
厚鋼板超音波探傷検査の自動化

Automatization of Plate Ultrasonic Inspection

松居 進(Susumu Matsui) 永倉 義之(Yoshiyuki Nagakura) 細川 孝信(Takanobu Hosokawa) 片山 二郎(Niro Katayama)

要旨：

水島製鉄所厚鋼板に対する品質保証体制強化の一環として、厚鋼板自動超音波探傷検査の完全自動化を図るとともに、極厚鋼板用自動超音波探傷装置を開発した。板厚 60mm までを対象にした厚鋼板自動超音波探傷装置は、デジタル型探傷器と CPU プロセスにより、探傷条件設定から探傷、評価判定および結果の記録の超音波探傷検査のすべての自動化を図った。板厚 60mm をこえる極厚鋼板の自動超音波探傷装置は、探傷結果の自動記録と、ハンドリング性を考慮した可搬組立方式を重点に開発した。両装置により、極厚鋼板を含む全板厚にわたる超音波探傷検査の自動化が可能になり、稼動以来高い信頼性を発揮している。

Synopsis：

To reinforce the Works' heavy-plate quality assurance system, the existing automatic ultrasonic test(AUT) system has been recently retrofitted into a fully automated one, followed by the development of a new AUT system for ultra heavy plates, in the Mizushima Works of Kawasaki Steel. All the operations of the AUT system for plates whose thickness range is up to 60mm, such as the setting of testing conditions, testing operation, evaluation, and recording of test results, can be automatically carried out by the digitized devices and a process control computer system. The ultra heavy plate AUT system, which can test plates of over 60mm in thickness, has been developed with emphasis on the automatic recording of test results and the collapsible and portable mechanism that has provided an easier handling of the system. These AUT system have successfully automated the ultrasonic inspection of plates in all thickness ranges, including ultra heavy plates, with very high reliability since their commissioning.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

Automatization of Plate Ultrasonic Inspection



松居 進
Susumu Matsui
水島製鉄所 品質保証
部 部長



永倉 義之
Yoshiyuki Nagakura
水島製鉄所 品質保証
部検査課 主任部員(課
長補)



細川 孝信
Takanobu Hosokawa
水島製鉄所 品質保証
部検査課



片山 二郎
Nirō Katayama
水島製鉄所 電気計装
部電気計装技術室

1 緒 言

近年、極厚鋼板を含む厚鋼板の内部品質に対する要求は、使用用途の多様化および高度化により、ますます厳しくなっている。それにとともに内部品質評価の手段である超音波探傷検査の果たす役割も一段と重要になってきた。すなわち、構造物の破壊力学に基づく評価技術の進歩にとともに、その破壊の要因となるラミネーション等の内部欠陥の許容限界も定量化され、超音波探傷検査の精度に対する重要性が増大している。

厚鋼板の超音波探傷検査の手段としては、人力によるマニュアル探傷と自動探傷に分けられる。マニュアル探傷検査は、自動探傷装置が固定の場合、製造工程中の物流や寸法、重量条件によって自動探傷が適用できないときに多用されている。このマニュアル探傷検査を行うには、探傷従事者一人一人に、その知識、技能、経験に応じた資格を与え、検査精度の確保と第三者に対する信頼性を立証しているが、検査者のスキルに依存するところが大きい。そのため、検査のレベル維持に非常な力を要することや探傷作業そのものの非効率性からコストアップが避けられない。

要旨

水島製鉄所厚鋼板に対する品質保証体制強化の一環として、厚鋼板自動超音波探傷検査の完全自動化を図るとともに、極厚鋼板用自動超音波探傷装置を開発した。板厚 60 mm までを対象にした厚鋼板自動超音波探傷装置は、デジタル型探傷器と CPU プロセスにより、探傷条件設定から探傷、評価判定および結果の記録の超音波探傷検査のすべての自動化を図った。板厚 60 mm をこえる極厚鋼板の自動超音波探傷装置は、探傷結果の自動記録と、ハンドリング性を考慮した可搬組立方式を重点に開発した。

両装置により、極厚鋼板を含む全板厚にわたる超音波探傷検査の自動化が可能になり、稼働以来高い信頼性を発揮している。

Synopsis:

To reinforce the Works' heavy-plate quality assurance system, the existing automatic ultrasonic test (AUT) system has been recently retrofitted into a fully automated one, followed by the development of a new AUT system for ultra heavy plates, in the Mizushima Works of Kawasaki Steel.

All the operations of the AUT system for plates whose thickness range is up to 60 mm, such as the setting of testing conditions, testing operation, evaluation, and recording of test results, can be automatically carried out by the digitized devices and a process control computer system.

The ultra heavy plate AUT system, which can test plates of over 60 mm in thickness, has been developed with emphasis on the automatic recording of test results and the collapsible and portable mechanism that has provided an easier handling of the system.

These AUT systems have successfully automated the ultrasonic inspection of plates in all thickness ranges, including ultra heavy plates, with very high reliability since their commissioning.

