

## オンラインステンレス光沢測定装置の開発

Development of an On-line Glossnessmeter for Stainless Sheet

川崎製鉄(株)鉄鋼研究所 守屋 進\*・館野純一・虎尾 彰  
市川文彦  
千葉製鉄所 武智真一・牧野義和・塩川 隆

## 1. はじめに

川崎製鉄(株)千葉製鉄所冷延ステンレス工場は1991年3月に冷間圧延機、冷延焼鈍酸洗ライン、リコilingラインが操業を開始し、1992年3月にはスリッターライン、シャーライン、さらに9月にはコイル立体倉庫が稼働し、高品質、高能率な生産設備として完成した。当ステンレス工場建設にあたり、冷間焼鈍酸洗ラインにお客様への品質保証、大量不具合防止、全長保証のための連続的な操業監視のために、板厚計、板幅計、表面疵検査装置などの導入と同時に、新たに光沢度・白色度計を開発し、品質保証機器の充実を図った。

本報告では、新たに開発したオンラインステンレス鋼板光沢測定装置について報告する。

## 2. 測定機能と測定原理

ステンレス鋼板表面の評価方法としては、工業的には日本工業規格にて規定されている鏡面光沢度や白色度などの定量的評価方法と目視等級と呼ばれる目視検査による光沢感による評価が行なわれている。定量的評価方法は従来から圧延条件の決定、潤滑条件の決定などの評価方法として広く用いられており、目視による評価はお客様との間の表面品質評価に重要である。それゆえ、オンラインでの測定装置には鏡面光沢度、白色度と心理光沢度の3つの光沢評価量を同時に測定する機能が求められる。

開発した装置では、ステンレス鋼板表面の鏡面光沢度とハンターの白色度値を水銀ランプの表面からの光反射分布から測定するとともに、目視等級を水銀ランプによる鏡面光沢度および白色度の測定値とレーザによる光反射分布強度の測定値を入力情報とするニューラルネットワークにより判別する機能をもっている。

## 2・1 鏡面光沢度・白色度の測定方法

鏡面光沢度の測定は、対象表面の上下動に対し非常に大きな測定誤差を生じる従来の鏡面光沢度計の光学系の代わりに、幾何学的に鏡面光沢度計の光学系と相似する干渉性の弱い光源を用いた適当な空間的領域の光反射強度を測定する。

白色度は表面からの光反射分布の拡散成分の色彩情報から明度指数(L)、クロマティックネス指数(a, b)を用いて次式に示す白色度式から計算される。

$$W(Lab) = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2} \dots\dots\dots (1)$$

しかしながら、ステンレス鋼板表面ではa, b << Lであり、その結果(1)式はW=Lとなり白色度は光反射分布の拡散成分を測定することにより測定可能である。

## 2・2 目視等級の判定

目視等級の判定は、鏡面光沢度と白色度の測定結果とさらに微細な表面の凹凸状態を反映するレーザ光の反射強度の測定結果からニューラルネットワークにより判定する方法を採用した。レーザ光による測定の光学条件は表面の微細な凹凸情報と光反射強度の分布を関係づけるBeckmannの理論<sup>1)</sup>に基づき決定する。ここで用いるニューラルネットワークはオンラインにおける学習速度の速いLVQ型ニューラルネットワーク<sup>2)</sup>を適用した。

## 3. オンライン測定装置の構成

開発されたオンライン装置の測定光学系の主仕様をTable 1に示す。

開発した装置の構造の概略をFig. 1に示す。鏡面光沢度、白色度については、Table 1に示した光学条件で水銀ランプを表面に照射し、その光反射分布を32chフォトダイオードアレイを用いて測定する。また、オンライン対策として、このア

Table 1. Optical conditions for measurement.

