

## 技術報告

## 角ビレット全自動疵見疵取システム

新村鉄三郎\*・岩崎 全良\*<sup>2</sup>・津田 五郎\*<sup>3</sup>木邑 信夫\*<sup>2</sup>・結城 滋\*<sup>3</sup>・牛尾 敬二\*Fully Automatic Inspection and Removal System of  
the Defects in Square BilletsTetsusaburo SHIMMURA, Masayoshi IWASAKI, Goro TSUDA,  
Nobuo KIMURA, Shigeru YUUKI and Keiji USHIO

## Synopsis:

The pattern recognition techniques have been applied to fluorescent magnetic particle testing for automatic inspection of defects, and a development has been made on automatic conditioning machine that can remove defects accurately even on slightly curved billets.

Installing the defect inspection equipment and the conditioning machine on a transfer line that is controlled by a process computer, the authors have established a fully automatic inspection and removal system for the defects of square billets.

Emphasis is placed in this paper, on showing the mechanism of the defect inspection equipment and the conditioning machine, and features of the whole system, including the transfer system.

## 1. 結 言

製鋼過程および分塊圧延中に発生する割れ疵やへげ疵が鋼材の品質に与える影響は大きく、疵の除去は品質管理上重要な課題である。

従来、鋼片加工工程における疵の検出作業は人の目による判断が大きな役割を担っており、この機能を機械化することは困難であつた。また、鋼片の疵取作業は、圧延あるいは冷却過程において変形や曲がりが生じているため、自動疵取作業がむずかしく、手作業であるチップング方式による疵取作業が主に行われていた。

このように人手に頼る作業では、品質の安定、生産性の向上の面で大きな障害になつていた。

そこで当社では、自動疵見装置と、自動疵取装置を開発し、これらを一連のライン上に連続配置し、最新のプロセス制御装置により、完全に自動化された「角ビレット全自動疵見疵取システム」を完成させた。

本報では、自動疵見装置、自動疵取装置の方式および、搬送系を含む全システムの特徴について報告する。

## 2. 自動疵見装置

角ビレットの自動探傷法には各種の方式が開発されて

おり、磁粉を用いるものと、漏洩磁束または渦電流を検出するものとに大別できる<sup>1)</sup>。しかし、従来のものは自動疵取装置との連動を考えると<sup>2)</sup>、疵位置検出精度の面で、必ずしも満足できるものではなかつた。そこで、本装置では、他の方式より弁別感度が高い蛍光磁粉探傷法を採用し、ITV を用いて磁粉模様を検知することにした。また、安定した精度の高い探傷を行うために、Fig. 1 に示す構成機器に対して、以下のような技術的配慮を行つた。

## 2.1 磁化装置

長手方向疵だけでなく、へげ疵などへの着磁を確実にするために、4極極間型マグネットに3相交流を流して、鋼片表面に回転磁界を形成するものである。また、曲がりのある鋼片に対して磁化性能を安定させるため、マグネットは追従機構に搭載している。

## 2.2 磁粉液自動供給および散布装置

探傷性能を安定化させるためには、磁粉濃度の変動をなくす必要がある。本装置では、蛍光磁粉の紫外線照射による発光強度を測定する方法で、常時磁粉濃度を監視し、その信号に応じて濃縮磁粉液を自動的に磁粉液タンクに追加供給することにより、磁粉液濃度を一定に保つている。この一定濃度の磁粉液を鋼片通過に同期させ

昭和 58 年 11 月 14 日受付 (Received Nov. 14, 1983)

\* (株)神戸製鋼所神戸製鉄所 (Kobe Works, Kobe Steel, Ltd., 2 Nadahamahigashimachi Nada-ku Kobe 657)

\*<sup>2</sup> (株)神戸製鋼所電子技術センター (Electronics Technology Center, Kobe Steel, Ltd.)

\*<sup>3</sup> (株)神戸製鋼所機械研究所 (Mechanical Engineering Research Laboratory, Kobe Steel, Ltd.)

