

チタン造管ライン溶接条件モニタリングシステムの開発

Development of a Weld Condition Monitoring System on Titanium Tube Welding Lines

(株)神戸製鋼所長府北工場

鈴木栄一*・藤井教嗣・堀川重雄

郷田治宣・吉岡勝美

加古川製鉄所

藤田陽一

1. 緒言

長府北工場では、加古川製鉄所で圧延されたチタンフープコイルを成形、溶接しチタン溶接管を製造している。チタン溶接管の主力製品は火力、原子力発電所用復水器細管であり、高い信頼性を要求される部材である。製品の信頼性を保証し、更なる品質、歩留りの向上を図るためには造管工程中で最終製品品質を保証する製造技術確立することが必要である。

今回、製品の信頼性、品質、および歩留り向上ため

- i) 溶接条件を監視、解析することが可能なモニタリングシステム
- ii) 造管ライン内の溶接ビード部渦流探傷装置（以下、インラインET）
- iii) 検出した不良部分のトラッキング、切断システム

を開発、設置したのでその内容を報告する。

2. 設備概要

2.1 全体レイアウト

チタン造管ラインのレイアウトと主な仕様をFig. 1に示す。

チタンフープは、入側で超音波洗浄、乾燥した後パイプに成形され、TIG溶接機で溶接され、溶接管となる。その後サイジングロールで外径寸法を調整され、曲り矯正ロールを経て出側テーブルに払出される。払出されたパイプは、テーブル上に設置した定尺切断用のリミットスイッチと矯正ロール出側の走間切断機により所定の長さに切断され、次工程に送られる。

Specifications of titanium tube welding line

- Diameter : 12.0~65.0mm
- Line speed : 0.5 ~ 5.0m/min
- Thickness : 0.3 ~ 2.0mm
- Supply coil : Weight max. 900kg
- Tube length : max. 25.0m
- Dia. max. 1,500mm

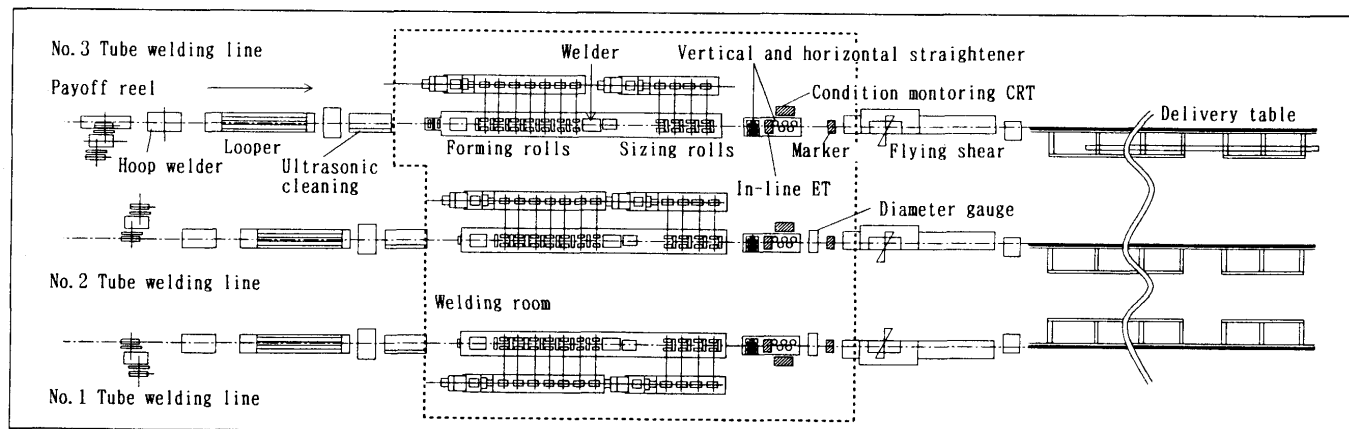


Fig. 1 Layout of tube welding lines

今回開発したインラインETは、曲り矯正ライン内に設置し、矯正ロール出側に疵発生部へのマーキング装置を設けた。

2.2 インラインETの概要

Fig. 2にインラインETの概要を示す。

本インラインETは、自己比較探傷方式で使用周波数30~60kHzである。また、検出精度については $\phi 0.3\text{mm}$ 以上の貫通孔欠陥の探傷が可能である。