一方、これら厚鋼板超音波探傷検査の自動化は、形状が単純であり、検査そのものが高度の技術を必要とするにもかかわらず、繰返し作業であることから、比較的実現しやすく、かなり以前から取り組まれている。たとえば、日本学術振興会製鋼部会では、昭和 40 年に自動超音波法研究会を設け、欠陥検出能や、ノイズの影響について調査し、昭和 41 年および 42 年に自動化の指針を示している。

品質保証の立場からは、マニュアル探傷検査の信頼性を立証するために、検査者の資格のみならず、検査時の装置健全性、走査箇所の再現性、探傷記録の信頼性等を合理的に立証する煩わしい手続きが必要である。たとえば、昭和 40 年代前半から本格化した、UOE 鋼管の製造に当っては、超音波探傷の信頼性を立証するために走査時の自動記録を要求され、マニュアル走査の探傷信号をペンレコーダ等で記録した。一方、圧力容器の分野でも、原子力発電設備用厚鋼板に代表されるように、検査に対する絶対的な信頼性保証が要求され、その一環として極厚鋼板を含めた超音波探傷検査の自動化が必

* 昭和62年10月28日原稿受付

Table 1 Typical examples of defect characteristics on the plate ultrasonic inspection

No.	Kind of defect	Plane view distribution	Longi. section	A-scope presentation	Characteristics
1	Distributed inclusions				Minute reflectors Gather in a certain plane
2	Plainer inclusions				Uncertain depth High flaw echo with reduced back echo
3	Unclosed porosities				Center portion at top end of casting position Low but complex profile
4	Hydrogen induced cracks (Ordinary thick.)				Thickness center except surrounding edges Low and sharp echos
5	Hydrogen induced cracks (Heavy thick.)				Low echo amplitude Center and top portion at casting position
6	Segregation band				Center portion Low echo amplitude Intermittent in a certain plane

要になってきた。品質管理の面からも、Table 1に示すような超音波探傷結果のパターン分類による欠陥の発生原因の推定や再発防止の観点から、より多くの探傷情報が必要になってきた。

超音波探傷装置の機能および性能面においても、昭和50年代前半までに導入されたアナログ型自動超音波探傷装置³⁾のコンピュータ容量や情報処理内容および速度ですべての探傷作業を自動化するには、機能が不足してきた。さらに探傷ピッチの縮小や適用板厚の拡大を図り、検査の信頼性と経済性を上げる必要が生じてきた。近年、ハード面では、マイクロコンピュータを内蔵したデジタル制御の超音波探傷装置が開発され⁴⁾、高速信号の授受と、電算技術の進歩による高度な自動制御が可能になった。またソフト面では、外来ノイズの排除や装置性能保持のみならず、探傷結果の評価、判定等がほとんど規格どおりに処理可能となった。しかし、厚鋼板自動超音波探傷装置の適用板厚範囲は、2分割型探触子を用いることから、探傷性能の面で限界があり、極厚鋼板を含めて処理することはできない。

このため、厚鋼板超音波探傷装置を適用できない板厚範囲については、新たな自動超音波探傷装置が必要になってきた。

本稿では、極厚鋼板を含む厚鋼板の超音波探傷検査の自動化の考え方および昭和60年6月より稼働した厚鋼板用自動超音波探傷装置と極厚鋼板用に開発した可搬式の半自動超音波探傷装置について述べる。

2 当所における自動化の考え方

厚鋼板は、形状が単純である反面、板厚範囲が4.5 mmから250 mm、あるいは300 mmの極厚鋼板まで広く、すべての板厚をカバーする超音波探傷の自動化は、最適周波数や探触子の適用方法等の

探傷技術の面から困難である。さらに製造工程面からも普通鋼板と極厚鋼板では物流が異なるために、自動化に当っては次の項目について最適化を図った。

2.1 自動化、半自動化の機能分担

超音波探傷検査を作業要素別に機能分類すると、(1)装置の校正および点検、(2)探傷条件の設定、(3)探傷走査、(4)記録、(5)評価および判定に分けられる。これらの作業要素のすべてを自動的に行うか、部分的に行うかは、必要とする生産性と初期投資を含めた経済性および探傷技術の開発度合によって決まる。

極厚鋼板を除く通常の鋼板は、UOE用鋼板を主体に超音波探傷検査の対象量が多いことと製造工程中の物流が早いことから、ほぼラインに同期した自動化が必要であり、そのために作業要素のすべてを自動化する。一方、極厚鋼板については、ハンドリングの制約等から物流がそれぞれ異なるケースが多く、探傷条件も異なるため画一的な自動化は経済的でない。したがって、自動化については、超音波探傷に最も要求される走査と記録の自動化に重点をおいた。

2.2 設置場所

厚鋼板用自動超音波探傷装置の設置場所は、オンライン方式をとるか、オフライン方式にするかで探傷時期および設置場所とも異なる。オンライン方式の場合、ハンドリング等の付帯設備が不要であること以外にも、ラインおよび装置が正常に流れている時は超音波探傷検査がラインに同期できるメリットは大きい。反面、被検材である厚鋼板が探傷に耐え得る温度まで冷却されていなければならない。さらに装置トラブル時は、前後工程を阻害する等のデメリットがある。当所の場合、既存の自動超音波探傷設備がオフラインの形式をとっており、上述のメリット、デメリットと従来設備での実績から、既存設備の場所で装置のリプレースを行った。

極厚鋼板については、その単重が大きく容易にハンドリングできないことから、装置自体を被検物である極厚鋼板のある場所にもっていく可搬方式にするか、一定の固定場所に極厚鋼板をもってくるかの2者択一を求められる。後者は装置構成が単純化され、超音波探傷検査のみをとれば、作業自体が固定化されるメリットがあるが、20tを超える極厚鋼板のハンドリングは必ずしも容易でない。可搬式の超音波探傷装置の自動化は開発要素も多いが、現在自動超音波探傷検査を適用できない物流工程中のマニアル探傷検査のレベルアップにもつながることから可搬式を採用した。

2.3 装置仕様

2.3.1 厚鋼板自動超音波探傷装置

厚鋼板用自動超音波探傷装置は、ライン物流にほぼ同期できる処理能力を有する必要から、同時多チャンネル探傷となる。しかし、超音波探傷装置のコストはほぼチャンネル数に比例する。そこで装置仕様については次の点を考慮した。

