

討14

厚板平面形状認識装置と最適スラブ設計解析システム

住友金属工業㈱和歌山製鉄所 萩原康彦 ○久保多貞夫 八柳 博
川畑友明 森本哲生

1. 緒 言

厚板圧延における歩留を向上させる主な方法として、(1) 板厚・板幅の圧延寸法精度（狙い精度および変動）¹⁾²⁾の向上、(2) 圧延材平面形状の矩形状³⁾、(3) 採寸・切断の高精度化とスラブ設計の適正化が考えられる。和歌山製鉄所では上記(1)～(3)に対する努力を続けそれぞれ効果をあげているが、なかでも(3)項に対する方法として開発した厚板平面形状認識装置(Plate Shape Gage；以後PSGと呼ぶ)とスラブ設計を解析するためのシステム（以後両者を合わせて本システムと呼ぶ）による効果が著しく、直接的な効果だけでも2%を越える歩留向上を果してきた。これらの機能は従来に例を見ないものであり、その概要を報告する。

2. 本システムと厚板注文歩留の関係

厚板の注文歩留は合格製品重量と使用スラブ重量の比で与えられる。著者らは1973年～1974年に歩留ロス分析を試みた。図1に本システム導入前の歩留ロスの内分けを、また表1に本システムと歩留ロスの関係を示す。その結果、適切でない採寸および切断によって発生するロスやスラブ設計が適切でないために生じるロスの比率が非常に高いことを確認した。そこで、圧延したまゝの厚板全平面形状を高精度に測定しそのデータと成品寸法を用いて自動採寸および切断を指示する装置と、その認識情報を活用してスラブ設計の適正化を図る解析システムの開発を行うことにした。

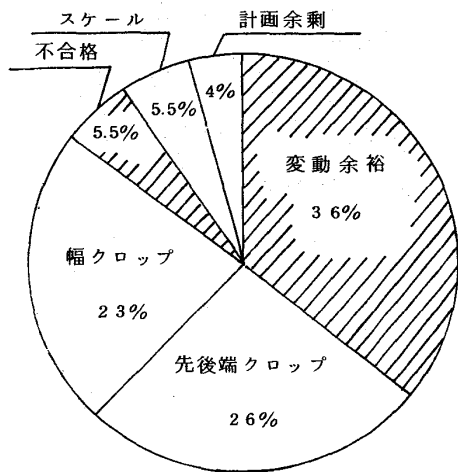
3. PSGの開発

3-1 PSGの目的

圧延したまゝの厚板の平面形状はフィッシュテールや圧延キャンバーなどのため一様でなく、従来は採寸作業を始めとする多くの精整作業を人間の目視確認に頼って行っていた。これを機械化することゝ認識した情報を有効活用出来るようにすることがPSGの目的である。

3-2 基本設計のための調査

(1) クロップ形状の特性； 図2に示すように、クロップシャー前面にカメラを固定設置し、搬送される鋼板の先後端をカメラの視野内に停止させて撮影した。対象はほぼ全体の特性を代表すると考えら



〔注〕 〰 〰 は本システムによる直接改善対象を示す。

表1 歩留ロス詳細とPSGおよびスラブ設計解析システムの関係

項 目		区 分
クロップロス	① 先後端クロップロス ② 幅クロップロス	(A)
変動余裕ロス	① 採寸不良ロス	A
	② 中切(途中長さ切断)代	
	③ 発生余剰ロス(・スラブ設計時の変動余裕代と 実際値の差・スラブ請求重量とスラブ実買重量の差)	B
	④ 板厚精度不良によるロス ⑤ その他	—
計 画 余 剰 ロ ス		(B)
不 合 格 ロ ス		A
スケールロス・その他		—

