

---

ステンレス薄鋼帯用ハイテンションスキンパス設備の開発

Development of High Tension Skinpass Facility for Stainless Steel Cold Strips

神谷 昭彦(Akihiko Kamiya) 山本 準一(Jun-ichi Yamamoto) 佐長 修一(Syuichi Sacho) 塊原 浩(Hiroshi Kaibara)

---

要旨：

近年、ステンレス冷延薄鋼帯の平坦度に対する要求は非常に厳しくなってきた。この要求にこたえ、かつ、従来の方法より能率よく処理する装置としてハイテンションスキンパスミルを開発した。予備調査の結果、機械的性質、光沢度および平坦度を満足させ、かつ、能率よくスキンパスするには、適度な圧力のもとで前方張力を材料降伏応力の 70%かければ、薄鋼帯に 0.8%以上の伸びを与えることができ急俊度が 0 に近くなることがわかった。それにもとづいて従来の 2 段スキンパスミルをハイテンションスキンパスミルに改造し、現在順調に操業している。特に薄ゲージにおいて、光沢度及び平坦度のすぐれたステンレス冷延薄鋼帯を能率よく製造している。

---

Synopsis：

In order to meet the increasing requirements for flatness of stainless steel cold strip, a high tension skinpass mill has been developed. Some investigations during developing stages have suggested that stretching by 0.8% under front tension of  $0.7 \times \sigma_y$  and rolling under optimum force are essential for the strip to obtain flatness coupled with high gloss and superior mechanical property. Based on the results, a high tension type of skinpass mill has been designed, and the 2-high skinpass mill has been reformed into that type of mill. This mill is now in operation with high efficiency, and is manufacturing stainless steel cold strip having outstanding flatness as well as high gloss.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

# ステンレス薄鋼帯用ハイテンションスキンパス設備の開発\*1

川崎製鉄技報  
15(1983)3.213-217

神谷 昭彦\*2 山本 準一\*3 佐長 修一\*4 塊原 浩\*5

## Development of High Tension Skinpass Facility for Stainless Steel Cold Strips

Akihiko Kamiya, Jun-ichi Yamamoto, Syuichi Sacho, Hiroshi Kaibara

### 要旨

近年、ステンレス冷延薄鋼帯の平坦度に対する要求は非常に厳しくなってきた。この要求にこたえ、かつ、従来の方法より能率よく処理する装置としてハイテンションスキンパスミルを開発した。

予備調査の結果、機械的性質、光沢度及び平坦度を満足させ、かつ、能率よくスキンパスするには、適度な圧下力のもとで前方張力を材料降伏応力の70%かければ、薄鋼帯に0.8%以上の伸びを与えることができ急峻度が0に近くなることがわかった。

それにもとづいて従来の2段スキンパスミルをハイテンションスキンパスミルに改造し、現在順調に操業している。特に薄ゲージにおいて、光沢度及び平坦度のすぐれたステンレス冷延薄鋼帯を能率よく製造している。

### Synopsis:

In order to meet the increasing requirements for flatness of stainless steel cold strip, a high tension skinpass mill has been developed. Some investigations during developing stages have suggested that stretching by 0.8% under front tension of  $0.7 \times \sigma_y$  and rolling under optimum force are essential for the strip to obtain flatness coupled with high gloss and superior mechanical property.

Based on the results, a high tension type of skinpass mill has been designed, and the 2-high skinpass mill has been reformed into that type of mill.

This mill is now in operation with high efficiency, and is manufacturing stainless steel cold strip having outstanding flatness as well as high gloss.

## 1. 緒 言

近年、ステンレス冷延薄鋼帯の需要も、量の時代から質の時代へと転換してきた。ステンレス冷延薄鋼帯の需要家は、加工製品の高級化、加工コストの低減、材料費の低減等に対応するため、耳のび、腹のびのない優れた平坦度、優れた表面光沢や使用鋼帯の薄ゲージ化などを要求している。