- (1) 建設費、保守メンテナンス費のコストミニマム化
ピッチ探傷によるチャンネル数の削減、必要に応じたリピータ探傷で全面探傷も可能とする。
- (2) 探傷性能の向上
鋼板四角部については、溶接、加工等の2次加工が加わることから、検査精度を高める。さらに鋼板内部も含めて外来ノイズを可能な限り軽減させる。
- (3) 自動化率の向上
超音波探傷検査の作業要素のすべてを自動化する。さらに自動化された状態をモニターできる機能を持たせる。

(4) メンテナンスの確保

常時、適正な探傷条件を保持するために必要な探触子の水ギャップ量の調整や探触子の取替えが容易な機構とする。装置性能が劣化し、管理レベルをはずれた場合には、オペレータに異常を知らせる等の異常診断機能を付加し自動化の信頼性を保持する。

2.3.2 極厚自動超音波探傷装置

極厚鋼板自動超音波探傷装置は、可搬、組立方式の半自動化とし、次の項目を考慮した。

(1) 部分単重の軽減

組立、分解は人力で行うために、個々のブロックを集約し、かつその単重は人手によって処理できるものとする。そのための最適チャンネル数を設定する。

(2) 走査の簡素化

全面走査を主体にするが必要に応じ、ピッチ探傷も可能とする。

(3) 探傷記録の確保

探傷結果は欠陥位置の数値表示と、平面および断面上の図表表示により欠陥位置および分布を視覚的に表わす。記録には、最低限の探傷条件は付記する。

2.4 探傷処理能力

(1) 厚鋼板自動超音波探傷装置

UOE 鋼板等の超音波探傷検査の集中発生に対応できるように、探傷の前後を含めた総合サイクルタイムの短縮を図る。総合処理能力は、月間 10 000 枚以上を確保する。

(2) 極厚自動超音波探傷装置

極厚鋼板は発生枚数も少なくライン同期の必要がない。したがって現状のマニュアル探傷検査と同程度度の処理能力を確保する。

3 厚鋼板自動超音波探傷装置の機能と特徴

板厚 60 mm までの厚鋼板用自動超音波探傷装置の機能と性能の特徴について以下に示す。

3.1 レイアウト

Fig. 1 に自動超音波探傷検査ラインのレイアウトを示す。探傷指定鋼板は、オンラインテーブルのクレーン取込み位置で自動停止し、超音波探傷運転室から ITV を介したクレーン操作で探傷テーブルに搬入される。両テーブル間は仮置き場であり、UOE 鋼管用厚板鋼板等の探傷指定鋼板が集中発生する場合は、ここに仮置きする。探傷終了後の厚鋼板は、自動クレーンによりオンラインテーブル

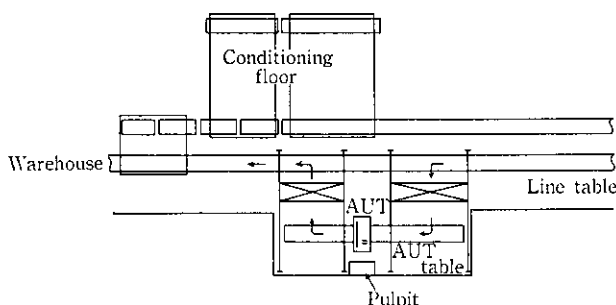


Fig. 1 Layout of plate-AUT

ルに戻される。探傷テーブルからの払い出し時は、ライントラブル等の異常時を除き両テーブル間には仮置きしない。

3.2 装置の概要

Fig. 2 に装置の機構部、Table 2 に装置の基本仕様を示す。また Fig. 3 に本装置のシステム構成を示す。

全体システムは、(1) 探傷条件設定およびデータ処理を行う MELCOM-M50 (容量 50 MB) 計算機システム、(2) 実際の探傷および校正点検動作を行いデータ出力する探傷盤、(3) 機構部および探傷テーブルのシーケンス制御を行う制御盤で構成されている。

装置用プロセスコンピュータは、ラインコンピュータとつながっており、被検材情報および探傷条件が指示され、全自動探傷と結果のフィードバックが行われる。

本装置は、厚鋼板 1 枚を約 120 秒で探傷を行い、月間処理能力は約 14 000 枚である。

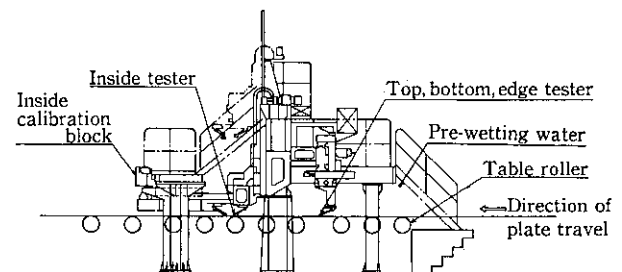


Fig. 2 AUT alignment of mechanical components

Table 2 General specification of automatic ultrasonic tester (AUT) for steel plates

Item	Specification
Material	
Thickness	6.0~60.0 mm
Width	900~5 400 mm
Length	2 900~25 000 mm
Method	Water gap type double crystal probe pulse echo technique
Scanning pattern	
Pattern I	Periphery+horizontal line of 75 mm pitch
Pattern II	Periphery+100% coverage
Scanning speed	
Inside, side edge	60 m/min
Top/Bottom	40 m/min
Probe	
Inside	5Z6 × 25ND
Periphery	5Z6 × 25ND+5Z6 × 10ND
Number of channel	
Inside	70 ch
Top/Bottom	10 ch
Edge	8 ch × 2
Calibration	Fully automatic control for gain, flow gate, DAC, self-check
Record	- Line printer - C-scope display on CRT - C-scope color hard copy
Others	- Gate monitoring on bottom echo - Automatic gain control