	Specular glossiness · Whiteness	Laser reflection
Light source	Mercury lamp of 404 nm	Ar laser of 484 nm
Beam diameter	$\phi$ 8 mm	$\phi$ 1 mm
Incident angle	30°	10°
Resolution of the photodiode array	0.25° / 1ch	0.25° / 1ch

レイ素子とシリンドリカルレンズにより、鋼板表面の傾斜、パスライン変動による誤差の発生を抑制している。また、光源強度および外乱光をモニタし長期的な光源強度の低下および外乱光の変化に対する補償回路を設けている。

Fig. 2 に冷間焼鈍酸洗ラインにおける設置場所を示した。装置は上下面を同時に測定するようコの字形をしており、ラインオフが容易に可能である。また、ブライドルロール間に設置し、鋼板のパスライン変動を抑えた。

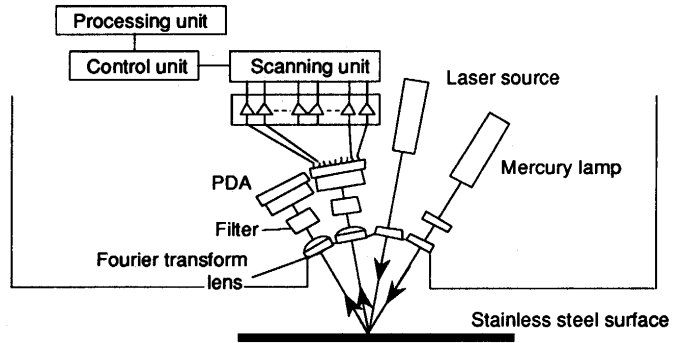


Fig. 1. Schematic drawing of the developed on-line apparatus.

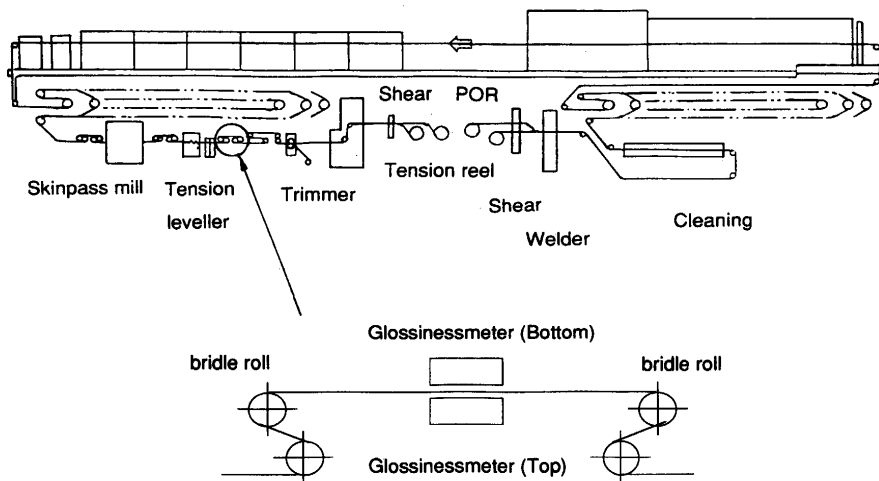


Fig. 2. Outline of on-line set up of the developed equipment.

#### 4. 装置性能実験結果

##### 4・1 鏡面光沢度、白色度の測定結果

開発された装置について、SUS430およびSUS304ステンレス鋼板を対象に、鏡面光沢度、白色度と白色光源の最大反射強度、拡散反射強度の関係をFig. 3, Fig. 4にそれぞれ示す。Fig. 3, Fig. 4より白色光源の反射強度と鏡面光沢度、白色度とも良好な相関関係が得られることが示され、それぞれの関係から検量線を用いて、鏡面光沢度はGs(20)にて $\pm 50$ 以内で、白色度は $\pm 2$ 以内の誤差で測定可能である。また、Fig. 4の関係から白色度については、SUS430とSUS304とで異なる検量線を必要とすることがわかる。

##### 4・2 目視等級判別結果

開発された装置による目視等級の判定結果をFig. 5に示す。Fig. 5において、検査員による複数回の目視判定の再現

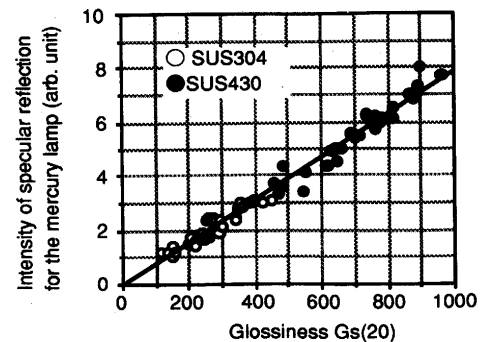


Fig. 3. Relationship between glossiness Gs(20) and the intensity of specular reflection for the mercury lamp in the on-line equipment.

