

# 討16

## 圧延プロセスにおける設備診断技術

新日本製鐵(株) 第一技術研究所

豊田利夫, 中嶋 智

### 1. 緒言

圧延プロセスをはじめとする鉄鋼プロセスにおける保全技術の中で、現在および将来にわたって最も重要な位置を占めるものの一つとして設備診断技術が挙げられる。特に近年における設備の大型化、複雑化の傾向は設備診断技術の導入を必要不可欠のものとしているが、さらに最近の省力化の要求などを背景に設備診断の分野でも一方では自動化、システム化への、また他方では単機能機器の利用による設備診断の底辺拡大への関心が高まっている。

本報では、熱間圧延を中心とした圧延ラインの主設備あるいは付帯設備を対象とした最近の設備診断技術の動向について述べる。

### 2. 主ライン設備を対象とした設備診断

ここでは圧延ラインの主設備を主な対象とした診断技術の動向として、熱延工場の仕上、巻取などの駆動系を対象とした設備診断システムおよび油圧設備のトラブルシューティングにあいまい理論の応用を試みた事例を紹介する。

#### 2.1 熱延工場の設備診断システム<sup>1)</sup>

設備診断システムの目的としては一般に次のようなことが考えられる。

- (1) 突発故障の防止
- (2) 状態基準保全 (Condition Based Maintenance ; CBM) の実現
- (3) 点検・診断作業の省力化とこれらの精度向上
- (4) 設備面からの製品品質向上に対する支援

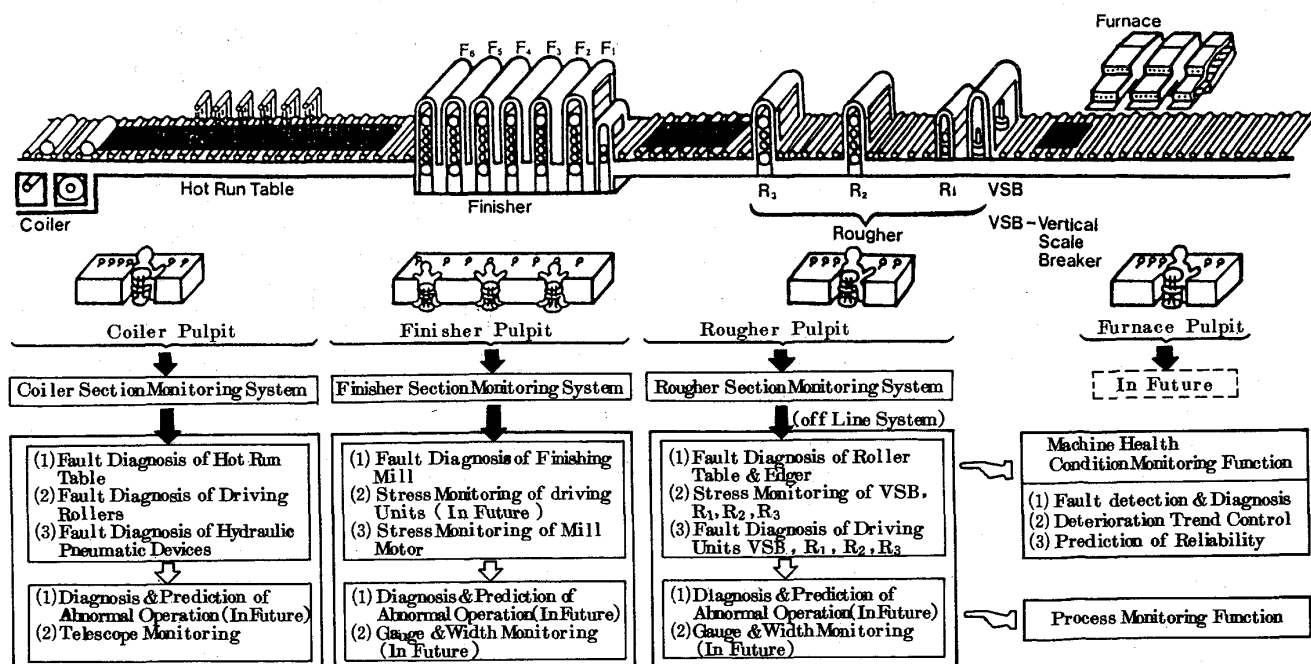


Fig. 1 CDT system of hot strip mill

このような目的を実現するために建設された設備診断システムの例として、当社八幡製鐵所の熱延工場 CDT (Condition Diagnosis Technique) システムの診断対象と診断機能の概要を Fig. 1 に示す。