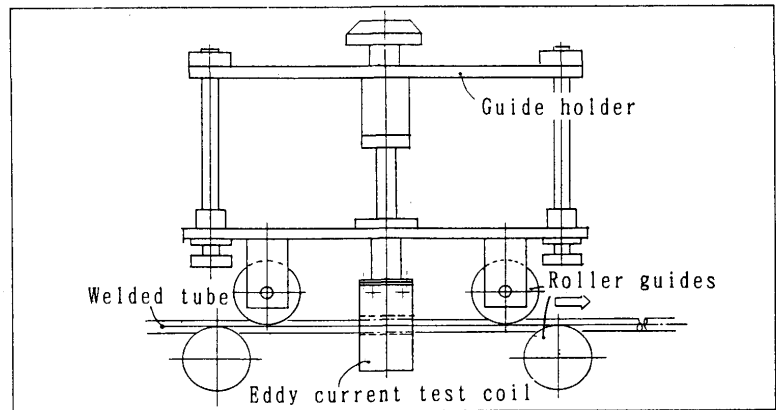


Fig. 2 Outline of in-line ET

3. 現状の問題点と造管ライン内での不良検出の必要性

造管ラインでは連続的に造管を行ない、所定の長さでパイプを切断し次工程に送っている。ところが造管途中で不良が発生し、製品検査時に不良が発見された場合、造管1本分がすべて不良となる。また不良部を次工程に送ることより次工程の負荷増や製品の信頼性へも影響を与える。

造管ライン内での不良検出が可能な場合、不良部で即時切断することにより不良部の後続のパイプを次の製品に使用でき、不良が半減できる。また次工程の負荷軽減と製品の信頼性向上へも寄与できる。さらに不良発生時の溶接・操業条件を把握し、解析を実施することより製造技術の向上を図ることが可能となる。Fig. 3にインラインET実施による効果の概念を示す。