これらの要求にこたえ、かつ、従来のプロセスよりコストダウンする方法を検討した結果、従来の2段スキンパス圧延機でも高張力を鋼帯にかけて調質圧延すれば、テンションレベラーをかけたステンレス冷延薄鋼帯と同じ平坦度で、優れた表面光沢を持ち、さらに、生産性・歩留をも従来より向上させようことがわかった。以上の検討に基づいて、既設の2段スキンパスミルをハイテンションスキンパスミルに改造し、昭和56年1月より順調に稼働しているので、その開発経過、設備概要、操業結果について報告する。

## 2. 開発経過

### 2.1 従来のプロセスと開発方針

ステンレス冷延薄鋼帯のスキンパス圧延は、機械的性質の調整、表面光沢付与、および形状調整、が主な目的である。

従来の冷延薄鋼帯のスキンパス圧延は、光沢を出すために、大径ロール(ロール径650~700 mmφ)の2段圧延機を用いたドライ圧延であり、次のような問題があった。

- (1) SUS430の薄ゲージ品(板厚1.0 mm以下)では、リユースラインの出ないスキンパス伸び(0.7~1.0%)を与えるためには、2~3パスの圧延を要し、生産性がよくない。
- (2) 形状の修正程度には役立つが、矯正能力はない。

したがって、表面光沢がよく、平坦度の優れた冷延薄鋼帯をつくるには、Fig. 1に示すように、2段圧延機でスキンパスを行ってから、テンションレベラーをかけて平坦度を確保している。このため、平坦度は満足出来るが、生産性が悪く、また、テンションレベラーで表面光沢を損う結果になっている。

そこで、

- (1) スキンパス圧延時に高張力を付加して、形状を矯正する、
- (2) SUS430の場合所定の機械的性質を満足させるスキンパス伸び、0.8%を、1パスのスキンパス圧延で得る、
- (3) 優れた表面光沢を得る、ことの可否を主たる技術的検討項

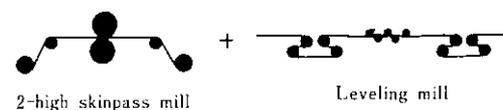


Fig. 1 Conventional process

\*1 昭和57年10月14日原稿受付

\*2 阪神製造部製造技術室主任(課長)

\*3 阪神製造部ステンレス課課長

\*4 阪神企画部企画開発室主任(掛長)

\*5 阪神製造部製造技術室

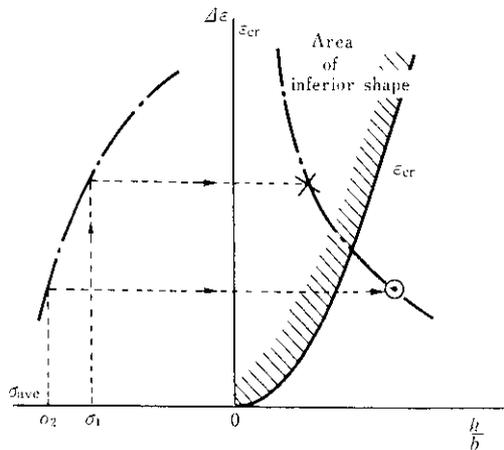
目として、新スキンパスミルの開発に着手した。

### 2・2 張力付加による形状改善効果

形状のよい板を圧延するには、伸びの均一化をはかることが必要である。一般に圧延では圧下力によるロールの曲がり、および扁平化現象が生じる。これにはロールクラウンの選択等によって対処しているが、多種の条件の圧延を行う場合、常に最適のクラウンのロールが選択されるわけではなく、また、ロール変形状に対してクラウンの形状は単純であるため伸びは不均一になる。ロールの変形を抑えるには圧下力を小さくすればよいが、板の機械的性質改善のために必要な伸びは確保しなければならない。この対策として、圧下力による伸びの一部を前後方張力に分担させ、圧下力を下げながら必要な伸びを与える圧延を、形状の面から有効な圧延法として検討した。

圧下力を  $n$  次関数分布としてストーンの式<sup>2)</sup>、およびヒッチコックの式<sup>3)</sup>を用いて0.3 mm厚×1000 mm幅の板を、0.7%圧下する場合、前後方張力がない場合には圧下力600 tfを必要とするのに対し、7 tfほどの前後方張力を加えると、圧下力は300 tfでよい結果となり、これによってロール偏平は8分の1、ロール曲がりは2分の1となり、全体として伸びは均一となることが示唆される。

