U.D.C. 620. 179. 162. 087. 6:621. 771. 07-034. 1

超音波自動探傷による圧延機用鋳・鍛鋼ロールの 品質保証

Quality Assurance of Cast and Forged Steel Rolls for Rolling Mills by Automatic Ultrasonic Inspection

圧延技術の急速な進歩とともに,圧延用鋳・鍛鋼ロールの使用条件は一段と厳し くなり,製造時での材料欠陥検査の重要性が増大している。

これに対処するために、材料欠陥検査に適用されている超音波探傷を自動化した。 その結果、被検体の全面探傷及び微小欠陥の検出が極めて容易となるとともに、詳 細かつ客観的な探傷記録が得られるようになり、圧延用鋳・鍛鋼ロールの品質保証 精度を著しく向上させることができた。

| 浅野 晃* | Asano Akira |
|---------|-------------------|
| 桐原一雄* | Kirihara Kazuo |
| 大屋敷富幸* | Ôyashiki Tomiyuki |
| 佐々木荘二** | Sasaki Sôji |

71

1 緒 言

圧延技術の急速な進歩とともに, 圧延用鋳・鍛鋼ロール (以下, ロールと呼称)の使用条件は一段と厳しくなり, ロー ル製造時の品質保証, 特に材料欠陥検査の重要性が増大して いる¹⁾。

ロールの材料欠陥検査には,主として超音波探傷法が適用

用された例はほとんどない。日立製作所では、ロールの品質 保証精度の向上を目的として、昭和44年に最大重量15tまでの 冷間圧延用鍛鋼ロールを主な対象に中形ロール用自動探傷装 置を製作し、更に昭和47年に最大重量50tまでの鋳・鍛鋼補 強ロール及び鋳鋼分塊・形鋼ロールを対象に大形ロール用探

されているが、その方法は通常手で探触子を走査し、ブラウン管上に現われる探傷図形を肉眼で観察する手動探傷である。 しかし、手動探傷では、微小欠陥を見落とす可能性があること、客観的な探傷記録が得られないため判定に検査員の主観が入りやすいこと、ロールの全表面を探傷するのに長時間を要することなど、検査結果に対する信頼性及び検査能率の点で問題があり、これらの解決には探傷の自動化が有効である。

超音波探傷の自動化は圧延鋼板のような大量生産品や原子 力部品の溶接部の検査で採用されているが^{2)~5)}, ロールに適 傷装置を製作して,製品の検査に適用してきた。この自動化 により,材料欠陥に起因するロール事故は激減し,品質保証 精度は大いに向上した。また客観的な探傷記録を製造実績と 照合することにより製造技術の改善を確実に行なえるように なった。

以下に,自動化の状況及びその効果について概要を述べる。

2 装置の構成

中形ロール用装置の構成図を図1(a)に、大形ロール用装置



図 | 超音波自動探傷装置の構成図 (b)の大形ロール用装置には、記録方式を多様化するためXYレコー ダと同期装置が追加されている。

* 日立製作所勝田工場 ** 日立製作所日立研究所

470 日立評論 VOL. 60 No. 6(1978-6)

超音波自動探傷装置の仕様 中形ロール用装置と大形ロール用 表丨 装置の仕様を対比して示した。

| 項目 | 装 置 | 中形ロール用超音 波自動探傷装置 | 大形ロール用超音 波自動探傷装置 | | |
|---------|-----------|--|---|--|--|
| | 重量(t) | Max. 15 | Max. 50 | | |
| 対象ロ- | -ル 胴径(mm) | ø 300~ø 700 | ∮ 300~∮ I,800 | | |
| | 全長(mm) | Max. 6,000 | Max. 10,000 | | |
| 探触 | 予 駆 動 装 置 | 走行台車速度:無段変速 | 走行台車速度:無段変速 | | |
| р — J | レ回転装置 | 駆動ローラ周速:無段変速 | 駆動ローラ周速:無段変速 非駆動ローラ:自動送り可 | | |
| 超音波探傷器 | | UFD-101(株式会社帝通) 電子研究所 周波数:2.25, 3, 5(MHz) | UFD-58F(株式会社帝通) 電子研究所 周波数:1,2.25, 3,5(MHz) | | |
| 探触子 | 表層部探傷用 | 送受 2 分割形, 5 MHz | 送受 2 分割形, 2.25, 3, 5(MHz) | | |
| ר דע אנ | 内部探傷用 | 垂直探触子, 3 MHz | 垂直探触子, I, 2.25, 5(MHz) | | |
| ゲート装置 | | 2 チャネル | 2 チャネル | | |
| ペン書き | きオシログラフ | 6 チャネル | 6 チャネル | | |
| 同其 | 胡 装 置 | - | 2 チャネル | | |
| XY レコーダ | | - | 2チャネル,紙送り装置付 | | |





