

線材全長品質保証用渦流探傷装置の開発

Development of Eddy Current Testing Equipment for Wire Rod

新日本製鉄(株) 室蘭製鉄所 富田 一臣*・小崎 巧三・吉田 三男
及川 正弘・伴野 俊夫

1. 緒言

近年、弁はね用線材の表面疵に対する品質要求は益々厳しくなっている。そのため、表面疵検査・手入は高精度でかつ処理能力の高い方式が求められる。しかしながら、線材全長にわたる実用的かつ有効な表面疵検査方式、手入れ手段の確立は従来困難であった。当所ではこの問題を解決し、厳しい品質要求に応えるべく、渦流探傷機による表面疵の検査と検出、疵の手入れ自動化を目的とした「線材全長品質保証設備」を開発したので、渦流探傷機の機能を中心に、その概要について報告する。

2. 線材全長品質保証プロセスの概要

従来当社における表面疵厳格材に対する品質保証は、それぞれ別工程でコイルのリング1本ずつ目視、触感検査・ハンドグラインダー手入れにて対応してきた。しかし、この方法では、検査精度、処理能力、処理コストに問題があり、この問題を解決する抜本的技術開発が求められていた。更に、処理材の防錆処理は、別工程にてコイル毎油性防錆材に浸漬させる方式であったが、輸送中の油の滴り、ユーザでのハンドリング時作業環境が悪化するという問題があり、改善が求められていた。そこで新設備においては、

- ①表面疵検査、手入れの精度及び信頼性の向上による、目視検査-ハンド手入れ工程の見逃し、個人差の排除。
- ②コイル浸漬防錆処理による作業環境の改善
- ③処理コストの低減

を目的に、渦流探傷機、自動疵手入れ装置、インライン防錆処理の開発を行い、工程の連続化・自動化を達成し、高度な品質保証体制を確立した。Fig. 1及びTable 1に全長品質保証設備のレイアウトと主仕様を示す。

2つのダイス間に疵手入れ装置と共に設置された渦流探傷機により、表面疵の検査と疵手入れ装置の動作の制御が行われる。

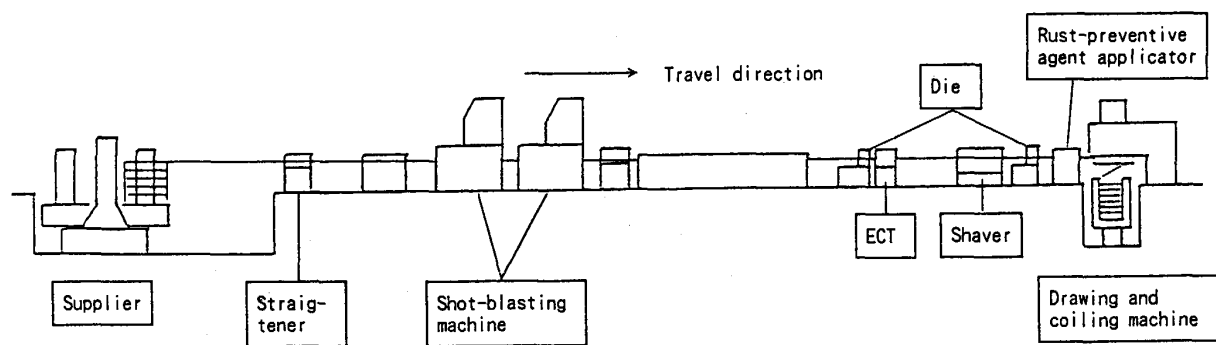


Fig. 1 Layout of Automatic Finishing Line (AFL)

3. 表面疵検査技術

渦流探傷機(ECT)に要求されるのは、「高速伸線に対応可能な、全長・全周高精度表面疵保証」であり、具体的には①0.05mm深さの疵検出、②130m/minの探傷速度、③自動疵手入れ装置の高精度高速制御機能及びラインの管理機能強化である。

Table 1 Main specifications of AFL

| Item | Specification |
|------------------------------|---------------|
| Rod size (mm) | 5.5φ~12.0φ |
| Coil weight (t) | 2.5 |
| Finishing speed (m/min) | 130 |
| Number of lines installed | 2 |
| Finishing capacity (t/month) | 2,000 |