つぎに板の矯正の面から考えると、伸びの不均一によって、内部応力的に圧縮領域ができ、その圧縮応力によって、板は部分的に座屈して、耳波、腹伸び等の形状不良を生じる。この矯正方法としては一般に高張力引張り加工、あるいはこの加工とレベラーによるくり返し曲げ加工との併用が採られる。これらは板に塑性加工を加えて内部応力の均一化をはかるものであるが、引張り加工と圧延による塑性加工を加えたものも、矯正機能を有すると考えられる。これを前述のモデル計算のように試算すると Fig. 2 に示すようになる。本図は特定の前後方平均張力に対して算出された最大圧縮歪  $\Delta\epsilon$  と圧縮領域の幅  $b$  を図示し、 $\Delta\epsilon$  と  $b$  の示す位置が、 $h/b$  によって定まる形状不正領域の、内外いずれにあるかによって、形状の良否を判断することができる。本図から、 $\sigma_{ave}$  が増すと  $\Delta\epsilon$  が減少し、 $h/b$  が増大して形



$b$ : Width of compression area  
 $h$ : Thickness of strip  
 $\nu$ : Poisson's ratio  
 $K$ : Constant  
 $\sigma_{ave}$ : Average of front and back tension  
 $\epsilon_{cr}$ : Critical strain by buckling load  
 $\Delta\epsilon$ : Maximum residual compressive strain  

$$\epsilon_{cr} = K \cdot \frac{\pi^2}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{h}{b}\right)^2$$

Fig. 2  $\sigma_{ave}$ - $\Delta\epsilon$  and  $\frac{h}{b}$ - $\epsilon_{cr}$  diagram showing influence of tension on shape of strip

状不正領域を回避できることがわかる。これらのことから、スキンパスミル前後にブライドルを配置し、高張力下でスキンパス圧延を行えば、従来のスキンパス効果に加えて、十分な形状矯正効果をもったラインになると考えられた。

一方、光沢やリューダースラインに対する対応としては、前方張力と後方張力の値を制御して対応できると考えた。

### 2・3 予備実験

#### 2・3・1 実験条件

スキンパス圧延時の高張力付加による形状矯正の可能性が示唆されたが、更に後述する項目について確認するため、従来の2段スキンパス圧延機 (LOWEY 製) ロール径 711 mm $\phi$ 、ロール胴長 1269 mm、ロールクラウン 200  $\mu$ m で実験を行った。実験材は SUS 430 2D の 0.3 厚×1020 mm 幅を用い、実験は Table 1 に示すように前方張力、後方張力、圧下力を変えて行った。また、調査項目と調査方法は以下の通りとした。

- (1) スキンパス伸び (%) : スキンパス入側で 500 mm 標点のケガキを入れ、出側でその変化を測定する。
- (2) 表面光沢 : 日本電色工業社の測色色差計を用い入射角  $\theta = 20^\circ$  とした。
- (3) 急峻度 : 定盤上にて測定し  $H/L \times 100\%$  で表す。ただし、 $H$  (mm) は波の高さ、 $L$  (mm) は波のピッチである。

Table 1 Test conditions

Test No.	Front tension/ $\sigma_y$	Back tension/ $\sigma_y$	Roll force (kgf)
1	0.5	0.3, 0.4, 0.5, 0.6	$6.6 \times 10^5$
2	0.7	0.3, 0.4, 0.5, 0.6	$6.6 \times 10^5$
3	0.8	0.3, 0.4, 0.5, 0.6	$6.6 \times 10^5$
4	0.8	0.6	$3.3 \times 10^5$
			$4.4 \times 10^5$

( $\sigma_y$ : yield stress of SUS 430 2D)

#### 2・3・2 実験結果

##### (1) 平坦度とスキンパス伸びの関係

Fig. 3 に示すように、スキンパス伸びを 0.7% 以上とれば、急峻度が 0.5% 以下の非常にすぐれた平坦度となることがわかった。

##### (2) 張力とスキンパス伸びの関係

Fig. 4 に示すように前方張力をユニットテンションで SUS 430 の降伏応力の 80% をかければ、平坦度確保に必要なスキンパス伸び 0.7% 以上を得られる。一方、Fig. 5 に示すように、後方張力はスキンパス伸びに大きくは影響しないことがわかった。これは SUS 430 の場合、所定のスキンパス伸び (0.7~0.8%) を得るのに、後方張力をリューダースラインを板面に発生させない範囲 (降伏応力の 80% 以下) に設定出来ることを示唆している。