〔注〕 区分 A；PSG効果あり、区分 B；解析システム効果あり、
()は間接効果を示す。

図1 本システム導入前の歩留ロスの内分け

れる1日圧延分である。写真上のフィッシュテール形状を分析し、PSG機器仕様決定に利用した。

(2) ライン搬送中鋼板の横振れや回転

切削バイトを使った簡易テスト機を作成し、搬送中の鋼板表面に罫書線を入れ、鋼板の横振れや回転が点視出来ることを確認した。(測定横振れ量および測定回転量 = 0 たゞし、測定最大誤差; 20 m 長さに対し約 $\pm 2 \text{ mm}$)

3-3 厚板平面形状認識の方法

PSGは幅計、測長計、凹型クロープ測定装置、光幕式検出器およびコンピュータなど多くの機器で構成されている。図3および写真1にその主な測定機器を示す。本装置はテーブルローラ上を走行する鋼板の通過長さ

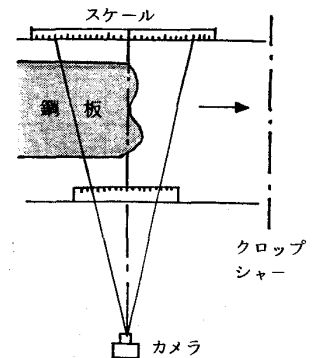


図2 写真撮影法によるクロープ形状調査

と、対応する鋼板両エッジ幅方向位置をコンピュータに読み取り、長さ(X)と幅(Y)の座標を使って正確な鋼板平面形状のイメージをコンピュータ内に認識させる。PSGはその目的から非常に高い精度が要求されるものであり、高精度化実現のため次のような特徴を持たせた。(1) 鋼板先後端の通過を、図4に示すように、点や線ではなく光の幕を利用した検出器により面で検出して、クロープの凹凸形状やそりに対しても正確に測定出来るようにした。

(2) タッチローラ式測長計を複数台設置し、これを組合せて使うことにより鋼板全長に互る長さ方向位置測定の高精度化を図った。

(3) 従来の下部光源方式幅計では測定出来ない鋼板幅方向中心部を、光電管を多数用いた装置で測定することにより凹型形状クロープの形状認識を可能にした。

(4) 情報前処理用ミニコンと情報本処理用のプロコンを用いて各種の計算処理を行わせるようにした。

3-4 認識パターン上での採寸

図5に示すように、PSGは認識した鋼板イメージの上に精整指示情報に基づいて適切な採寸を行って切断仮想線を入れ、罫書・ステンシル・切断用各装置に設定位置を指示する。また、自動採寸により寸法不合格が判明した時は切断方法を変更して再自動採寸し、特別管理を指示する。