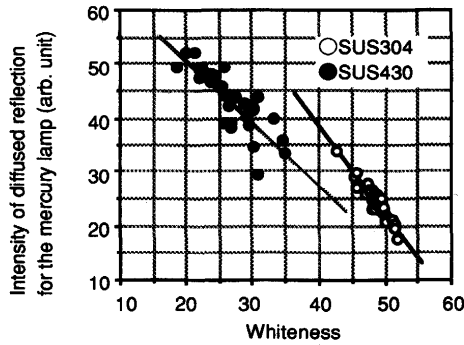


Fig. 4. Relationship between the whiteness and the intensity of diffused reflection for the mercury lamp in the on-line equipment.

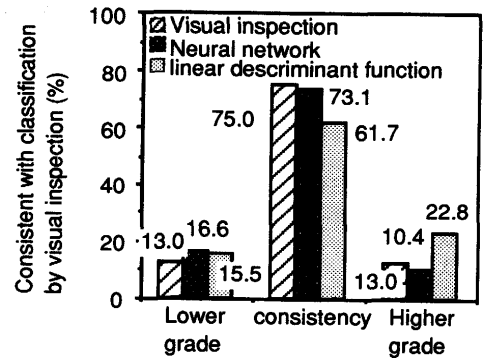


Fig. 5. Classification of the grades by the three investigated methods.

性を性能評価の基準とした。また、比較のために従来法として線形判別関数法による判別を行なった結果を同時に示した。Fig. 5に示されるように目視検査員の再現性75%に対し、本開発装置による判別結果の正答率は73.1%であり、判別関数による判別結果61.7%より高く、目視検査に匹敵する正答率が得られた。

### 5. オンライン測定結果

本装置では、鏡面光沢度、白色度、等級判別結果を2秒毎に出力可能であり、オンラインでの連続的な表面特性の評価ができる。Fig. 6に本装置のコイル全長にわたるオンライン測定の結果を示す。このように、本装置の設置により連続するコイルの時間的変化が把握でき、有効な操業の管理、製品品質の保証が可能となる。

### 6. 結言

ステンレス鋼板の重要な品質の一つである表面光沢をオンラインにおいて測定、評価する装置を開発し、当社千葉製鉄所冷延ステンレス工場に導入した。本装置の運用により、コイル全長にわたる表面の品質管理が可能であり、安定した高品質な製品の造り込みに寄与している。

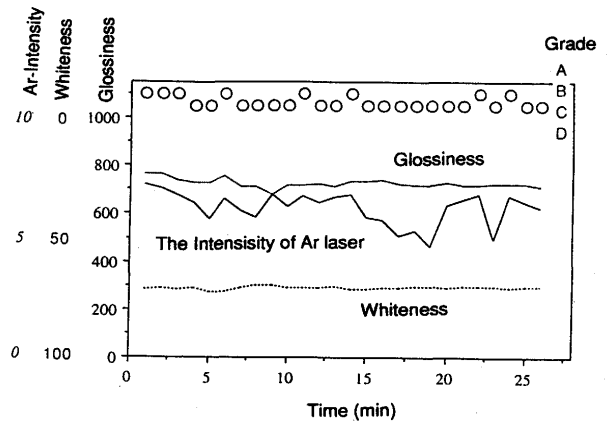


Fig. 6. The example of the on-line results of glossiness, whiteness and grade.

### 文 献

- 1) P. Beckmann and A. Spizzichino : The Scattering of Electromagnetic Waves from Rough Surfaces, (1963), [ Pergamon Press]
- 2) 久間和生, 中山 高 : ニューロコンピュータ工学, (工業調査会), (1992)