##### (3) 光沢度とスキンパス伸びの関係

Fig. 6 に示すように圧下力 660 tf の条件下では、スキンパス伸びに比例して光沢度が上がることがわかる。また従来、スキンパスを 3 パス施して得ていた光沢度に劣らないことが確認された。

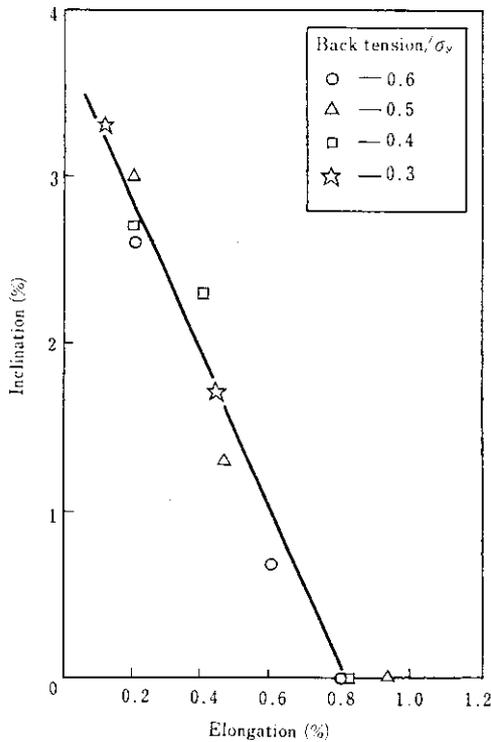


Fig. 3 Effect of elongation by skinpass on inclination of strip

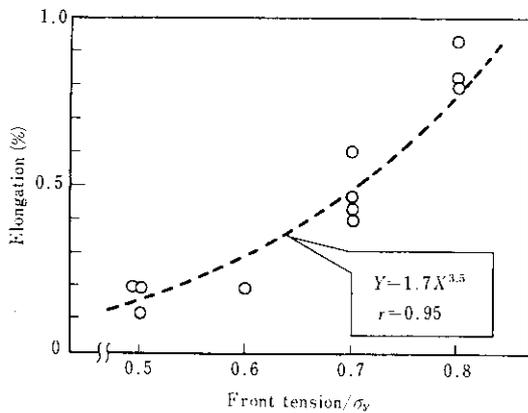


Fig. 4 Effect of front tension on elongation by skinpass

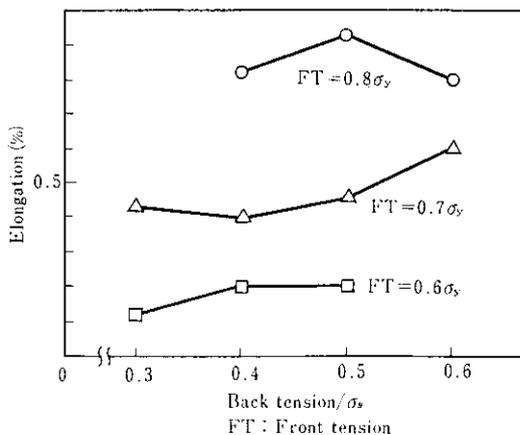


Fig. 5 Effect of back tension on elongation by skinpass

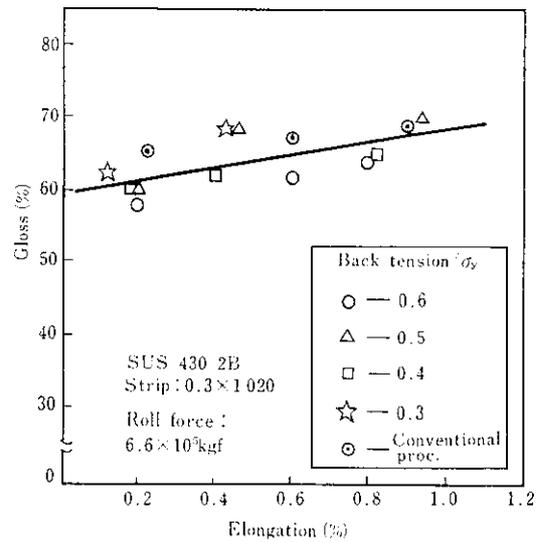


Fig. 6 Effect of elongation by skinpass on gloss of strip

### 2.3.3 現有設備における問題

従来の2ハイスキンパスミルでは、最高付加張力が8 tfであり、実操業における厚物圧延時には張力が不足する。また、テンションリールの捲取張力が強いと、捲取りによる形状不良を引き起す。以上、スキンパス部と捲取部の張力が独立した強力な張力発生装置が必要となり、設備改造を計画した。

## 3. ハイテンションスキンパス設備仕様

### 3.1 基本仕様

Table 2 にハイテンション設備基本仕様を Fig. 7 に配置図を示す。

ミルは既設メーター幅スキンパスミルハウジングを流用し、4フィート幅まで処理可能なように改造した。ミルの発生トルクによって前方および後方張力の配分を変える制御方式になっている。

### 3.2 ブライドル装置

ブライドル装置は、三菱重工(株)製で、入側ブライドルの駆動は速度可変装置を有するギアで行われ、出側ブライドルロー

Table 2 Main specifications of high tension skinpass mill and materials to be fed