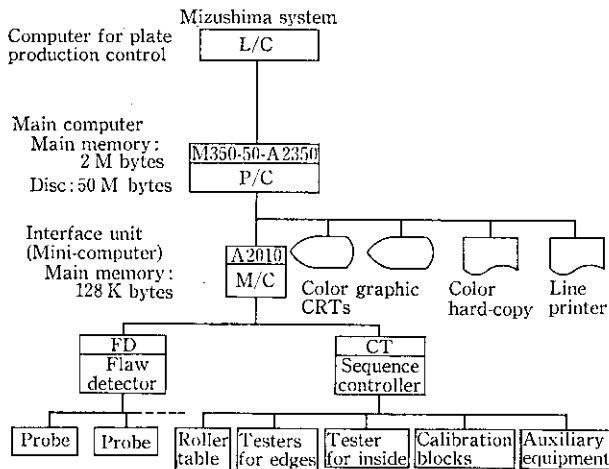


Fig. 3 Computer system

3.3 装置の特徴

3.3.1 探傷モード

本装置の探傷モードは、次に示すように3つの探傷モードがある。圧延方向走査のピッチ探傷を基本とし、要求に応じ自動的にリピートモードを採用することにより全面探傷も可能である。

- 探傷モード1: 内部L方向75 mm ピッチ
+ 四周 100 mm 幅全面探傷
- 探傷モード2: 内部3回リピート (全面)
+ 四周 100 mm 幅全面探傷
- 探傷モード3: 内部4回リピート (オーバーラップ全面)
+ 四周 100 mm 幅全面探傷

ピッチ探傷にした理由は、規格要求上ピッチ探傷が多いこと、全面探傷の場合建設費が高くつくこと、探触子数が少ないほどメンテナンスが容易なこと等である。圧延方向走査にした理由は、S/N比の向上により規格要求どおり直交方向探傷感度と同等の検出能を得るための感度増加が可能になること、探傷サイクルタイムの短縮等である。

Fig. 4に基本探傷モードの走査パターンを示す。ここで四周100 mmとは、厚鋼板のトップ、ボトムおよびサイドの各々エッジ端部100 mm幅全面を探傷するものである。

探傷モード1は内部1回探傷、探傷モード2は1回探傷ごとに探触子を幅方向25 mm移動し3回で全面探傷を行い、探傷モード3では探触子を幅方向19 mm移動し4回で全面探傷を行う方式である。

探傷モード2と3の厚鋼板を往復させて探傷する方式において、正転探傷と逆転探傷の停止位置ずれ防止対策として、本装置ではFig. 5に示すように内部探傷ヘッドの1つに前進および後進用の鋼板検出器を設置し、この検出器により鋼板トップ端またはボトム端を検出し、鋼板を停止させる制御方式を取った。この方式により停止位置ずれが防止でき、厚鋼板の往復による全面探傷とそのデータ処理が可能となった。

3.3.2 自動校正、点検

自動校正機能の概要をTable 3に示す。また対比試験片と探触子の動作をFig. 6に示す。

この校正点検で特徴的な機能は、全探触子の有能ビーム幅測定が行えることである。Fig. 7に示すように、Fig. 6の板厚10 mm部に深さ7 mm、幅5 mmのスリット欠陥を作成している校正試験片

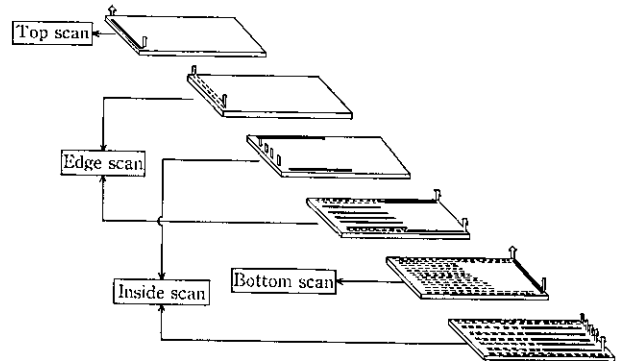


Fig. 4 AUT scanning mode

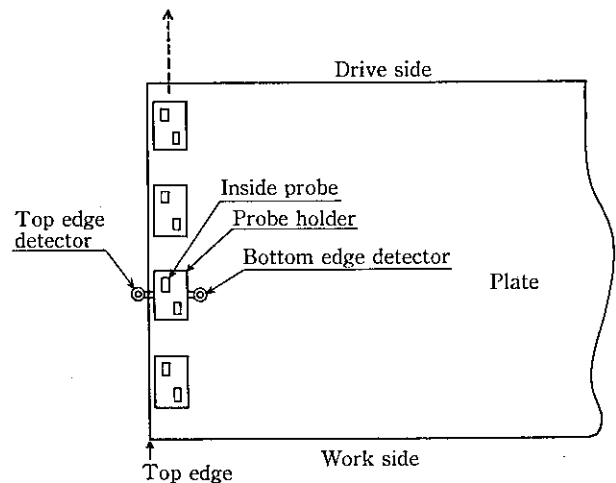


Fig. 5 Relation of plate and edge detector position

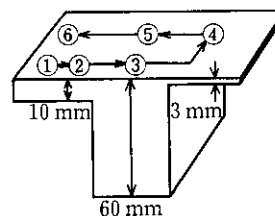
Table 3 Function of calibration check and self-control

Calibration	Check	Self-control
1. Gain	1. DAC	1. Self-check
2. DAC	2. F/B	2. UST I/F check of signal
3. Gate	3. Amplitude linearity	
	4. Time base linearity	
	5. Mock UT	

DAC: Distance Amplitude Compensation

F/B: Flaw echo/Bottom echo

I/F: Interface



- Calibration:
- 1.....Gain
 - 2.....Time-base linearity
 - 3.....DAC
 - 4, 5, 6.....DAC check

Fig. 6 Calibration method and calibration block

上を探触子が幅方向に走査することにより、アナログチャートFig. 8が描かれ、探触子の幅方向に-3 dBダウンまたは-6 dBダウンの有効ビーム幅が自動測定できる。またこの点検機能では、スリット欠陥からの欠陥エコー (F₁エコー) と試験片健全部底面エコー