またこのシステムでホ  
ットランテーブルの軸  
受の診断（モニタリン  
グ）を実行した例を

Fig. 2に示す。この図

で測定値（振動加速度  
の高周波成分）が一旦

増大した後に減少しているのは、その日に不良軸受の交換が行なわれたからである。

このシステムは診断のスケジューリング、データ採取・管理などをオンラインの大型コンピュータを利用して自動的に実行するもので、設備診断システムとしては最初の本格的なシステムであり規模もかなり大きい。またシステムが工場新設と同時に設置されたためこれに対する期待も大きく、着実に定着化しているといえよう。しかし成果の定量的な評価は評価基準の問題もあり困難と思われるので、ここでは定性的なシステムの効果と考えられる項目を以下に列挙するに留める。

- (1) 新設設備の立上げ時において、設備診断データがきわめて重要な情報を提供し設備の円滑な立上げに貢献した。
- (2) いくつかの重要な故障の前兆を捉え、突発故障の防止に役立った。
- (3) 診断データに基づいた定量的な点検・診断の考え方が現場に定着し、整備作業の効率化と質の向上をはかることができた。
- (4) 品質、操業問題と設備問題がより密接な形でより定量的に解析、評価できるようになった。

## 2.2 あいまい論理に基づく油圧設備のトラブルシューティング<sup>2)</sup>

圧延機の圧下装置や巻取装置などに近年盛んに利用されている油圧設備（回路）は、一般の製鉄設備に比べて故障の原因と症状の因果関係の把握が難しく、また電気回路のように簡単に回路の開放、短絡ができないために、故障発生時のトラブルシューティングにはかなりの知識と経験を必要とする。この問題を解決するために、故障の原因と症状の因果関係を予め調べておき、故障発生時にその時の症状をコンピュータに入力することによりトラブルシューティングを行おうとする試みを、現在いくつかの手法を用いて開発中である。

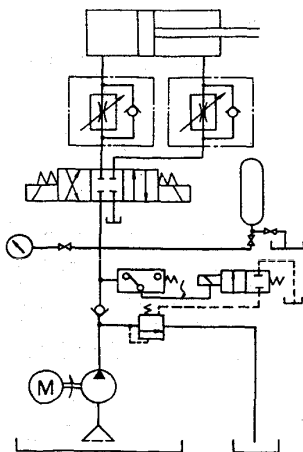


Fig. 3 Hydraulic circuit to be diagnosed

(○ : Occurs frequently. Δ : Occurs occasionally)

| Symptom<br>Cause                          | Line pressure  |     |           |     | Suction pressure |     |           |     | Motor current  |     |      |     |
|-------------------------------------------|----------------|-----|-----------|-----|------------------|-----|-----------|-----|----------------|-----|------|-----|
|                                           | Absolute value |     | Pulsation |     | Absolute value   |     | Pulsation |     | Absolute value |     | Beat |     |
|                                           | High           | Low |           |     | High             | Low |           |     | High           | Low |      |     |
|                                           | (1)            | ( ) | (2)       | ( ) | (3)              | ( ) | (4)       | ( ) | (5)            | ( ) | (6)  | ( ) |
| Performance degradation of pump           |                | ○   | ○         |     |                  | Δ   | ○         |     |                |     |      |     |
| Abnormality in pump                       |                | ○   | ○         |     |                  |     | ○         |     |                |     |      |     |
| Abnormality in motor                      |                |     |           |     |                  |     |           |     | ○              |     | Δ    |     |
| Clogging of suction filter                |                |     | ○         |     | ○                |     | ○         |     |                |     |      |     |
| Clogging of line filter                   |                |     |           |     |                  |     |           |     |                |     |      |     |
| Leak from check valve                     |                | ○   |           |     |                  |     |           |     |                |     |      |     |
| Unloading valve normally open (unloaded)  |                | ○   |           |     |                  |     |           |     |                | ○   |      |     |
| Unloading valve normally closed (on-load) | ○              |     |           |     |                  |     |           |     | ○              |     |      |     |
| Abnormality in relief valve               |                | ○   |           |     |                  |     |           |     |                | ○   |      |     |

Fig. 4 Fault-matrix for hydraulic circuit (partial)

そのうちあいまい論理に基づくトラブルシューティング手法では、故障原因と症状をそれぞれあいまい集合とみなし、両者の間に成立つあいまい関係式の逆演算により診断を行う。この手法の特徴は通常