Item	Specification
Materials	SUS 304, SUS 430
Strip thickness (mm)	0.3~2.0
Strip width (mm)	600~1300
Line speed (m/min)	Max. 200
Tension (tf)	Max. 30
Roll force (tf)	Max. 800
Elongation (%)	0~1.2
Roll dia. (mm)	711φ×1219
	711φ×1400
Mill motor power (kW)	190

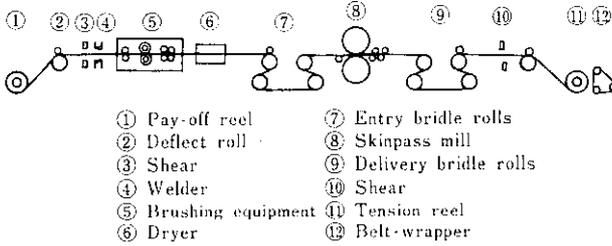


Fig. 7 Line arrangement of high tension skinpass mill

ル4本はピニオンスタンドで同一周速で回転するように連結されており、伸び率に応じて入側ブライドルの速度を出側ブライドルに対して減じるようになっている。また必要に応じて、入側ブライドルのトルクを制御する張力一定運転も可能である。

各ブライドルは4本のロール(800φ×1500L, 電動機370 kW)からなり、マスターロールに対する、板の伸びによる速度差に対しては、マスターロールのトルクに応じて各ロールのトルクをコントロールするようパウダークラッチが、残りの3本のロールに取りつけられている。

4. 操業

以上のような検討の結果完成したハイテンションスキンパスミルの実操業について述べる。

Fig. 8に、伸び率0.7% (一定) のときの圧下力と急峻度の関係を示す。予備実験で確認されたように、伸び率0.7%で急峻度0.5%以下を満足することが、実機でも確認できた。加えて伸び率0.7%を実現するために必要な圧下力と張力の組合せ範囲がかなり広く存在することがわかった。

Fig. 9に、伸び率0.9% (一定) のときの圧下力と光沢度の関係を示す。光沢度は、実操業での圧下力範囲においておおむね飽和しており、かつ、高いレベルの光沢度が得られている。

Fig. 10に、スキンパスミルのロール駆動電流とブライドル張力との関係を示す。SUS 430のリューダースライン発生限界以下に後方張力を抑えて、所望のスキンパス伸びを実現することが可能になっている。また、急峻度の改善効果を Fig. 11に示