さて、図6は先後端切断位置の決定方法説明図である。

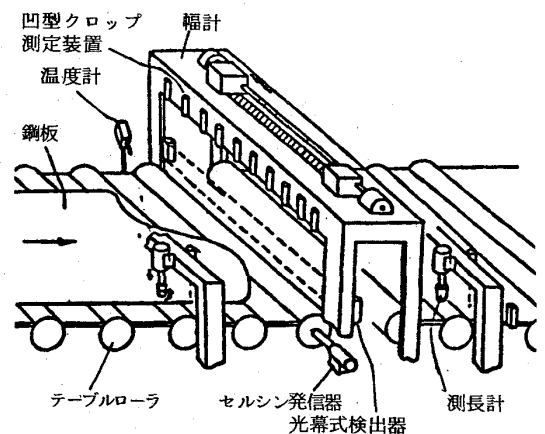


図3 PSGを構成する主な測定機器

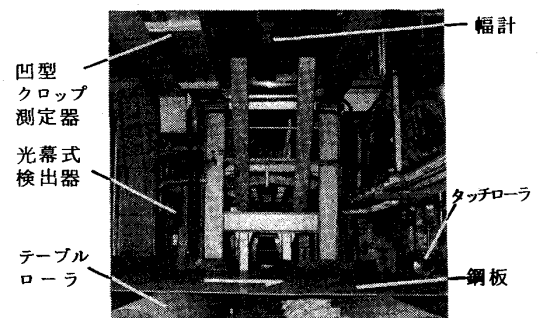


写真1 PSGの測定機器

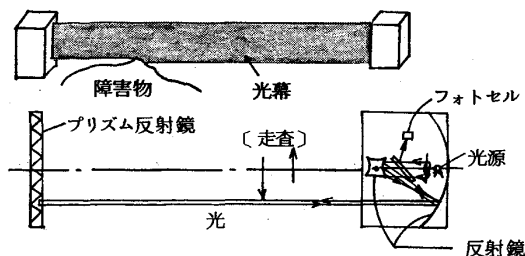


図4 光幕式検出器の測定原理図

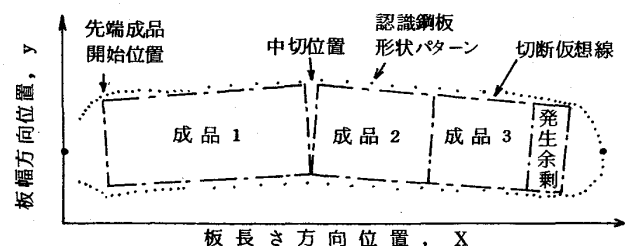


図5 PSGの認識パターン

図において、Aは有効板幅

W_{MIN} が確保出来る位置であり、Bは板幅変動が点視し得る位置すなわち $|dy/dx| \leq \text{一定値}$ になり始める位置とする。こゝで W_{MIN} はシャーク切断の場合次式となる。

$$W_{MIN} = W_A + \Delta W_{AMS} + C \times (\Delta W_{APL} - \Delta W_{AMS}) + \Delta W_{ST} + a$$

ただし、 W_A ；成品幅、 ΔW_{APL} ；幅上限公差、 ΔW_{AMS} ；幅下限公差、 C ；定数、 ΔW_{ST} ；切断代、 a ；切断余裕代

図中の d はA、Bの幅中心の幅方向距離を示す。 $d \geq \text{一定値}$ の場合 $d \leq \text{一定値}$ となるAの位置を、また $d \leq \text{一定値}$ の場合Aの位置を切断位置とする。

シャークラインでの幅切断は長さ切断前に行うため、圧延キャンバーが大きい時そのまゝでは切断出来ず、クロップシャークによる中切切断を行う。図7に中切位置と中切量の決定方法の説明図を示す。こゝでは簡単化のため2成品の取合せの場合を考える。この場合中切なしでは幅切断不可となり、図に示すような中切が必要となる。中切量は幅切断仮想線の傾きにより決定する。

また幅切断なしで出荷する厚板（耳付材と呼ぶ）の板幅検査も上述の採寸機能を拡張することにより正確に行える。

3-5 PSG認識結果の活用方法

PSG関連システムの構成と認識結果の活用方法概要を図8に示す。採寸・ステンシル・切断の自動化、板幅検査、ミルへのフィードバックのほか次章で述べるスラブ設計解析システムなど技術解析にも積極的に活用されている。