図2 中形ロール用超音波自動探傷装置 装置本体は、上から超音波 探傷器、ゲート装置及びペン書きオシログラフを示す。

の構成図を同図(b)に示す。また装置の仕様を表1に、装置の 外観を図2,3に示す。

2.1 ロール回転装置及び探触子駆動装置

ロール回転装置は、駆動ローラと非駆動ローラを同一フレー ム上に設置したもので、駆動ローラの回転速度は無段変速で きる。ロールの支点間隔は非駆動ローラを移動して調整する が、大形ロール用装置ではこれに自動送り機構を設けた。

(a) 回転装置と探触子駆動装置



(b) 探傷器部

図3 大形ロール用超音波自動探傷装置 (b)の探傷器部の上段は, XYレコーダ(左)とペン書きオシログラフ(右)を、中段は超音波探傷器(左)と ゲート装置(右)を、下段は定電圧装置(左)と同期装置(右)を示す。

2.3 探触子

探触子駆動装置は、探触子を保持するアームをもつ走行台 車をローラフレームと平行なレール上に設置したもので、ロー ルの周速に対応して選ばれた速度でロールの軸方向に走行 する。

2.2 超音波探傷器

72

超音波探傷器は,市販品を使用しているが十分目的を達し ている。

ロールの手動探傷では、その目的に応じて周波数1~5MHz の垂直探触子と、この探触子では送信パルス及び追込現象の ため欠陥検出が困難になる不感帯の探傷に,送受信分割形探 触子とが使用されている。手動探傷から自動探傷への移行の 際,予備実験で,中形ロール用装置でのロールの内部の探傷 並びに、大形ロール用装置でのロールの表層部及び内部の探 傷には,手動探傷の場合と同一形式の探触子を使用して探傷



注:S=表面散乱エコー,F=欠陥エコー

送受信2分割形探触子の概略構造 冷間圧延用作業ロールの表 义 4 層部欠陥探傷用に開発したもので,送波側を固体媒質,受波側を液体媒質で構 成し、SN比の向上を図った。

ずれも微小砂きずの検出には適していない。そこで、送波子 とロールとの間を固体媒質で,受波子とロールとの間を液体 媒質で構成した図4の2分割形探触子を製作しテストした結 果,表面散乱エコーが著しく減少して欠陥エコーとのSN比 (Signal-Noise Ratio)が向上し、ロール表層部の微小欠陥を 容易に検出できることを確認できた。

2.4 記録装置

中形ロール用装置の場合,検出される欠陥は,経験上,大 きさ、範囲ともに小規模なものが多く、欠陥エコーの高さ及 び底面エコーを記録すれば十分である。そこで、ペン書きオ シログラフを使用し、被検ロールの半径方向をゲート装置に より任意の範囲に分割し、 各ゲート内に発生する欠陥エコー の高さ及び底面エコーを記録することにした。

他方,大形ロール,特に鋳鋼ロールの場合には,比較的大 きな欠陥が現出することがあり、またロールの用途によって 許容欠陥も異なるため、検出される欠陥の形態を詳細に記録 できることが要求される。そこで、大形ロールの場合には、 まず、ゲート装置から欠陥エコーの高さとロール表面から欠 陥までの距離とを表示する信号及び底面エコーのように反復 現出するエコーのうち,任意の設定レベルを超えるものの回 数を表示する信号を取り出せるようにし、 これをペン書きオ シログラフに記録させるようにした。次に、XYレコーダを 採用し、そのXチャネルにゲート装置からの欠陥エコー高さ



