論 説

小棒製品の寸法測定システム

佐藤義治*, 井上哲男**

Profile Inspection System of Small Bar Products

Yoshiharu Satoh and Tetsuo Inoue

Synopsis

Daido Steel Co., Ltd. installed an automatic continuous inspection and conditioning line for small round bar for the purpose of improving accuracy of quality assurance and efficiency at Chita Plant. The line consists of an automatic products conveyance system and automatic inspection devices.

We developed and installed an automatic profile inspection system in the line. The system measures the diameter, the roundness and the bend of each product, and makes a judgement whether the measured values are fit with the customer's specification.

This system consists of a main frame computer, a mini-computer, a micro-computer and a size measuring device as a hierarchy system. The mini-computer controls measuring conditions, such as position of the measuring device, turning speed of product and etc., for accuracy, and the micro-computer gathers measured values and judges the data.

This system has been working successfully since 1987.

1. 緒 言

自動車産業をはじめとする機械・部品の製造メーカーにおいては性能向上や製造原価低減のために、部品加工方法は高度化しその加工精度についても厳しさが増している。これに応えるため、素材である特殊鋼に対する品質ニーズも高度化・多様化している。

こうしたニーズに対応するため大同特殊鋼知多工場（以下当工場という）においては、製鋼・圧延工程では「ELVAC プロセス^{1),2)}」, 「てきすんプロセス³⁾」を開発してきた。また精整プロセスにおいては、生産性向上・品質保証精度の向上を目

的として1987年1月から小棒丸製品の整備・検査工程をライン化（SRICライン：Small bar Rolling products Inspection and Conditioning line⁴⁾）し、その能力をフルに発揮し、現在順調に稼働している。

このSRICラインでは「てきすんプロセス」で圧延されたフリーサイズの製品の寸法品質保証精度の向上を目的として、寸法測定システムを開発し、製品全数の寸法測定を実施し生産性及び品質保証精度の向上に寄与している。本稿ではこの寸法測定システムの概要と、寸法・偏径差・端曲りについで品質保証の方法を述べる。

2. 設 備 の 概 要

2.1 ライン構成

当SRICラインは、Fig. 1に示す工程をローラ搬送などで直結させてライン化することで仮置

1991年4月10日受付

*大同特殊鋼知多工場

**大同特殊鋼情報システム部

Fig. 1. Process of SRIC.

Table 1. SRIC main equipment.

Main equipment	Note
Straightener	Two roll type 120m/min
Surface flaw detector	Magnetic leakage flux flow detector Detection of 120m/min excess 0.15mm depth flaw
Internal flaw detector	Entire section ultrasonic tester
Size measurement equipment	From 25mm to 88mm
Printer and sticker of label	Automatic label printing and sticking

き、起重機搬送などのムダ作業を極力排除した整備・検査ラインである。

また、工程の全体を専用パソコンで制御・管理し各自動機器にはマイコンを導入するなどFA技術を駆使して小人数での稼働を行っている。

以下にSRICラインの主な工程を述べる。

- ・矯正機：
曲がった製品を矯正して曲がりを除去する。
- ・端面加工機：
製品の両端面を切削及びコーナー面取りする。
- ・MLF (Magnetic leakage flux testing)：
製品の表面疵を探傷する。
- ・US (Ultrasonic testing)：
超音波により製品の内部欠陥を探傷する。
- ・MG (Magnetic particle testing)：
MLFで疵ありと判定された製品についてのみ磁気探傷で目視にて探傷する。またUSで欠陥ありと判定された製品については確認探

傷を行っている。

- ・疵取り：
MGにて疵ありと判定された製品について疵取りまたは切断する。
- ・寸法測定機：
製品1本ごとに外径寸法、偏径差、端曲がり測定し検査する。
- ・自動ラベル貼付機：
端面にラベルを自動貼付する。
- ・出荷検査：
作業者による最終目視検査を行う。
- ・結束：
束単位に客先の要求にしたがって番線結束する。
- ・計重：
束単位に質量を計量するこれが出荷質量になる。
- ・入庫：
外観検査完了分の現品入庫で内質検査と併せ

Fig. 2. The principle of optical system of size gauge device⁵⁾.

Fig. 3. Block diagram of size gauge device.

Table 2. Specifications of size gauge device.

Note	Specifications
Measurable range	From 1mm to 195mm
Stability	$\pm 20\mu\text{m}$
Lineality	$\pm 20\mu\text{m}$
Measuring time	1ms
Number of data used for the mean value	2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 or 256
Illumination	He-Ne laser, 1mw

て判定合格で入庫する。

また、当ラインに導入した主な機器およびその性能を Table 1 に示す。

2.2 寸法測定設備

2.2.1 寸法測定器

当 SRIC ラインで採用した寸法測定器はアンリッ製である。Fig. 2 に光学系の原理図を、Fig. 3 に信号処理のブロック・ダイアグラムを、また Table

Fig. 4. Sensor position adjustment system.