3-6 PSGの精度

著者らはテスト材5枚を専用材として用意し、任意の平面形状をガス切断により人工的に作成してその寸法とPSG認識値との差を確認した。測定結果の例を図9に示

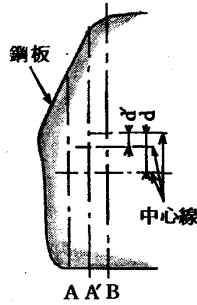


図6 先後端切断位置決定方法

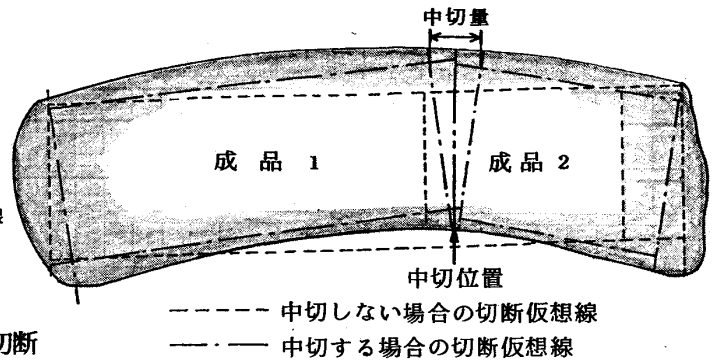


図7 中切位置および中切量の決定方法

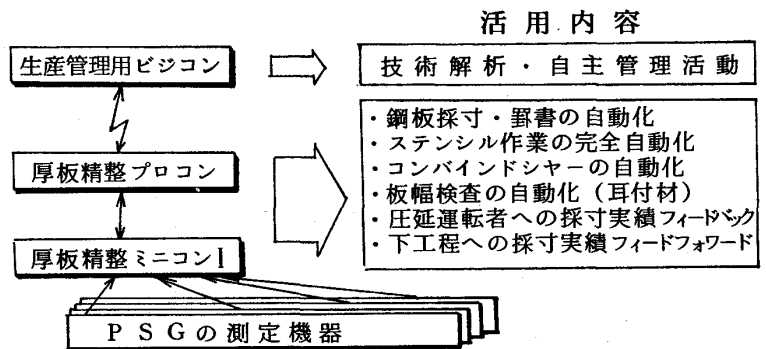


図8 PSG関連システムの構成と認識結果の活用方法

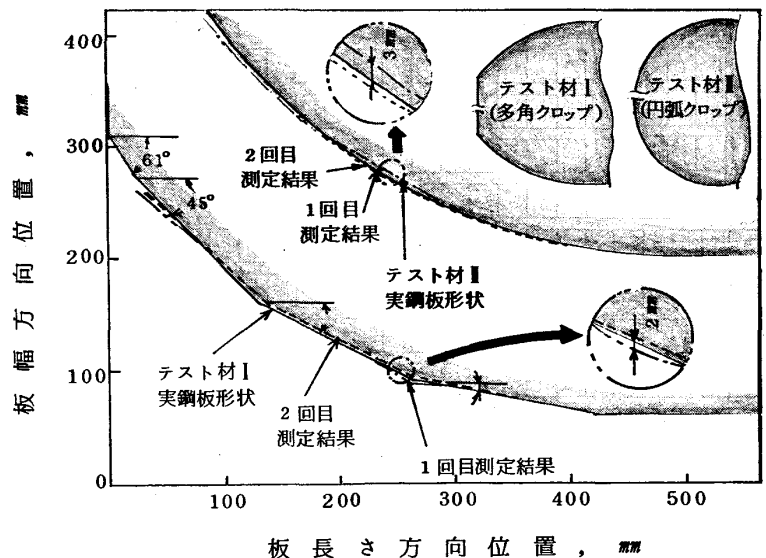


図9 鋼板先端片側エッジの形状認識精度（テスト材使用）

表2 認識精度

項目	最大誤差	測定条件
幅計(対象材エッジ角度 15°以下)	± 2 mm	通板速度；1 m/s
" (" 15°～50°)	± 3～11 mm	幅計視野(片側)；400 mm
測 長 計	± 20 mm	板 長；6～40 m

す。また、認識精度は表2に示す通りである。

4. スラブ設計適正化のための解析システム

厚板の製造においてスラブ設計は歩留・能率面できわめて重要な問題であるが、スラブ設計で考慮すべき因子の数が多く特性も複雑であるため解析が容易でなかった。そこで著者らは、その因子となる情報を正確に、かつ大量に収集し特性分析が容易に行える図10に示すようなシステムを開発した。

4-1 厚板の素材スラブ設計

素材スラブの請求重量(G)は次式で与えられる。

$$G = (\rho / \alpha \cdot \beta) \times (h + \Delta h) \times (\omega + \Delta \omega) \times (\ell_0 + \Delta \ell)$$