図5 送受信2分割形探触子 実際の探傷では, 探触子はロールに下 側から押し付けてセットされる。

目的を達成できることが確認できたため、これに対しては手 動探傷と同一の市販探触子を使用した。しかし、中形ロール 用装置でのロールの表層部探傷では、探傷の対象となる冷間 圧延用作業ロールの表層部に現出する長さ0.5~1mm, 直径

の信号を与えて、ロール表面からみた欠陥分布の展開図を描 かせるようにした。この際, XYレコーダのY方向は同期装 置によりロールの回転に同期させ、レコーダの二つのペンの 各々がロールの半円周を表示するようにしてある。

探傷結果 3

3.1 中形ロール用装置

図6は前述のロール表層部探傷用2分割形探触子で、深さ の異なる4個の直径1mmのドリル縦穴と4個の直径0.5mmの ドリル横穴をもち、探傷面が曲面の試験片を探傷した場合の エコー強度を示したものである。いずれのドリル穴エコーも 表面散乱エコーから明瞭に区別できることが明らかである。 表2に、この2分割形探触子によりドリル縦穴を探傷して欠 陥大きさに対する検出可能深さを求めた結果を,通常使用さ れている表層部探傷用探触子による結果と対比させて示す。 この2分割形探触子により、表面下の浅い領域での小規模欠 陥の探傷が可能である。

図7は、同じ探触子で超音波透過度の良好な焼入れ後の

表2 欠陥大きさに対する検出可能深さ 試作した表層部探傷用2分 割形探触子は,通常使用されている表層部探傷用探触子に比べて表面下の浅い 領域での小規模欠陥の探傷が可能である。

73

| 0.1~0.3mm程度の微小な砂きずも十分検出する必要があるため、特に自家制作した送受信2分割形探触子を使用した 図4 | ドリル縦穴 | 試作2分割形 | 通常使用される表層探傷用探触子 | | |
|---|---------------|----------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|
| の, 特に自家設住した医文目2万部/01本協力を使用した。 にその概略構造を, 図5にその外観を示す。通常市販されて いる送受信2分割形探触子は, 振動子と被検体間の超音波ビー ム伝達径路を、アクリル樹脂などの固体媒質や水などの液体 | 先端の直径 (mm) | 探触子 (5 MHz) | 2 分割形探触 子* (5 MHz) | 2 分割形探触 子* (2.25MHz) | 水浸形斜角探 触子 (5 MHz) |
| 媒質で構成しているが,自動探傷の場合に,前者は探触子と | ¢ 0.5 | 表面直下から | 深さ2mm以上 | 検出できず | 検出できず |
| ロールの間で接触媒質が部分的に切れて空隙を生じやすく, 特にそれが受波子側で生ずると欠陥エコーの受信が妨げられ | ¢ 0.8 | 表面直下から | 深さ2mm以上 | 深さ5mm以上 | 深さ10mm以上 |
| るばかりでなく、空隙からの表面散乱エコーが受信されて欠 | ¢ 1.0 | 表面直下から | 深さ丨mm以上 | 深さ3mm以上 | 深さ 6 ㎜以上 |
| n エコーの 識別 か 困難 と な り , 他 万 後 石 は , 抹 融 子 を ロール に 密着させ 適正角度 で 超音波 を 入射させる ことが 難しく, い | 注:* 伝達媒質 | は,送波子側, | 受波子側ともに | アクリル樹脂 | |

472 日立評論 VOL. 60 No. 6(1978-6)



ロールを最適条件で探傷した場合に検出された欠陥について、 ロールを削り込んで確性試験を行なった結果を示すものであ る。顕微鏡写真に示したように、長さ0.5~0.7mmの微小きず が検出され、この探触子が所期の検出能をもつことが確認さ れた。