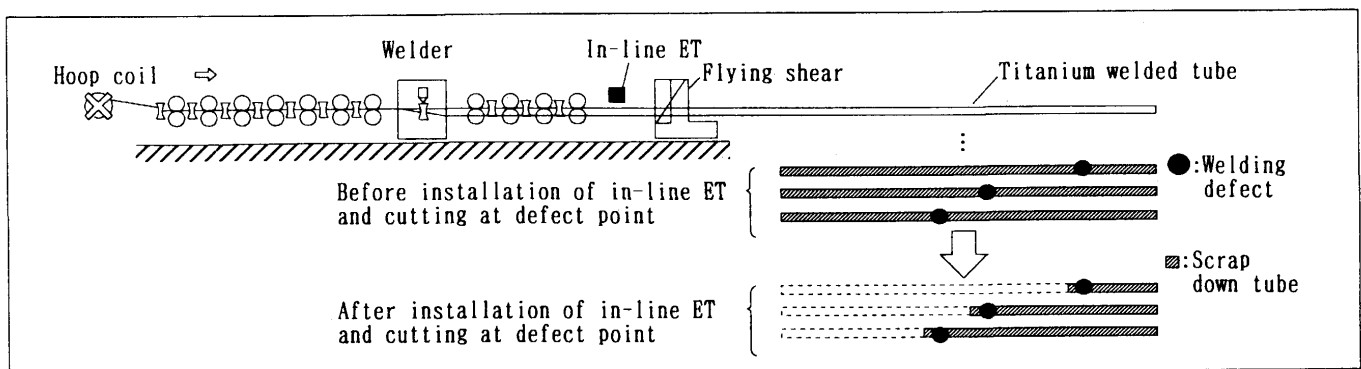


Fig. 3 Effect of in-line eddy current testing

4. モニタリングシステムの機能とシステム構成

4.1 モニタリングシステムの機能

i) 溶接・操業条件のモニタリング

溶接総合電流、ハイパルス電流、アーク電圧、造管速度、溶接管外径、探傷器信号を取込み、各条件を監視する。

ii) 溶接・操業条件のオペレータガイダンス表示

溶接総合電流、ハイパルス電流、アーク電圧、探傷器信号については、造管位置に対応したそれぞれの値をトレンド画面で表示し、溶接条件の変化と現品の対応が容易なようにしている。

iii) 渦流探傷器の疵信号による疵切断、マーキング処理

渦流探傷器のノイズレベル信号を2段階に区分を行ない、完全な不良部は即時切除し、信号レベルの低いものはマーキングのみを実施し、歩留り向上と次工程での検査負荷の低減を図っている。

IV) 各パイプ毎の溶接・操業条件の保存と集計、解析

製造されたパイプ1本毎に溶接・操業条件を保存し、随時端末からの情報検索、読出しを可能としている。また正常な溶接条件と不良発生時の溶接条件の差異解析を実施することも可能である。

4.2 システム構成

上述の機能を満足するためFig. 4に示す制御システムを構築した。

本システムは、探傷機の制御と信号処理を行う部分および情報管理、トラッキングを実施する部分によって構成されている。

本体の補助メモリーは600MBとし、4～5ヶ月分の実績データの保存を可能とした。チャートイメージで保存可能なデータ(総合電流、ハイパルス電流、アーク電圧、疵信号レベル)は3000本とした。