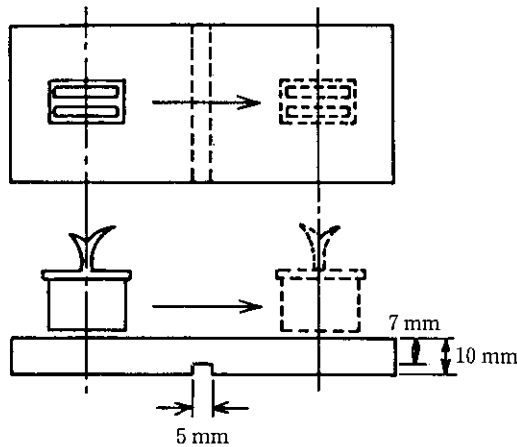


Fig. 7 Measurement of the effective beam width of the probe

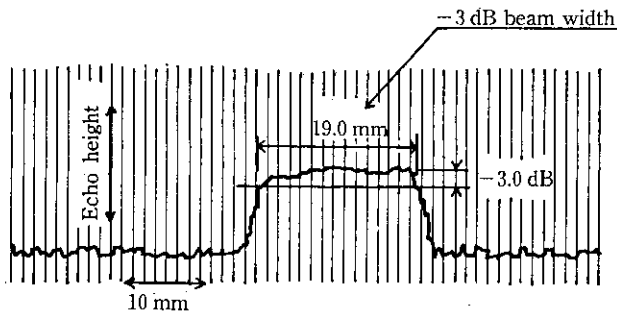


Fig. 8 Analogue chart of effective beam

— (B_1 エコー) 高さが測定でき、この F_1 と B_1 の比率により、探触子のセッティング状況（傾き）が判断できる。

以上の点検は、定期的に行われ、探触子の性能劣化状況が分り、探傷装置の精度保時および保守メンテナンスに重要な役割をはたしている。

3.3.3 疑似欠陥対策

自動超音波探傷の精度において、とくに問題となるのは、ノイズによる疑似欠陥である。この原因は、探触子の劣化によるノイズ発生、厚鋼板表面の疵、刃返り、グラインダー跡およびはこりが考えられ、おもに厚鋼板表面に起因するものが大半を占めている。

本装置は、厚鋼板表面に起因する疑似欠陥対策として以下の対策を実施している。

(1) ダミーヘッドによる鋼板表面の突起物除去⁵⁾

鋼板表面に起因する疑似欠陥発生現象の一例を Fig. 9 に示す。表面が正常な場合、探触子と鋼板表面の水ギャップ距離は、0.3~0.5 mm 程度で、鋼板表面から反射した表面エコー (S_1) 高さは、数%であり、しきい値以下である。しかし鋼板表面に疵、刃返り等の突起物が存在する場合、この水ギャップ距離が大きくなり、表面エコーも増大し疑似欠陥となる。この対策として本装置では、Fig. 10 に示すダミーヘッドを、鋼板表面の突起物が発生しやすい両エッジに設置した。

当ヘッドは、自動超音波探傷装置の前段に設置しており、ヘッドの底面形状は幅方向にスリットを作成したものである。

鋼板が装置へ搬入される前に、ヘッドが鋼板トップ端に着板する。そして鋼板が搬送されることにより、ヘッドと鋼板表面の突起物が衝突し、機械的に突起物を除去する方式である。

(2) グラインダーの手入れ跡方向変更

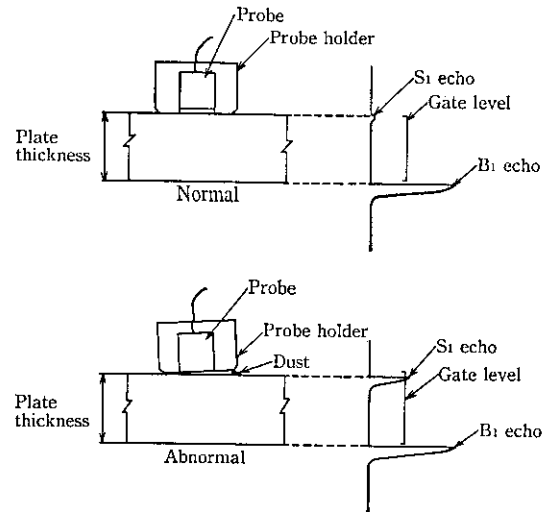


Fig. 9 Schematic figure of surface echo increasing mechanism

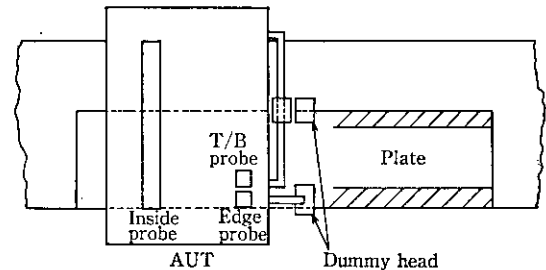
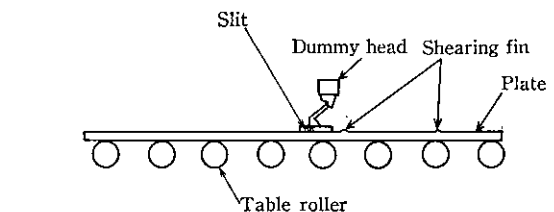


Fig. 10 Dummy head positions on the plate



鋼板表面のグラインダーの方向が、探触子幅方向と平行の場合、グラインダー跡の凹部からの反射が多く疑似欠陥となりやすい。このため、グラインダー方向を探触子に直角にすることにより、グラインダー跡の凹部からの反射が少なくなることから、グラインダー方向を変更している。