ρ ; 鋼の密度 α ; スラブ手入ロス

h, ω ; 板厚, 板幅 β ; スケールロス

ℓ_0 ; 成品合計長 $\Delta \omega$; 板幅変動余裕

Δh ; 板厚変動余裕 $\Delta \ell$; 圧延長余裕

ここで $\alpha, \beta, h, \Delta h, \omega, \Delta \omega, \ell_0, \Delta \ell$ は成品寸法・公差・製造仕様・素材寸法によって決定される変数である。

4-2 スラブ設計適正化のための解析方法

- (1) 因子となる変数 ; PSG認識情報(クロップ長, 発生余剰長, 板幅など)、板厚実績, スラブ情報, 成品情報など
- (2) 対象 ; 圧延材全件(一度の計算では約3000件が対象)
- (3) 分析の方法 ; 一例をあげて説明する。まずスラブ設計因子特性分析システムを使って次の分析を行う。

① 狙い値に対するスラブ重量偏差や板厚偏差の影響を補正した発生余剰長を計算する。② 圧延条件因子を任意に区分し、補正余剰長のヒストグラムを作成し過剰余裕の特性を明確にする。つぎにこの結果に従ってスラブ設計式を補正する。

このようにして改善した結果は日常技術管理システムや計画内容評価システムを使って評価され、補正や再改善が図られる。

5. 効果

図11に和歌山製鉄所の厚板注文歩留の推移を示す。約5年間で3.4%の歩留向上を果してきたが、2.2%は本システムの効果によるものである。そのほか省力にも大きな成果をあげた。

6. 結 言

以上のように、本システムは歩留ロスの大きな要素である変動余裕を合理的に削減し、かつ不合格率を減少させるという優れた成果を納めてきた。しかし現状の注文歩留はまだ満足出来るものではない。今後は残された大きな歩留ロス解消のため、圧延寸法精度の向上などに努める予定である。

文 献

- 1) 岡本, 美坂, 横井ら ; 住友金属, 27(1975), 3, P74
- 2) 久保多, 八柳 ; 住友金属, 30(1978), 4, P102
- 3) 柳沢, 三芳, 坪田ら ; 川鉄技報, 11(1979), 2, P1

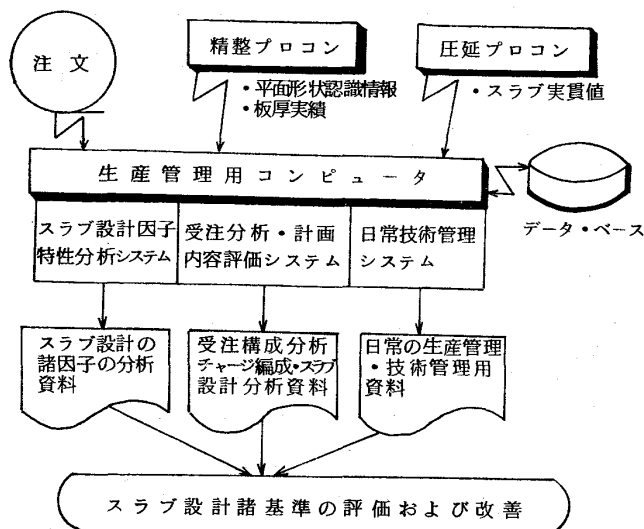


図10 スラブ設計解析システム概念図

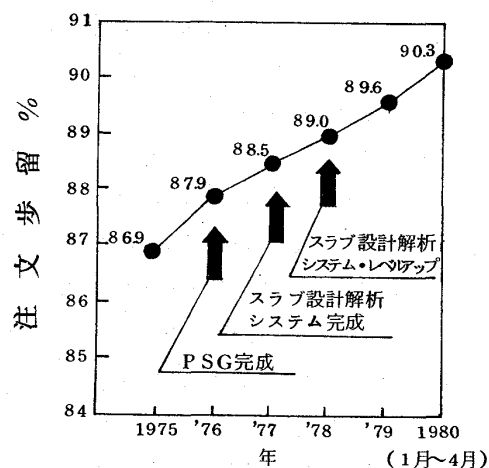


図11 和歌山製鉄所の

厚板注文歩留の推移