不良部切断の精度に影響する長さ演算誤差は、造管速度を測定するロール径を出側の切断実績長さで補正することにより $\pm 0.4\%$ 以内を実現できた。

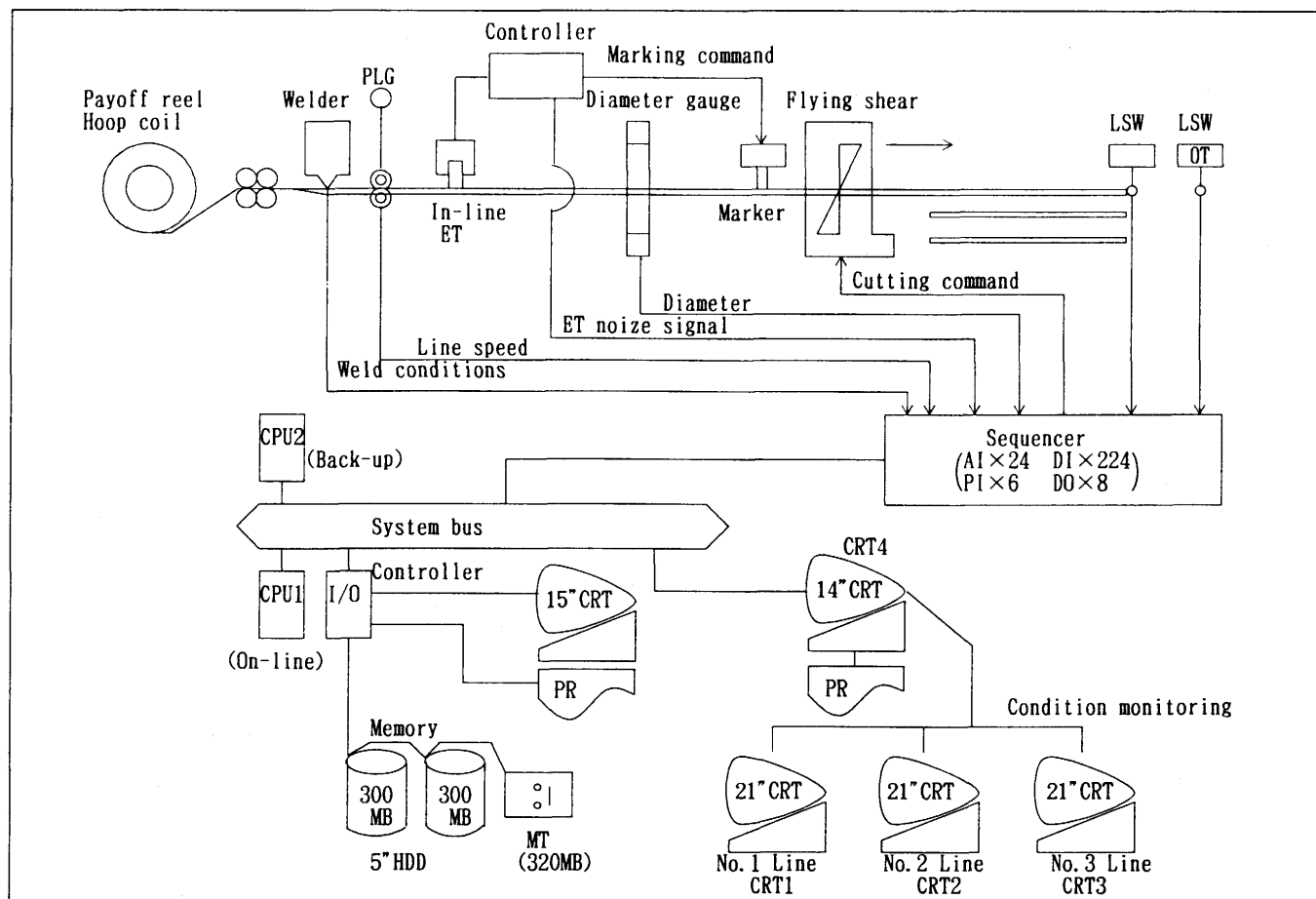


Fig. 4 Schematic diagram of a condition monitoring system

5. インラインETの適用結果と効果

5.1 インラインETによる探傷事例

Fig.5 にインラインETにより検出した溶接不良部のET出力電圧と外観を示す。

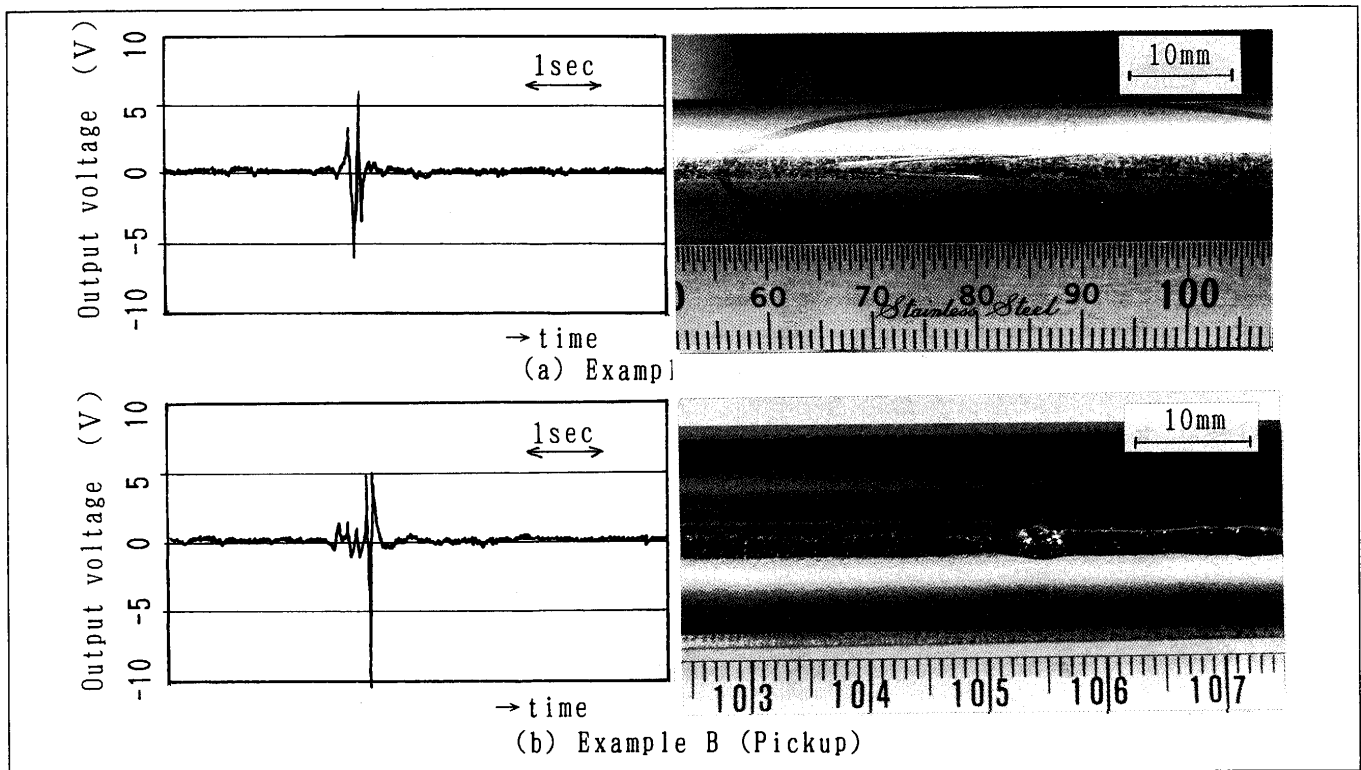


Fig.5 Example of defects in in-line ET

5.2 効果