の論理では診断結果が得られない場合でも、「裏からの診断」という予め調べておいた因果関係の不備を補う形で発生している可能性のある故障の原因を示すことができることである。

基礎実験として熱延工場の加熱炉油圧システムを単純化した Fig.3 のようなモデルを考え、このモデルについてライン圧力、各機器の振動等のチェック項目とこれらにより診断可能なポンプ、弁等の故障原因を設定し、本手法に基づいて診断を行った。Fig.4 に原因とチェック項目の因果関係(一部)を示す。そしてパーソナルコンピュータを利用して行った診断結果の一例を Fig.5 に示す。この例では真の原因はリリーフ弁の異常であり、このように少ない情報によっても適切な診断結果が得られることがわかった。

油圧設備のトラブルシューティングに関してはこの他知識工学を応用したエキスパートシステムも現在開発中であり、両者の診断精度の比較も興味深いところである。

### 3 付帯設備を対象とした設備診断

圧延ラインには主設備以外にもブロウ、ポンプなどといった付帯設備も数多く設置されている。ここではこれらを主な対象とした診断技術の話題として、回転機械の点検が従来のものより手軽に行える簡易診断機器および測定データの傾向管理をパーソナルコンピュータを利用して行うシステムを紹介する。

#### 3.1 簡易診断用超小型振動測定器

振動を測定することによって回転機械の異常の有無を診断する簡易診断機器がかなり普及している。現在これらの指向しているものは、一方では傾向管理やある程度の精密診断までもこれらを利用して行おうとする高機能化であり、他方では不要な機能を除いて単機能化することによる小型化、低価格化である。

当社では前者とは別に後者を指向した簡易診断用の振動測定器をリオン(株)と共同で現在開発中である。これは振動の周波数帯域を大きく2つに分けた場合、アンバランスやミスアライメントなどの回転機構の診断を目的とした Lo レンジ診断用と転がり軸受などの診断を目的とした Hi レンジ診断用の個別の診断機器である。このうち完成した Lo レンジ用の機器の仕様を Table 1 に示す。開発のポイントは高度な機能を満足しながらどれだけ小型化できるかということであるが、専用の振動ピックアップ、ハイブリッド IC などを新たに開発し、その結果全体として Fig.6 に示すようにコンパクトな構造を実現することができた。また Fig.7 にはこの機器を用いて実際に回転機械の簡易診断を行っている様子を示す。

この機器について社内の各製鉄所でモニタ調査を行った

#### Inspection data

- 1) Motor current low : 0.9
- 2) Relief valve friction noise : 0.6

#### Diagnosis result (from the front)

No solution

#### Diagnosis result (from the back)

- |                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| No.1 Unloading valve open        | (0.1) |
| No.2 Abnormality in relief valve | (0.1) |
| No.3 Unloading valve closed      | (0.4) |

#### Please check the following items

##### No.1 Unloading valve open

- 1) Line pressure
- 2) Unloading valve switching sound
- 3) Unloading valve temperature

##### No.2 Abnormality in relief valve

- 1) Line pressure
- 2) On-load time

##### No.3 Unloading valve closed

- 1) Line pressure
- 2) Motor current
- 3) Unloading switching sound
- 4) Unloading valve beat
- 5) Unloading valve temperature

Fig. 5 Trouble-shooting example for hydraulic circuit

Table 1 Specification of Lo range machine checker

| Item            | Specification                      |
|-----------------|------------------------------------|
| Pick-up         | Piezoelectric acc. pick-up, 50pC/G |
| Measuring range | 0.1~99.9 (mm/sec), Average value   |
| Frequency range | 3~1000 (Hz)                        |
| Size            | 20×18×150 (mm)                     |
| Weight          | Less than 62 grams                 |

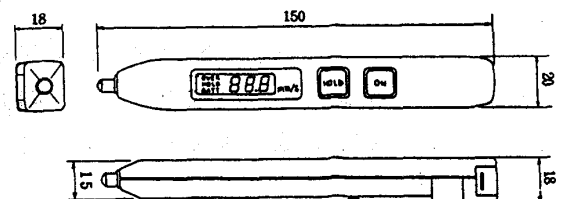


Fig. 6 Outlook of machine checker



Fig. 7 Using scene of machine checker

ところ、点検のためにわざわざ持って行くという感覚の従来の機器と異なり、超小型であるため例えば作業服のポケットに入れて常時携帯することにより、いつでもどこでも定量的な点検ができ点検作業の幅が広がるということで好評を得た。