平成 3年12月 5日受付 (Received Dec. 5, 1991)

* Kazuomi Tomita (Muroran Works, Nippon Steel Corp., 12 Nakamachi Muroran 050)

3-1. システム構成と主要諸元

Fig. 2 にECTのシステム構成を示す。ECTは検出部である回転探傷機、探傷信号の処理及び疵手入れ装置の制御を行う電子装置、探傷結果や集計等の管理を行うデータ処理装置及び測長PG、マーキング装置、操作盤等から構成される。

又、ECTシステムの主要諸元をTable 2 に示す。

Table 2 Specification

| Item | Specification |
|------------------------------------|--|
| Testing method | Eddy current testing |
| Testing size | 5.0φ~12.0φ |
| Testing speed | max. 160mpm |
| Detectability of surface defect | 0.05dx5.0L |
| Rotating speed | 8000rpm |
| Nuber of probe | 8 probes |
| Control function of shaving system | 1. Conditioning logitudinal & circumferential position of flaw 2. Conditioning length & depth of flaw |

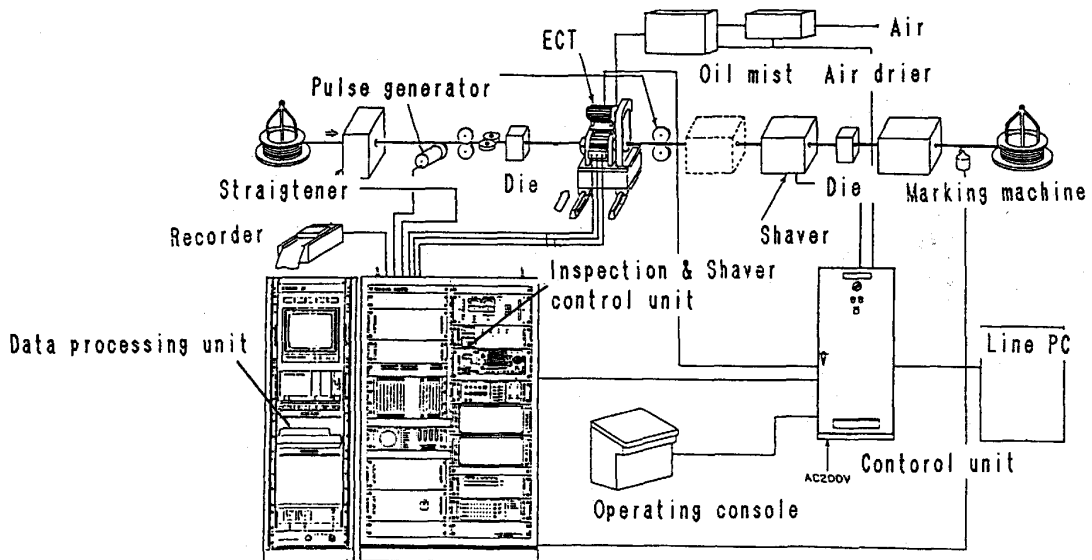


Fig.2 System configuration

3-2. 主要な技術開発

(1) 探傷性能の高度化

要求される探傷性能を満足するためにTable 3 に示す開発を行なった。

Table 3 Required performance and development items of an ECT

| Required performance | Relation | Development items | Purpose |
|---|----------|---|-------------------------|
| [Guaranteed level] Detection of 0.05mm deep defect at S/N \geq 3 | → | Reduction in size of detecting probe | Improvement of S/N |
| | | Insulated sleeve guide | |
| [Flaw detecting speed] Matching the maximum line speed of 130mpm | → | Increase in the number of channels(4→8ch) | Improvement of coverage |
| | | Increase in rotating speed(6000→8000rpm) | |

①検出プローブの小型化

Fig. 3 に示すように検出プローブを従来のサイズ(2φ)から小型化(1x2)することにより探傷エリアを約1/2 に絞り込みS/Nの向上を図った。その結果、疵検出の高精度化(0.07d→0.05d)を実現した。