2に寸法測定器の主な仕様を示す。

2.2.2 高さ調整設備

当ラインで扱う製品は25～88mmの丸棒鋼であり、55mm未満をシングルビーム、55mm以上をダブルビームで測定する。ダブルビームで測定する場合はビームとビームの間に35mmの隙間があるため、Fig. 4に示すようにビームの走査方向に対して製品位置を変える必要がある。本設備では製品の高さを上下させるのではなく寸法測定器の検出部の高さを2段階に変化させる方法を採用している。すなわち、25～55mmの製品を測定する時はHigh位置で、55～88mmの製品を測定する時はLow位置に自動調整している。

2.2.3 製品回転設備

製品の外径および端曲りを正しく測定するために先端から300mmの位置を支点にして回転角速度が一定となるように回転させるために直径180mmの回転ローラの上に製品を載せ、上からタッ

チロールで押さえるようにしている。また、回転ローラ上の製品回転数を一定にするためにVVVF制御（Variable Voltage Variable Frequency）を採用している。

3. 寸法測定システムの概要

3.1 ハードウェアの構成

Fig. 5にハードウェアの構成を示す。寸法測定器の制御システムは当社高蔵製作所製のマイコンDAMIC-8を中心に構成されており、SRICライン制御用コンピュータ（以下SRICプロコンと称す）さらに生産管理用ホストコンピュータ（以下ホストと称す）と接続されている。

寸法測定マイコンはSRICプロコンと接続されて寸法測定規格を結束単位に通知され測定結果を返送する。また寸法測定器とは外径測定値についてはRS-232C無手順で端曲り測定値はアナログ

Fig. 5. Hardware construction of micro computer for profile inspection.

信号にて伝送される。

3.2 ソフトウェア概要

SRIC システムは出荷検査作業で、現品の目視検査および前工程での検査結果を合わせ最終判定を行っており、この出検作業の負荷軽減のためにも、寸法測定結果の判定は、異常材のみ作業者が判断するようにシステムを設計した。

当システムの主な機能は以下のとおりである。

- (1) 外形寸法測定値の収集
- (2) 外径寸法測定のタイミング制御
- (3) 製品回転用ローラの回転数制御
- (4) 寸法測定データの規格判定
- (5) 端曲りデータの収集
- (6) 端曲りデータの規格判定
- (7) 寸法測定器の検出器の高さ調整
- (8) 判定結果の処置
- (9) 作業者への通知

また、それらの機能の各コンピュータの分担を Fig. 6 に示す。

4. システムの機能

寸法測定装置では、瞬時瞬時の外径寸法および材料位置を測定し、マイコンでその値を取り出す。

マイコンでは、製品 1 本につき 1 回転するうちに、外径 8 箇所、材料位置 16 箇所を測定し、良否を判定する。この 1 本ごとの良否判定を束単位にまとめて、プロコンへ伝送する。

プロコンでは、束単位に判定を行い出荷検査作業へ通知する。また、束内での平均、最大、最小、標準偏差を計算し品質管理情報として記録する。

4.1 SRIC プロコンの機能

SRIC プロコンは当 SRIC ライン全体の制御を行っているシステムで寸法測定システムとしては、以下の機能を分担している。

4.1.1 高さ調整

寸法測定器の検出器の高さをロット単位に規格寸法をもとに自動調整している。

4.1.2 回転ローラの回転数制御

製品を回転角速度一定にするためにローラ回転数を規格寸法ごとに計算し自動設定する。すなわち、ローラに直結しているモータの回転数を計算し、モータ回転数制御を行う。

d : 製品外径

n : 製品回転数

f : モータ回転数

Fig. 6. Share of function.

D : ローラ外径

α : 減速比

とすると、ローラ周速 V_r は

$$V_r = \pi D \times \alpha f$$

となり、製品回転数 n は

$$n = (\pi D \times \alpha f) / \pi d$$

となり、モータ回転数は

$$f = (n / D\alpha) \times d$$

となる。この計算式で n が常に一定になるようモータ回転数 f を制御する。

4.1.3 寸法測定マイコン制御

寸法測定マイコンに対して結束単位に製品本数、寸法規格、偏径差規格、端曲り規格を与え、その測定結果を収集する。

4.1.4 作業者への通知

製品外径、偏径差、端曲りの判定結果を出荷検査作業者に通知し判断させる。作業者は異常材の入っている束のみに着目し、マニュアルで再検査

を行う。その結果異常と判定した束は不合格として扱い入庫しない。

4.1.5 判定結果の処置

寸法測定結果の規格判定結果をもとに、不合格材があれば入庫保留にするなど、現品情報を付加する。

4.2 寸法測定マイコンの機能

4.2.1 SRIC プロコンとの情報授受

寸法測定マイコンはSRICプロコンより結束単位に本数および製品寸法規格と端曲り規格を受け取り、製品1本ごとの規格判定結果を結束単位にまとめてSRICプロコンへ送信する。また品質解析を可能にするため、製品全体の平均値・標準偏差を計算し同時にSRICプロコンへ送信している。