3.2 大形ロール用装置

図8に、ドリル穴をあけたテストロールを探傷した場合の ペン書きオシログラフ及びXYレコーダの記録を示す。テス トロールは、図9に示すように表層部欠陥のモデルとして直 径1mm×長さ20mmの平底ドリル縦穴をあけた試験片を表面 に埋め込み、更に比較的大きな内部欠陥のモデルとして直径 10mm×長さ100mmのドリル横穴を表面からの深さを変えて端 面にあけたものである。図8から、いずれのドリル穴も明瞭 に記録され、しかもドリル穴相互の位置関係も容易に識別さ れていることが分かる。

図10は鋳鋼形鋼ロールの胴部を,表面から100~300mm間に ゲートをかけて探傷した記録の一部である。探傷範囲は逆V ゴーストゾーンに対応しており,ガスホールなどの欠陥の発 生しやすい部位であるが,XYレコーダの記録から軸方向に 連続している欠陥が発生していることを明瞭に読み取ること ができ,展開図表示が欠陥の大きさや形状の確認に極めて有 効であることが分かる。

図 6 送受信 2 分割形探触子の試験結果 縦穴先端からのエコー強度も,表面散乱エコーから明瞭に識別できる。

4 自動化の効果

自動化の効果を次に述べるように要約できる。

(1) 被検ロールの全面探傷及び微小欠陥の検出が容易となり, 探傷精度が大幅に向上し, 品質保証が十分に行なえるようになった。

(2) 客観的な探傷記録が得られるため,探傷結果の信頼性が 向上した。また,この記録に基づいて製造工程の検討改善を 効率よく実施できるようになった。



注:* S=表面散乱エコー, F=欠陥エコー ** 波形写真で最も浅い欠陥エコーに対応する欠陥を,削り込みにより確認したもの

74

図7 送受信2分割形探触子によるロールの探傷結果 長さ0.5~0.7mmの微小砂きずを検出できる ことが確認された。

75

図8 大形ロール用装置でのテストロールの探傷結果 テストロール(図9)のどのドリル穴も,相 互の位置関係を含めて明瞭に記録されている。

図 9 大形 ロール用装置に使用したテストロール 表層欠陥及び内部欠陥のモデルとして、ドリル穴をあけた。表層欠陥は小形試験片にドリル穴をあけ、ロールに埋め込んで作った。

474 日立評論 VOL. 60 No. 6(1978-6)

図10 大形ロール用装置による鋳鋼ロールの探傷結果 表面からの深さ100~300mmにゲートをかけ て探傷したもので、欠陥がロールの軸方向に伸びていることが明瞭に分かる。

5 結 言

76

ロールに対して,最も重要な品質保証項目である材料欠陥 検査に適用されている超音波探傷を自動化した結果,冷間圧 延用作業ロールを主対象とする中形ロール用探傷装置では, ロール表層部の微小欠陥の検出が容易となり,また大形鋳・ 鍛鋼ロールを対象とする大形ロール用探傷装置では欠陥の大 きさ及び形状の判定が可能となり,探傷の精度及び信頼性を 著しく向上させることができた。 この探傷装置は,現在順調に稼動してロールの品質保証に 大きな役割を果たしている。ロールの健全性に対する要求は, ますます強まる傾向にあるが,今後更に検査方法の改善に努 め期待にこたえていきたい。

参考文献

- 1) 星,八重樫,清野:最近の冷間圧延機用ロール,日立評論, 56,995~999(昭49-10)
- Lutz Brand : Kontinuierliche Pr
 üfung von Warmband mit Ultraschall, Stahl u Eisen 85, 519~526(1965-5)
- 3) 宇野, 森田, 松村: 厚鋼板自動超音波探傷装置, 非破壞検査
- **25**, 750~754(1976-11)
- H.J.Meyer : Aspects of In-Service Inspections on Reactor Pressure Vessels in Germany, Material Evaluation 29, 171~181(1971-8)
- 5) 藤本, ほか3名:原子炉圧力容器の供用期間中検査と超音波 探傷技術,日立評論,56,719~724(昭49-8)