Fig.6 に本システム適用前の不良重量を100%としたときの適用前後の不良重量の変化を示す。本システムの適用により溶接要因の不良が約45%低減し、チタン溶接管の歩留りが向上した。

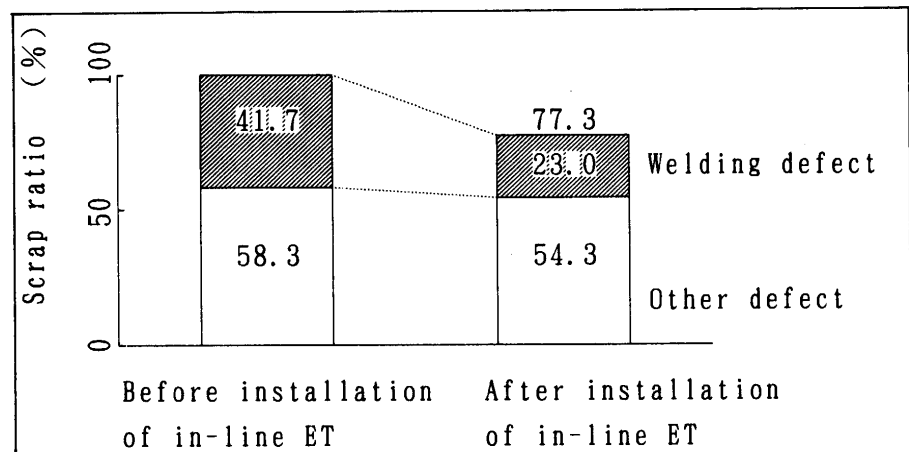


Fig.6 Effect of a condition monitoring system

6. 結 言

造管ラインにインラインで不良を検出する探傷装置、およびそれに基づく情報と溶接・作業条件を結合させるモニタリングシステムを開発、設置した。本システムの基本理念は、発生した不良をできるだけ早く検出し、不良部分を次工程に送らないこと、また不良の発生条件を直接捕らえ、解析を可能とすることである。

本システムは、'93年4月に工事を完了し、現在順調に稼働しており、すでに歩留りの向上とオペレータの負荷軽減に効果を発揮している。今後、不良発生時の溶接条件の解析を進め、さらに製造技術の向上を図っていく予定である。