②プローブ数増加と回転高速化

従来、プローブの機械的な干渉のために実現出来なかったプローブ数の増加(4ch→8ch)をプローブ幅を約1/4とすることにより実現した。併せて高強度ベアリングの採用、オイルミスト潤滑等の工夫により、回転数の高速化(6000→8000rpm)を実現した。

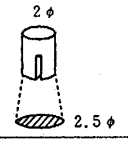
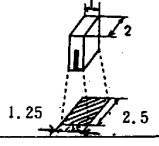
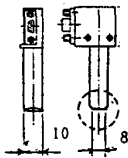
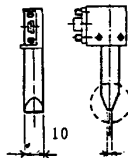
| | Old type | New type |
|---------------------|---|---|
| Core size | 2φ | 1x2 |
| Shape of core |  |  |
| Shape of probe |  |  |
| Inspection accuracy | 0.07d S/N≥3 | 0.05d S/N≥3 |

Fig. 3 Reducing size of probe

③探傷状況

Fig. 4 にプローブ小型化の効果を示す。小型化により0.05mm深さの疵をS/N≥3倍で検出可能となった。また、探傷速度はFig. 5に示すように要求性能である130mpmを上回り160mpmまでカバー率100%を確保する事が可能となった。

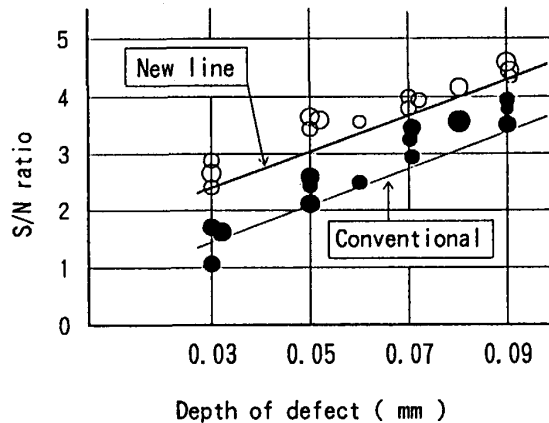


Fig. 4 Detecting capacity of probe

(2) 疵手入れの自動化

疵手入れ装置のシステム構成をFig. 6に示す。疵手入れ装置は周方向に4つのバイトを長手方向に異なる位置に配置した構成であり、Table. 4 に示す制御機能を開発した。

Table. 4 Automatic control system

| |
|---|
| 1. High-speed calculation |
| 2. Recognition of location, depth and length of surface defects |
| 3. Control of timing in shaving |
| 4. Improvement of control function |

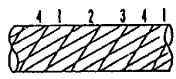
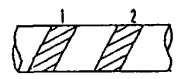
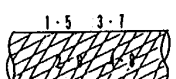
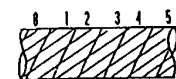
| Number of channels / rpm | At 60 m/min | At 160 m/min |
|--------------------------------------|---|--|
| Conventional 4 ch 6,000 rpm |  coverage 100% |  coverage 38% |
| Newly developed 8 ch 8,000 rpm |  coverage 260% |  coverage 100% |

Fig. 5 Detecting coverage

特に疵の取り残しを皆無にするために、下記点に工夫を要した。

①4つのバイト各々の境界付近にある疵に対しては2つのバイトを動作させ疵取りエリアをラップさせる。

②疵の長さ方向前後に、疵の長さより余計に切削代を設定する(Fig. 7)