4.2.2 測定データ収集

(1) 外径寸法測定値収集

寸法測定マイコンはメインCPU、サブCPUの

2個のCPUを持っており、メインCPUは製品検知センサより製品が測定位置に来たことを検知しサブCPUに対して測定開始を指示する。サブCPUは64msごとに8回外径寸法データを寸法測定器より収集する。これは断面を8等分した位置の各々の外径に対応する。収集した8個のデータは加工せずに、メインCPUへ送り込む。

(2) 端曲りデータの収集

製品が測定位置に来たことを検知し、さらに製品が安定するのを待って64msごとに測定ビームの走査方向に対する偏位量を16回収集する。すなわちこの偏位量の[最大-最小]の1/2が端曲り量となる。

4.2.3 寸法測定データ収集の規格判定

サブCPUで収集した8個の外径測定データをもとに寸法規格および偏径差規格の合否判定を行う。

製品の寸法測定位置は、この8個の外径から寸法判定および偏径差判定を行う。

(1) 寸法判定

8個の外径全てが寸法公差範囲内であれば合格とする。ところがこの時寸法測定位置に疵取り跡がある場合、寸法は小さく測定され不合格と判定される。この不合理をなくすために疵取り許容基準(疵取り深さXXmm以下)があり、疵取り跡の判断がつけば疵取り許容基準を適用しなければならない。疵取り跡であるという判断は8個の外径測定結果の内、寸法公差のマイナス側外れが連続2個以内ならば、これは疵取り跡と判断している。

すなわち、寸法公差外れの場合は必ず連続3箇所以上の寸法マイナスが発生することになる。寸法判定は、この疵取り跡を除いて寸法公差判定を行う。しかし、疵取り跡の判断がまちがっている可能性があるため、疵取り跡と判断した製品が3本連続で発生した場合は疵取り跡の判断がまちがっていた可能性があるので異常扱いとし、作業者が実態を確認している。

(2) 偏径差判定

偏径差とは、当ラインで整備・検査する製品は、丸棒鋼であるため、断面が真円であることが必要であるが製造技術上の問題から、楕円になることがある。この真円度を測定し、許容範囲判定を行う。

真円度判定は、[短径/長径]が $n\%$ 以上ならば

Fig. 7. Outline of bend measurement.

合格とするが、ここでは、この $n\%$ を[長径-短径]の外径差に換算して判定を行う。

判定方法は、8個の外径寸法測定値のうち、疵取り跡と判断したデータを除いた残りの外径を用いて判定する。すなわち、データのうち[最大]と[最小]を選び出し、[最大-最小]を計算し、これが許容範囲に入っているか否かを判定する。

4.2.4 端曲りデータの規格判定

製品の外径測定のために、製品を回転させるときに、製品の端から300mmの位置をタッチ・ロールで押さえている。このため、製品に端曲りがあると、先端が振れる。この振れ幅を測定し、1/2した値が端曲り量である。本設備では先端から100mmの位置についている測定器からの被測定体中心位置信号より、先端から100mm部分の振れ幅をもとめ、この値から、先端の振れ幅を推定する。端曲り測定方法はFig. 7に示すように、

L_{max} : 中心位置偏位量の最大

L_{min} : 中心位置偏位量の最小

$\Delta W1$: 測定点での曲り量

ΔW : 端曲り量

とすると、測定点での曲り量 $\Delta W1$ は

$$\Delta W1 = (L_{max} - L_{min}) / 2$$

であり、端曲り量 ΔW は測定点の300/200倍であるため、

$$\Delta W = \Delta W1 \times (300/200)$$

この式に $\Delta W1$ を代入すると、

$$\Delta W = \{(L_{max} - L_{min}) / 2\} \times (300/200)$$

この式を整理すると、

$$\Delta W = 3/4(L_{max} - L_{min})$$

となる。 ΔW が端曲り規格よりも小さければ合格とする。

5. 結 言

当ラインでは、このように、自動検査装置を十分に活用し生産性の向上および品質保証精度の向上を実証することができた。今後は、さらに整備検査工程の生産性を向上させるため、同様な設備を設置し、オフライン作業がなくなるようにしていくとともに、操業、技術開発など努力していく所存である。

(文 献)

- 1) 小沢, 江川, 稲葉: 鉄と鋼, **69** (1983) 4, S182
- 2) 小沢, 中山, 新貝: 電気製鋼, **55** (1984) 2, 93
- 3) 小林, 山口, 佐々木, 小牧, 高井, 稲森: 材料とプロセス, **2** (1989) 5, 1559
- 4) 那須田, 中山: 電気製鋼, **61** (1990) 1, 55
- 5) アンリツ㈱: レーザー応用計測機器, カタログ