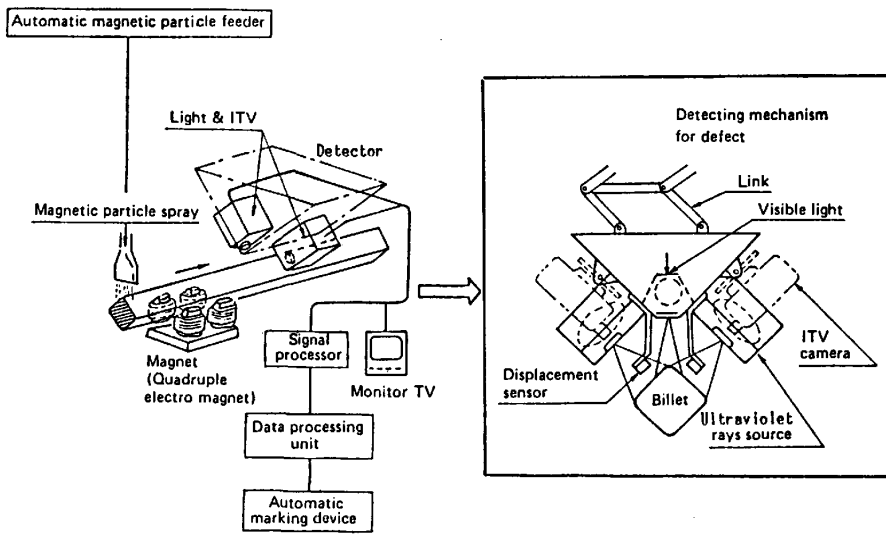


Fig. 1. Schematic arrangement of automatic inspection for square billet.

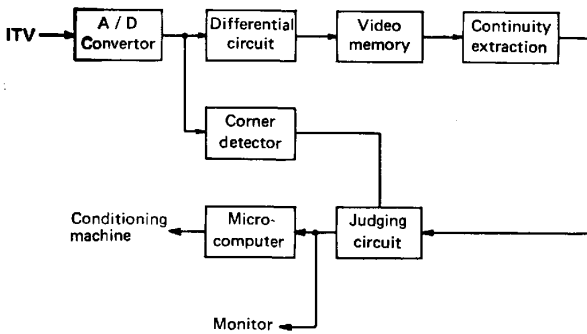


Fig. 2. Block diagram of signal processing.

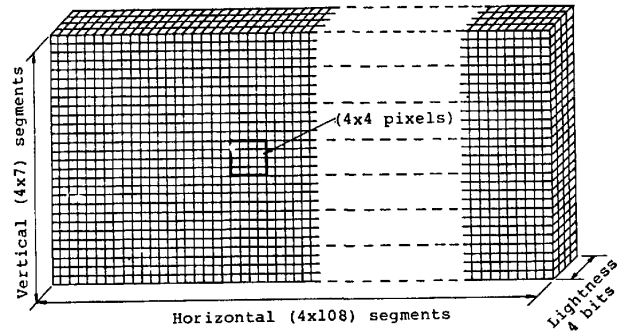


Fig. 3. The method to take (4x4) small areas on (28x432) pictures.

て、磁化直前に鋼片表面に自動散布する。

### 2.3 疵検出装置

蛍光磁粉を発光させる光源として、紫外線透過フィルタつきの 400 W の高圧水銀灯を各面およびコーナ部に対してそれぞれ 1 基設け、石英レンズにより集光して、鋼片長手方向に約 30 mm を照射する。鋼片表面での紫外線強度は約 10 mW/cm<sup>2</sup> である。

この発光した疵模様を ITV カメラにより撮像し、疵検出を行う。移動中の鋼片表面の線状疵のみでなく不定形疵も明瞭に捕えるため、応答特性の良好な 2/3" プランビコン撮像管を用いた ITV カメラを使用した。

また、疵の幅方向の位置を正確に捕えるため、ITV カメラの視野の一部に疵検出と同時に鋼片のコーナを認識できるように、紫外光線照射域外で鋼片のコーナ部を照射する可視光源が設けられている。

