小波高値の差は小さく、再現性の良いことが確認できる。鋼材中心以外の部位の再現性も確認したところ、表2（波高値の差）のように鋼材中心欠陥の場合と同様に優れた再現性を持つことが確認できた。

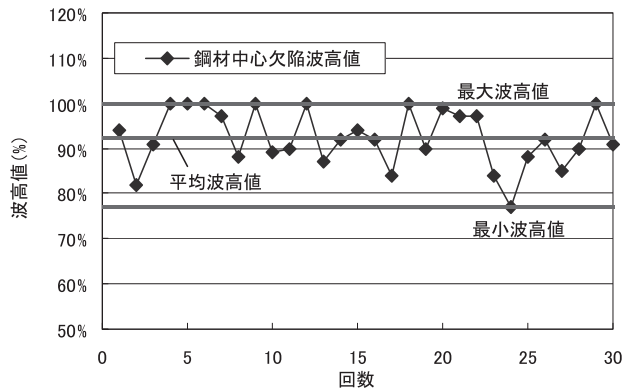


図8 欠陥波高値の再現性

表2 再現性の確認

	再現性(欠陥は波高値の最大値と最小値の差)			
	垂直探傷		斜角探傷	
	(鋼材中心)	(鋼材中間)	(鋼材表皮下)	(鋼材表面)
中径黒皮棒鋼	13.5%	24.5%	20.2%	20.2%
大径黒皮棒鋼	24.5%	25.9%	21.6%	23.0%
大径ピーリング棒鋼	24.5%	24.5%	24.5%	25.9%
極太径黒皮棒鋼	24.5%	13.5%	21.6%	24.5%

## 6. おわりに

今回大形検査ラインに大形-PUSTを導入したことにより、当社の約200mmまでの棒鋼製品が全領域自動超音波探傷装置による内部品質検査が可能となった。今後ますます多様化、高度化するニーズに対応できるよう、検査の務めを果たし、「高信頼製鋼の山陽」を支えるべく、取り組んでいきたい。

### 参考文献

- 1) 村瀬 彰：山陽特殊製鋼技報,11(2003),80
- 2) 宝田ほか：日本鉄鋼協会第112回講演大会, S1171 (1986年)