(3) 二重予湿水およびワイパーによる鋼板表面の清浄化

鋼板表面にはこり等がある場合、(1) 項で述べた現象と同様な原因で、疑似欠陥が発生しやすい。このため、鋼板が装置へ搬入される前段で、鋼板表面を二重予湿水およびワイパーで清浄化している。

以上 (1)~(3) 項の対策により疑似欠陥は半減したが、さらに精度より自動超音波探傷を行うため、今後ハードおよびソフトの両面から欠陥信号とノイズ信号の識別等によるレベルアップが必要である。

3.4 探傷記録

Fig. 11 に本装置の欠陥検出能検証の一例を示す。これは板厚 40 mm の厚鋼板に作成した人工欠陥 5.6 mmφ、4.0 mmφ、2.8 mmφ

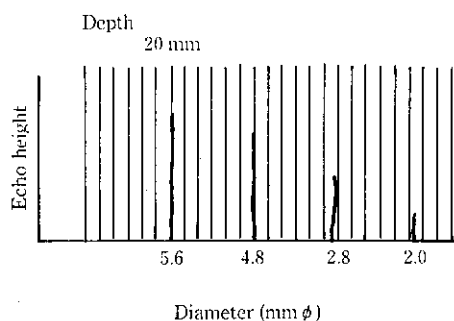


Fig. 11 Analogue chart of artificial defect (flat bottom drill hole)

および 2.0 mmφ の平底ドリル穴を探傷したアナログチャートである。この結果最小の 2.0 mmφ の人工欠陥も検出している。自然欠陥に対しては形状により反射率が低下する場合もあり、人工欠陥より面積 2 倍の欠陥サイズを検出限界とすると、2.8 mmφ は十分検出可能である。また **Fig. 12** は、15.9 mm t ×5 000 mm W ×4 380 mm L UOE 鋼管用厚鋼板にダイナミックキャリブレーション用で作成したスリット欠陥を 1 パスモードで探傷したログングである。**Fig. 13** はその C スコープ結果を示す。これらの結果よりすべての探触子がしきい値、M レベルで人工欠陥を検出しており装置の健全性を立証している。