さらに、高精度の探傷を行うためには、光源および ITV カメラと鋼片表面との位置関係を一定に保つ必要があるため、これらを変位検出器の出力により制御される油圧シリンダ駆動方式の追従装置に搭載した。

### 2.4 信号処理装置

磁粉は疵のみに付着するのではなく、他の表面肌荒れ

部などにも付着しているため従来の信号処理では、感度を増せば雑音も増大し、逆に雑音を消却しようとするれば同時に微小な疵信号をも消去してしまうという欠点があった<sup>3)</sup>。本装置では、人間のパターン認識能力を参考にして、疵の形状(つながり方)から判定を行う方法で、その問題点を解消した。そのブロック図を Fig. 2 に示す。

ITV カメラからの映像信号は、A/D 変換器(標準化周波数 8 MHz)で 4 ビットのデジタル信号に変換する。以下、この映像信号を対象に判別処理が行われる。処理する画面の大きさは、Fig. 3 に示すように紫外線照射域内の縦 28×横 432 画素で、その処理時間は 1/60 s 以内である。

線抽出回路では、切り出し処理によつて 4×4 画素の像を切り出し、この中で空間微分処理によつて明るさの変化している所を取り出す。この空間微分した画像の縦 7×横 108 画素を画像メモリに記憶する。

次に 7×7 メッシュ上に Fig. 4 に示すような 8 つの線分パターンを作り、これを線抽出回路で抽出された画像に重ねて適合度の良いもの(パターン下の輝度レベル

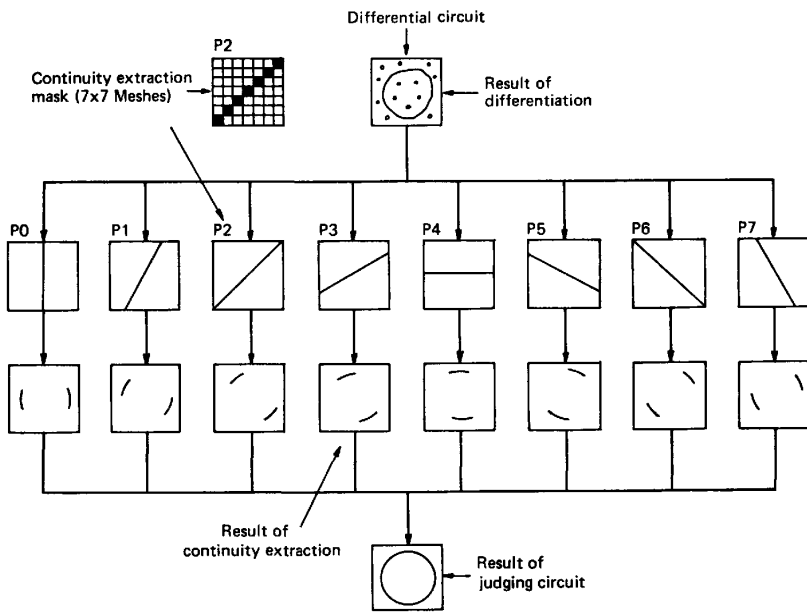


Fig. 4. Description of digital filtering method how each pattern is distinguished by continuity.

の和が設定値以上のもの)を選び、線画像だけを取り出す。これらの処理により、面積のある磁粉むらや、弧立している磁粉模様による雑音画像を除去する。

判断回路では、抽出された線分を合成して、疵と判定する。この際、コーナ検出回路からの信号により疵の幅方向位置を決定し、また、疵の輝度レベルにより疵の深さの分類(3段階)も行う。この結果は、データ処理装置に送られるとともに、入力画像に重ねてモニタ上にも表示される。

データ処理装置は、リアルタイムで送られてくる検出結果を、メジャリングロールにより得た長手方向位置とともに、疵データテーブルに記録する。鋼片通過後、このテーブルを用いて疵の合併・補間などを施し、その結果をプロセスコンピュータに伝送する。