なお Hi レンジ用のものについても今年度中に開発を行う予定である。

### 3.2 CBMデータ管理システム<sup>3)</sup>

従来のCBMでは簡易診断のみを現場の点検マンが行い、精密診断は専門知識、技能を有する専門技術者が行うケースがほとんどである。しかしコスト削減をはかるための省力化の一つの手段として、精密診断までも点検マンに実行させることを目的に、パーソナルコンピュータを利用したCBMデータ管理システムの開発を行った。

Fig. 8にシステムのハードウェア構成を示す。データの入力装置としては、振動の振幅値をデータとして入力するための従来の簡易診断機器+データメモリと振動波形の周波数分析、振幅分析が必要ときに時系列データをシステムに入力するための新しく開発した簡易診断機器+ポータブルデータレコーダを利用する。さらにFig. 9に本システムの機能の一部として、測定した振動データの傾向管理、このデータを利用した設備の寿命予測、時系列振動データの解析による異常部位識別の実施例を示す。

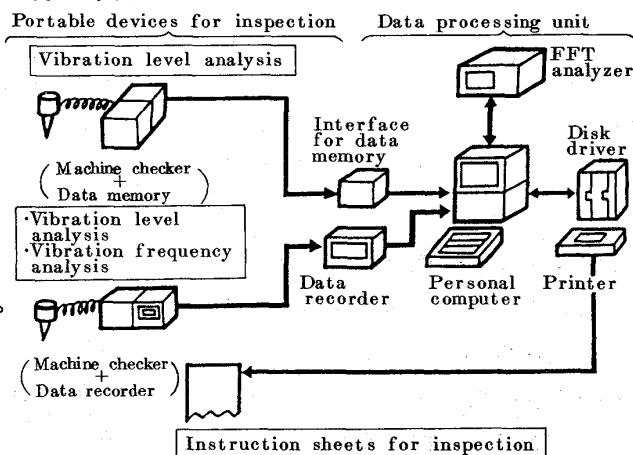


Fig. 8 Construction of CBM data management system

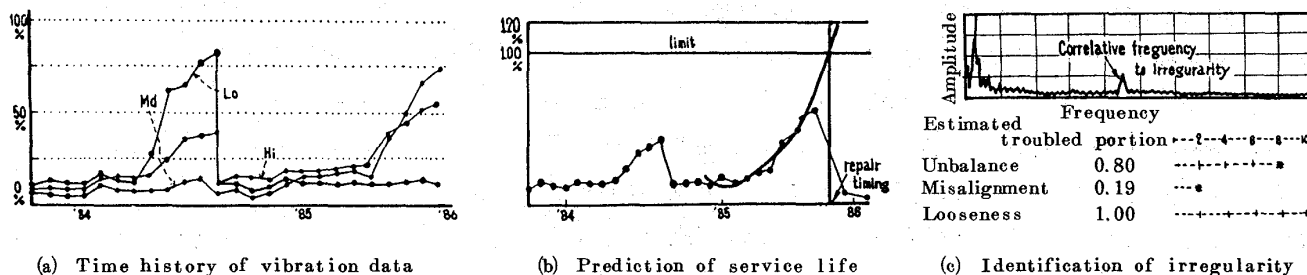


Fig. 9 Functional examples of CBM data management system

このシステムにより、診断データの管理が効率よく行えるようになり寿命予測、異常部位識別などを利用することによって設備管理レベルも向上した。またシステムの規模も外部解析装置の機能をパーソナルコンピュータ本体に導入することによりコンパクト化でき、システムの適用性も拡大する。

### 4. 結 言

本報では、圧延ラインの主設備あるいは付帯設備を対象とした設備診断技術適用の現状について述べた。今後の動向としては、本報でも述べたように一方ではオンラインコンピュータを利用した大がかりな設備診断システムの普及であり、他方ではシステムとしてもパーソナルコンピュータ等を利用したコンパクトなもの、機器としても単機能化による小型、低価格機器の出現ではなかろうか。さらに技術面では知識工学、データ通信技術などが導入され、各種診断エキスパートシステムや遠隔診断システムの実用システムの開発も盛んになるであろう。

### 文 献

- 1) 小笠原：設備診断技術ハンドブック（鉄鋼協会編），（1986），P268〔丸善〕
- 2) 豊田，前川，中嶋：第28回システムと制御研究発表講演会講演論文集（1984），P63
- 3) 有吉，中園，北島，豊田：鉄と鋼，72（1986）4，P318