Photo 1 にサイドおよびインサイドの探傷状況写真を示す。

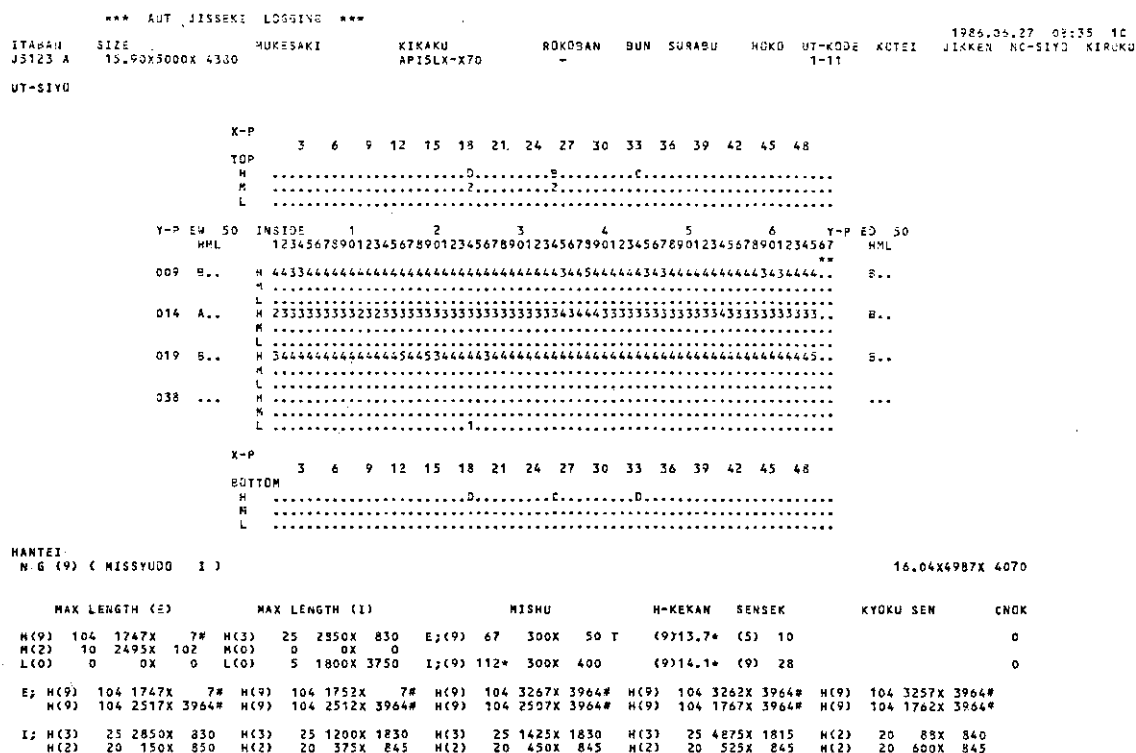


Fig. 12 An example of printed out data sheet of test result by line printer

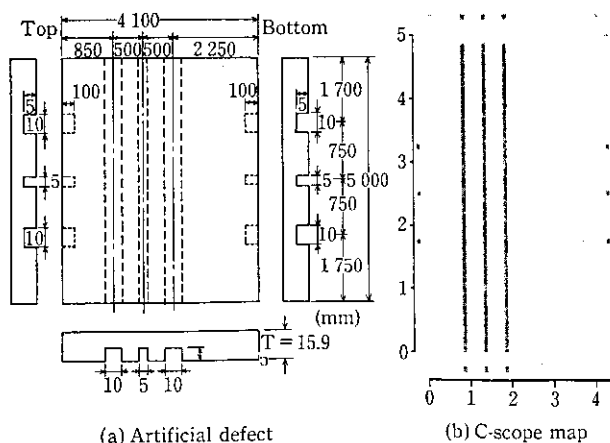


Fig. 13 Schematic figure of artificial defect and c-scope map

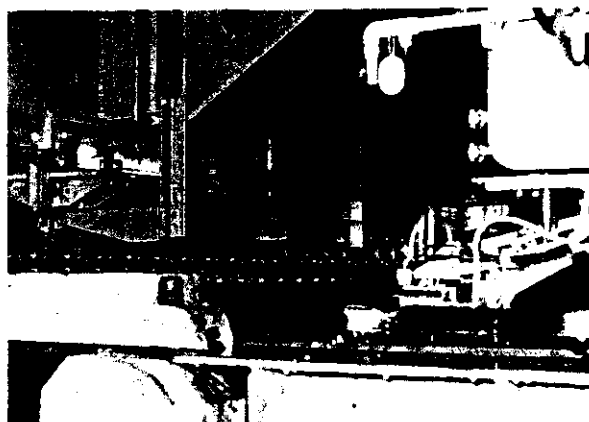


Photo 1 Side view of probe alignment

4 極厚鋼板自動超音波探傷装置の機能と特徴

板厚 60 mm を超える極厚鋼板用の自動超音波探傷装置⁶⁾の機能と特徴について以下に示す。

4.1 装置の概要

Fig. 14 に装置構成図, Photo 2 に探傷状況写真を示す。

装置構成は, 次の 3 つの部分から構成される。

- (1) 4 チャンネルの探触子の自動走査を行う走査機構部
- (2) 探傷器, CPU およびプリンターを有し, 走査制御と探傷データ処理および検査結果の印字を行う制御部
- (3) 探傷に要する探傷水を供給する水タンクと機構部走査に必要な走査レールを格納する台車

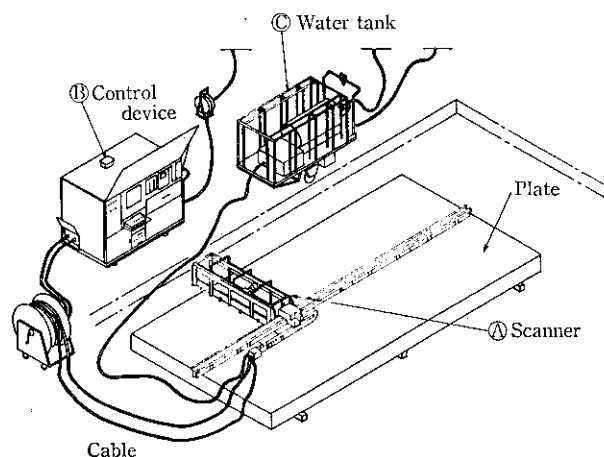


Fig. 14 Scope of the heavy thickness plate testing component

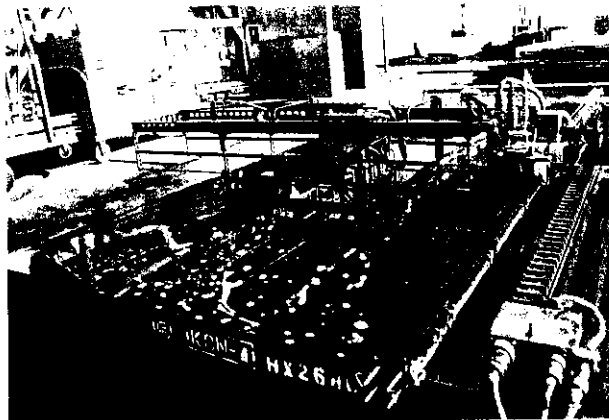


Photo 2 View of heavy thickness plate-AUT scanner device

Table 4 に装置の概略仕様を示す。また Fig. 15 に装置のシステム構成を示す。

探傷を行う場合, 探傷に必要な極厚鋼板の近傍へ上記 (1)~(3) の各部分を移動させる。次に極厚鋼板上に走査レールを施設し, 走査機構部を設置する。その後, 探傷条件等を CPU から指定することにより自動超音波探傷を行うことができる。

本探傷装置による探傷所要時間比率を Fig. 16 に示す。探傷時間以外の短縮は今後の課題であるが, 現状の探傷必要量には十分対処できている。

Table 4 General specification of heavy thickness plate AUT

Item	Specification
Material	
Thickness	160~300 mm
Width	1 000~5 000 mm
Length	1 000~15 000 mm
Method	Immersion type normal probe pulse echo technique
Scanning pattern	Periphery inside, 100% coverage (25 mm pitch scanning)
Scanning speed	30 mm/s~300 mm/s
Probe	2.25Z28~30I×4 ch
Recording	- Line-printer - C-scope record on CRT
Others	- Gate monitoring on B echo - Automatic gain control - Portable scanner

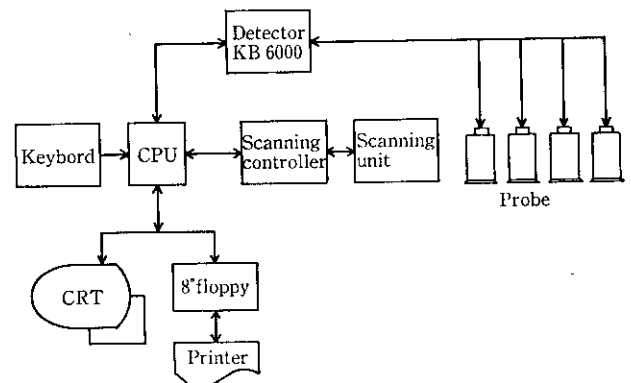


Fig. 15 Block diagram of AUT system

Plate size (150×3 595×5 010 mm)		Scanning speed: 300 mm/s			
Item	(min.)	10	20	30	40
Calibration					
Mechanical preset					
Gain check					
Scanning (100%)					
Data forward					
Print and CRT display					
Flaw list print					
C-scope print					
Transfer of mechanism					
Settled					