また、このデータにもとづいて自動マーキングが行われる。

### 3. 自動疵取装置

本装置は、疵見装置より送られてきた疵位置情報にもとづき、曲がりのある鋼片に対しても正確かつ、最少の切削量で疵を自動的に取ることを狙いに設計されており、その概略構成を Fig. 5 に示す。

#### 3.1 疵取方法

疵取方法は、強靱サーメットチップを用いたフライスカッタによる切削方式を採用している。この方式は、疵取跡の成品への影響度と、歩留りの点で、現状では最も優れた方式である。特に、溶削方式や研削方式では得られない高炭素鋼材における高品質な疵取が可能である。

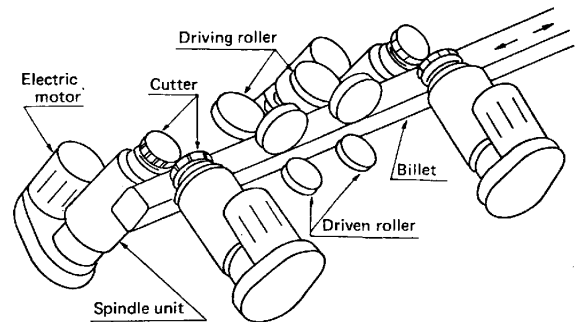


Fig. 5. Milling equipment for the defect removal.

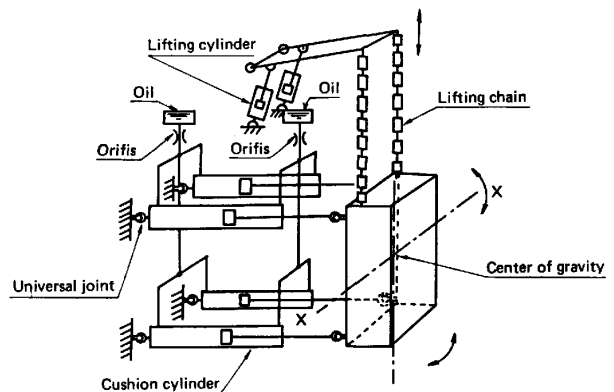


Fig. 6. Description of balancing mechanism.

#### 3.2 動作概要

鋼片はドライブローラとドリブローラで挟まれ、送り駆動されながら切削される。また、鋼片の曲がりや変形に追従するため、各ローラはフレームに揺動自在に取り付けられている。さらに、装置全体は鋼片を挟んだ状態で支持フレームより鎖で懸架されており、鋼片の曲が

りに対して装置全体が揺動可能になっている。カッタは切削深さ方向および鋼片の幅方向に移動可能な構造になっており、切削深さ検出機構により、鋼片の曲がりに対応しながら所定の切削深さおよび幅位置を切削するようになっている。

疵取装置マイクロコントローラは鋼片の締付後、プロセスコンピュータで作成された疵取スケジュールに沿って、鋼片の正/逆転送り制御と、カッタの幅位置・深さ制御を自動的に行う。

### 3.3 バランス機構

本装置は、Fig. 6 に示すようなバランス機構をもっており、引き上げシリンダが油圧により装置の自動バランスを行う。また、クッションシリンダが、鋼片の上下、左右曲がりに対応して鋼片の被切削面に常に直角に締付架構の姿勢を保持しながら、かつ、前後方向への重心の移動を防止するようになっている。これらの機能により締付架構は、重心を中心とする水平軸まわり、ならびに垂直軸まわりに外力に応じて回転したり、垂直方向に上昇下降できるようになっているので鋼片の曲がりに対しても搬送ローラテーブル、鋼片、疵取装置の間での過大な力の発生あるいは、鋼片のローラテーブルからの離脱を生じることなくスムーズな疵取が可能になっている。

例えば、今、鋼片が上下方向に曲がっている場合には締付架構は中心軸Xのまわりに揺動するが、反時計回り方向に揺動する場合（上反りの場合）には、上方のクッションシリンダのピストンロッドは紙面左方へ移動し、シリンダ側の油が下方のクッションシリンダのシリンダ側に流入することにより、ピストンロッドを紙面右方へ