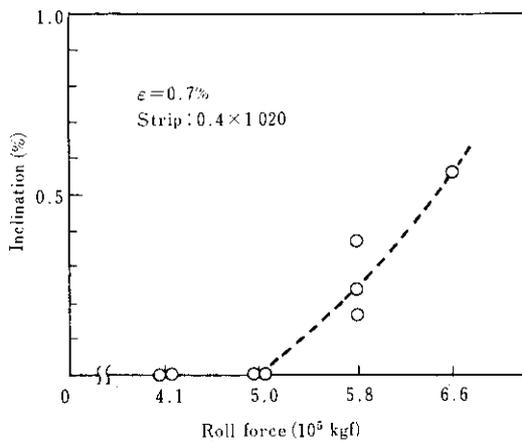


Fig. 8 Effect of roll force on inclination of strip when elongated by 0.7%

す。改造前の1/3に改善されている。さらにパス回数の減少により生産性も1.5倍に向上した。

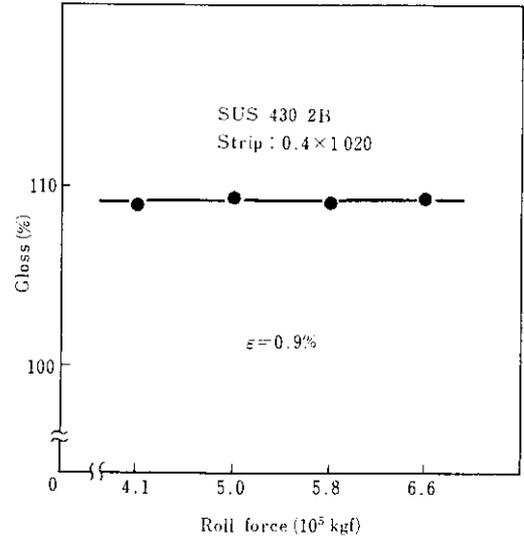


Fig. 9 Effect of roll force on gloss of strip

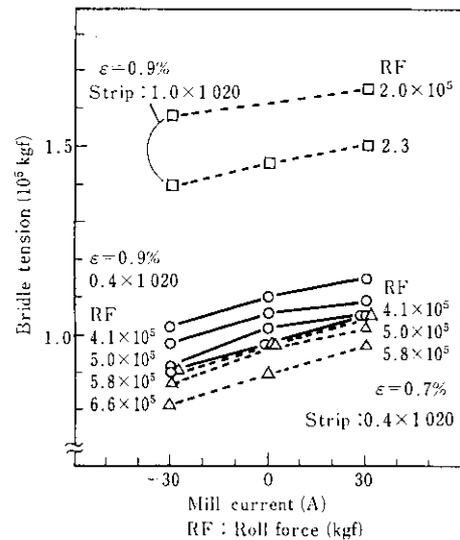


Fig. 10 Effect of mill current on bridle tension

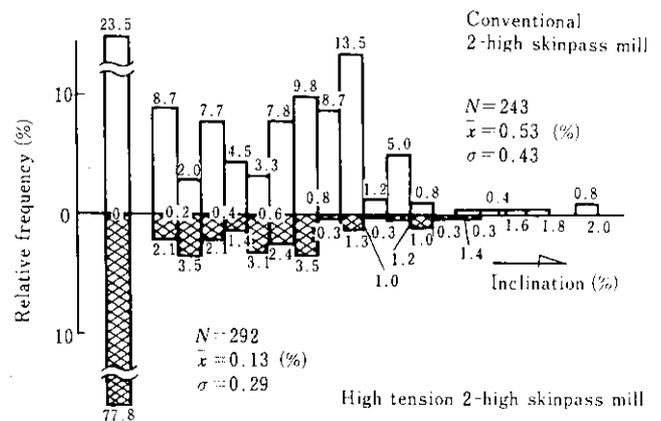


Fig. 11 Comparison of inclination before and after reconstruction

## 5. まとめ

以上、本装置によって、後方張力を SUS 430 のリューダースライン発生限界以下に抑え、前方張力を降伏応力の 70% として、

適当な範囲の圧下力を与えることにより、機械的性質・平坦度・光沢度を十分満足するスキンパス圧延が、1 パスで可能となった。この結果平坦度ではその指標となる急峻度でみて改造前の 1/3 に改善され、さらに、生産性も改造前の 1.5 倍に向上した。

### 参考文献

1) M.D.Stone: Iron Steel Eng., 30 (1953) 2, 61

2) J.H.Hitchcock: Am. Soc. Mech. Eng., Research Publication, (1930)