Fig. 16 Example of inspection time analysis

4.2 装置の特徴

4.2.1 装置のポータブル化

本装置は, 探傷が必要な場所に装置を移動するポータブルタイプとするため, ハンドリング性を考慮した以下の方式をとっている。

- (1) 装置全体と走査機構, 制御機構部および水台車部に分割した。
- (2) 走査機構部は, 走査レール, 探触子部および走査部に分割し, 極厚鋼板上で組立てる方式とした。
- (3) 走査機構部の各ブロックは, アルミニウム主体として, 25 kg 以下に軽量化を図った。

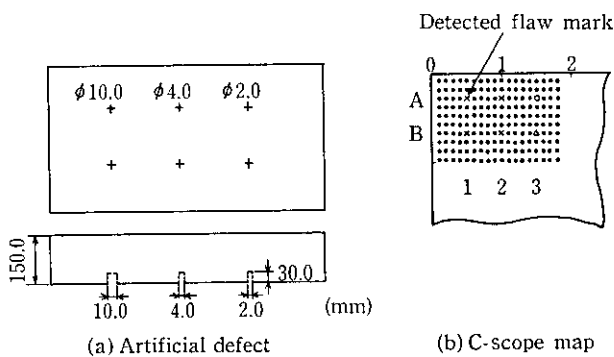


Fig. 17 Schematic figure of artificial defect and c-scope map

(4) 走査機構部の各ブロックは、水台車に格納し、台車は電動で移動する方式とした。

4.2.2 探傷モード

探傷モードは、25 mm ピッチ全面探傷（探傷探触子径の10% オーバーラップ全面探傷）を主体とし、ピッチ探傷もできる方式とした。探傷を行う場合、可搬式機構部の制約上1回の走査範囲を限定し、分割方式で鋼板1枚を探傷する方式をとっている。1回の走査範囲は、幅 max 1.7 m × 長さ max 4 m である。

4.2.3 探傷データ処理および記録

探傷データは、探傷の分割面ごとにCPUのフロッピーに追加収納される。探傷データ処理方式としては、探傷部からの探傷信号と走査部の位置信号により、2 mm 区間ごとに欠陥レベルを判断し、ついで100 mm 区間で集約し、最終的にはこれらの分割面ごとの探傷データを合成し、極厚鋼板1枚の探傷結果を出力する。

記録方法は、リアルタイムのカラーディスプレイ表示と最終の探傷結果のCスコープマップおよび欠陥エコー高さ、位置および欠陥深さのリストである。

Fig. 17に本装置の欠陥検出能検証の一例を示す。これは板厚150 mmの極厚鋼板に深さ30 mmの2.0 mmφ、4.0 mmφおよび10.0 mmφの平底ドリル穴を探傷したCスコープマップである。

この結果より、2.0 mmφまでの人工欠陥を検出していることが分る。またFig. 18には、分割探傷の合成した探傷結果を示す。

これらの結果より、検出能力、記録精度とともに、初期の計画どおりであることが立証された。

5 結 言

水島製鉄所厚鋼板の超音波探傷検査の自動化の考え方と現状につ

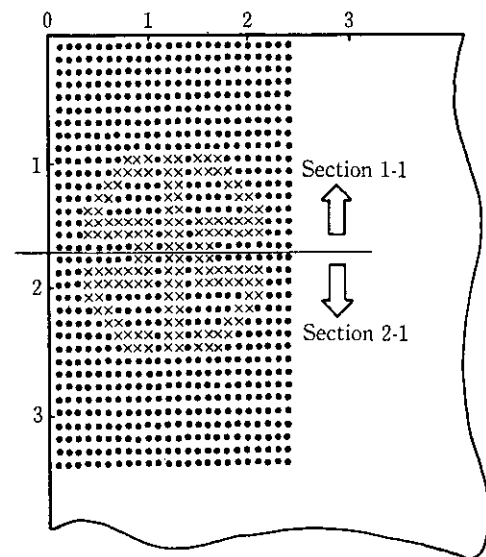


Fig. 18 Synthetic c-scope map

いて示した。極厚鋼板を含む厚鋼板の超音波探傷検査で、第三者に対する検査の信頼性を立証し、さらに経済性を考慮した自動化の確立を図った。この結果は以下のとおりである。

(1) 厚鋼板自動超音波探傷装置

- (a) ピッチ探傷をベースにリピータにより全面探傷化を図った。
- (b) 検出能は2 mmφの平底人工欠陥を検出できる性能を有する。
- (c) 探触子を含む装置全体の機能、性能の校正、点検の完全自動化を図った。
- (d) 探傷結果は一定の基準にしたがい自動的に評価および判定できるようにした。
- (e) ダミーヘッド等の疑似欠陥対策によりノイズの低減を図った。

これらの改善更新により、稼働以来、高い信頼性と経済性を発揮している。

(2) 極厚鋼板用自動超音波探傷装置

- (a) 走査と記録の自動化を図った。
- (b) 人力による分割、組立方式のポータブル化を図った。
- (c) 2 mmφまでの検出能を有する。

これらにより原子力用極厚鋼板等の超音波探傷検査に高い評価を得ている。

参 考 文 献

- 1) 日本学術振興会第19委員会超音波探傷協議会自動探傷法研究会報告
- 2) 例えば、永倉義之、宇野義雄、森田博之、松村昭良：川崎製鉄技報，8 (1976) 10, 388-394
- 3) 松山 宏：非破壊検査，29 (1980) 10, 731-735
- 4) 川崎製鉄(株)：特開昭 60-260850
- 5) 川崎製鉄(株)：出願番号 62-093393
- 6) 川崎製鉄(株)：特開昭 62-030952