移動させる。そして下方のクッションシリンダのピストンロッド側の油は油管から上方のクッションシリンダのピストンロッド側へ流入するというように、自動的に鋼片の上下方向曲がりに対応することができる。

### 3.4 ダイレクト倣い機構

鋼片は通常、曲がりや断面変形を伴っているため切削方式で疵取をおこなうためには、疵取位置精度の確保が重要な課題である。本装置では、鋼片の曲がりに対応してカッタの切削深さ方向および鋼片の幅方向に直接追従できるサーボ機構を用いることにより、幅方向  $\pm 2\text{mm}$  程度、深さ方向  $\pm 0.5\text{mm}$  程度の精度を得ている。なお、切削深さの検出には、カッタ駆動モータ電流によるカッタ切り込み検知装置と接触式倣いセンサを合わせ用いることにより、鋼片の平面部だけでなくコーナ部においても高精度な倣いができるようになっている。

### 3.5 カッタ

カッタには、円形のスローアウェイチップを用いることでチップの全周および、表裏の両面使用できるようにした。また、装置全体の機械剛性を高め、さらに防振の配慮をおこないチップの寿命の向上をはかった。

### 3.6 疵取状況の表示

疵取マイクロコントローラでは、前述の疵取制御を行うとともに、疵位置のグラフィック表示や、切削条件ごとの疵取実績の集計および表示を行う。

## 4. システムの仕様および特徴

### 4.1 基本仕様およびレイアウト

本設備は Table 1 に示すような基本仕様で、各装置の配置は Fig. 7 に示すようなレイアウトになっている。

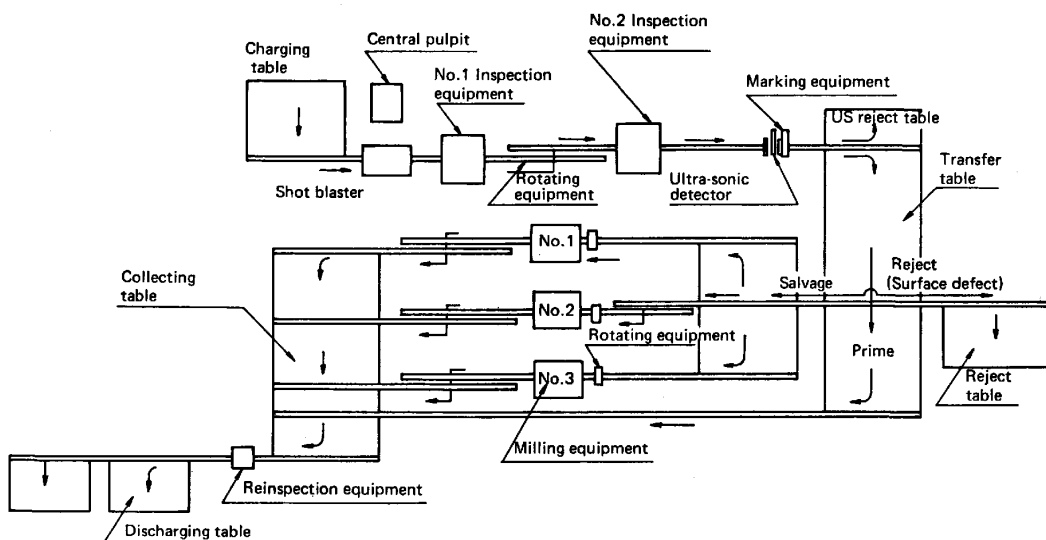


Fig. 7. Schematic layout of full automatic inspection & removal system for the defects of square billets.