又、長手方向でのバイトの動作精度はFig. 8 に示すように設定値に対して十分な精度を有している。

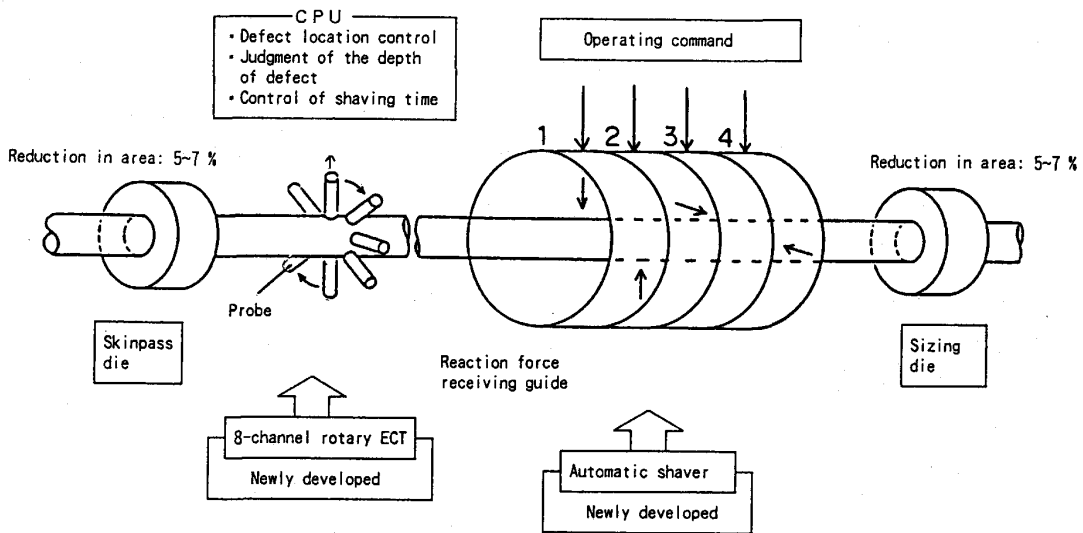


Fig.6 Automatic shaving system

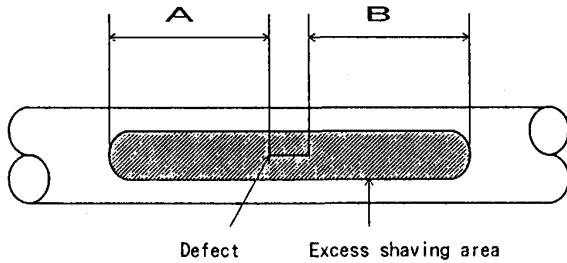


Fig.7 Excess shaving in the longitudinal direction

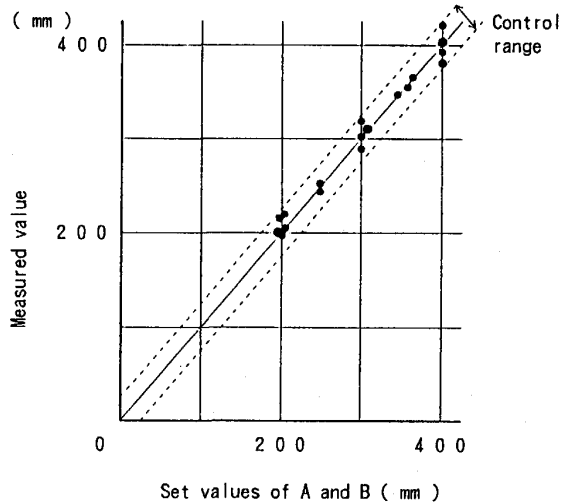


Fig.8 Accuracy of excess shaving location in the longitudinal direction

(3) 探傷機操作性の向上、管理機能の強化
探傷機操作性の向上と管理機能の強化のため、下記機能をデータ処理装置に装備した。

- ① 各種探傷条件の自動設定機能
- ② 疵個数、疵レベル、疵位置等の探傷結果の自動集計機能
- ③ コイルの諸元、処理条件等のコイル管理機能
- ④ ラインの処理量、ダイス、バイトの使用時間等のライン管理機能

この結果、従来、オペレータの手作業に依存していた作業を全て自動化し、その結果オペレート時間を15分から2分程度に軽減する事ができた。

4. まとめ

本線材全長品質保証用ECTシステムは以下の3点の特徴を有する。

- 1. 高精度な探傷性能 : 疵保証レベルの厳格化と高速探傷速度の実現
- 2. 部分疵取装置の制御 : 疵手入れ残しのない高速処理方式の実現
- 3. 操作性の向上と管理機能の高度化 : マンマシンシステムの確立によるイーゾオペレーションの実現

5. 結言

本設備の開発と設備化により、高精度、高信頼性の表面疵品質保証体制が確立された。又、本設備は稼働開始(1号機: H1. 8月、2号機: H2. 10月)以降、順調に操業中である。