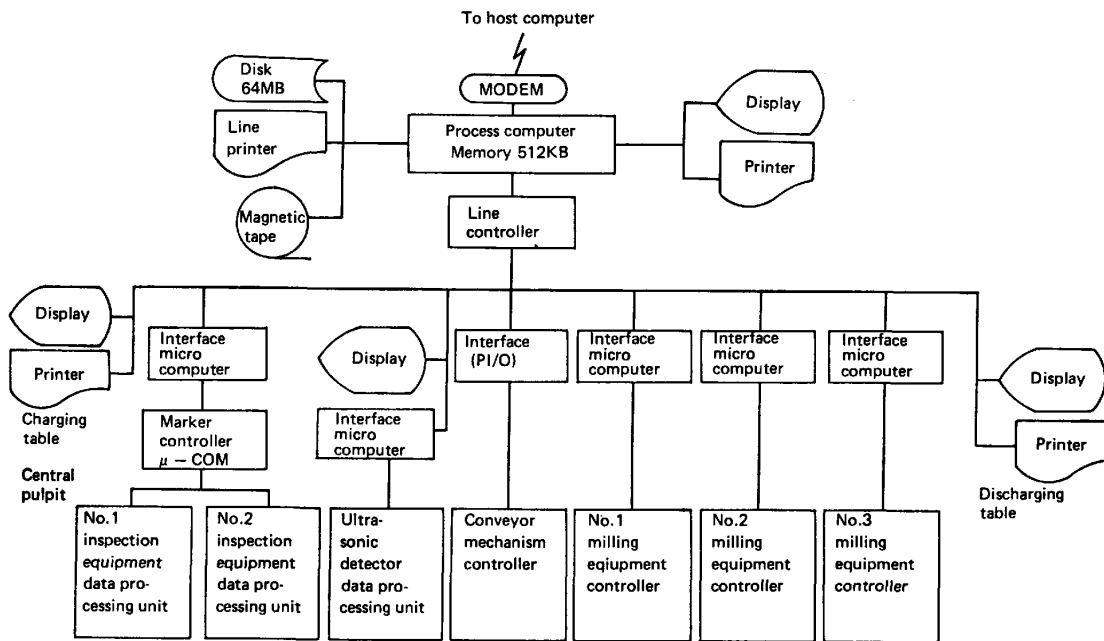


Fig. 8. Block diagram of computer control system.

Table 1. Main specification of the system.

1. Steel grade	; low carbon steel high carbon steel low alloy steel
2. Billet size	; 118 mm to 155 mm-square 8.0 m to 12.0 m (length)
3. Conditioning capacity	; 65 000 t/month (billet size; 155 mm-square, 12.0 m)

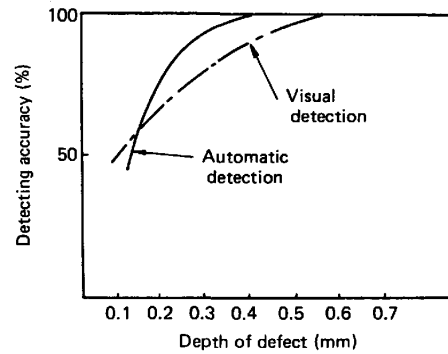


Fig. 9. Comparison of the detect ability of fluorescent magnetic particle testing.

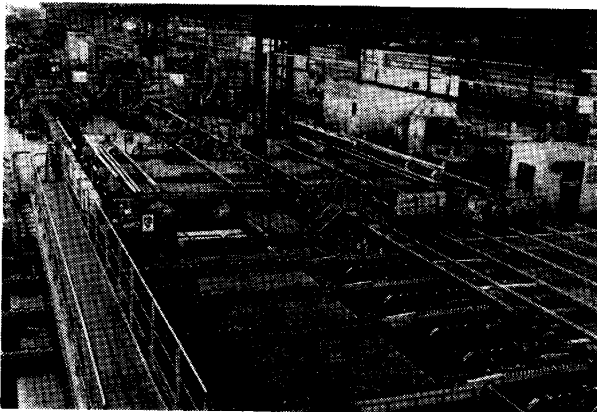


Photo. 1. Whole view of billet conditioning shop.

る。その全景を Photo. 1 に示す。

鋼片は Fig. 7 中の矢印で示されているように、疵の状態により各ラインへ振り分けられるものである。疵取ライン (Salvage) および無疵ライン (Prime) を通過した鋼片は、コレクションテーブルでロット単位に合流された後、抽出台に抽出される。これらの制御は Fig. 8 に示すようにプロセスコンピュータを中心に、マイクロコンピュータやマイクロコントローラを有機的に結合した制御システムにより行われ、これにより完全自動化

を実現するとともに、生産性の向上をはかった。

4.2 システムの特徴

1) 疵見装置と疵取装置を搬送設備で結合し、プロセスコンピュータで鋼片の流れを制御することにより、ワンマンオペレーションを可能とした設備である。

2) 自動疵見装置の疵検出性能は、Fig. 9 に示すように、従来の目視による検査と同等以上である。また、コーナを含む鋼片の全面にわたって疵の検出が可能であり、従来より以上に疵の検出性能が保証された。

3) 鋼片にフライスカッターが抱き付く方式の疵取装置は、鋼片の曲がり、変形に影響されずに切削加工を可能とした。また、その疵取跡は圧延後の成品に悪影響を残さない滑らかなものである。

4) プロセスコンピュータで、鋼片 1 本ごとの疵取スケジュールを作成しているため、疵取が短時間で効率よ

く行われる。

5) 鋼片の定量的な品質管理情報を得ることができ、上工程に製造状態をフィードバックすることが可能である。

## 5. 結 言

以上紹介した、「角ビレット全自動疵見疵取システム」は、当社における永年の研究開発を経て実用化された第1号設備である。

本システムは神戸製鉄所に設置され、'83年10月よ

り順調に操業を行つている。これにより、検査要員および疵取要員の一部が不要となり、全体の1/3という多大な省力が達成されるとともに、疵情報が定量的把握でき、より高度な品質管理が可能となつた。

## 文 献

- 1) 藤井浩一: 電気製鋼, 50 (1979), p. 48
- 2) P. SCHOLTEN, K. SCHAF and P. HÖLLER: Stahl Eisen, 95 (1975), p. 533
- 3) D. SHAW: Non-destructive Testing, 3 (1970) 2, p. 57

## コ ラ ム

### 理論と実際のギャップ

現代制御理論が60年代前半に登場して以来、四半世紀になろうとする現在、理論と実際の融合が叫ばれている。現代制御理論は、理論がニーズに先行した形で発展し、最近ではシステム制御理論という名で体系づけられてきた。しかし、現実問題からのフィードバックが少なく、現実とのギャップが拡大してきた。実プロセスは変数の多い大規模系である上に、非線形特性や各種のおくれ要素を含むなど、理論的取り扱いが困難な面を持ち、これが従来の理論を適用する上での障害要因となつている。ところが、これら問題点の具体的な内容が理論家に知らされていない。

さて、最近のようにコンピュータのハードウェアの進歩が著しく、複雑な数式処理も即座に可能となれば、つぎはソフトウェアの強化が相対的に重要になるのは当然と思われる。このため、従来は現場技術者にとつて、難解な内容であるとの理由で敬遠され、十分に利用されなかつた制御理論の再認識が行われ始めて

いる。

制御関係の団体が実施したアンケート調査によれば、鉄鋼業では、現代制御理論の適用への関心が、他業界に比べ非常に高く、応用例も多かつたと聞いている。

鉄鋼業では、相互の情報交換が活発で、啓発し合いながら技術の進歩、発展をもたらしており、制御理論に対する理解も足並が揃つている。しかし、より具体的に応用面を調査すれば、圧延分野のみに偏り、内容も単なる検討から実プロセスでの適用まで、まちまちである。

今後は、従来に増して、専門外の技術者に制御理論の効用を分かりやすく説くと共に、理論家には現実問題の特徴やむつかしさを理解してもらう努力が必要である。

圧延分野では、制御理論の適用性を検討する目的で、共同研究会が持たれる方向にあると聞いているが、近い将来、このような活動を製鉄製鋼分野にも広めてゆかれることを望んで止まない。

((株)神戸製鋼所電子技術センター 小西正躬)