

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.16 (1984) No.2

新連続電気クロムめっき設備と剪断設備の概要

Outline of New Continuous Tin-Free Steel Line and Shearing Line

岩沼 克彦(Katsuhiko Iwanuma) 森本 正幸(Masayuki Morimoto) 谷口 茂樹
(Shigeki Taniguchi) 木村 篤光(Tokumitsu Kimura) 泉山 禎男(Yoshio Izumiyama)
市田 敏郎(Toshio Ichida)

要旨：

1983年6月、川崎製鉄㈱千葉製鉄所に完成した連続電気クロムめっき設備(TFLと略記)および同剪断設備は、その後順調に稼動している。TFLでは、逆電解法を用いためっき方式とICP分析装置を用いた自動溶液濃度管理システムとを開発し、またプロセスコンピュータによる操業条件の自動設定、入・出側作業の機械化・自動化によって全自動で高品質の製品を安定して生産している。剪断設備では、数値制御式シャー、高速ノーラッピングパイリングシステム、シャー入側のループレス化などによって、高速かつ高品質の剪断設備を実現した。

Synopsis：

The continuous tin-free steel line (TFL) and the shearing line were installed in June 1983 at the Cold Rolling Plant of Kawasaki Steel Corporation's Chiba Works and are now in smooth operation. They have the following characteristics: The adherence to paintings has been greatly improved by the development of the reverse electrolysis method. The automatic analysis system for measuring solution concentrations includes ICP analyzing equipment, which was also developed. Its optimum operating conditions are set by the process computer. Consequently, all chromium plated steel products are able to be manufactured by an automated process from entry to delivery. The new shearing equipment permits improvement in the accuracy of the cutting length by digital control systems developed. Equipment including no loop enhanced the accuracy of squareness and detection of surface defects of products. The piling process based on the high-speed no-lapping system prevents the sheets from the occurrence of slipping scratches. As a result, quality of the products has been improved and stabilized.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

岩沼 克彦^{*2} 森本 正幸^{*3} 谷口 茂樹^{*4} 木村 篤光^{*5} 泉山 禎男^{*6} 市田 敏郎^{*7}

Outline of New Continuous Tin-Free Steel Line and Shearing Line

Katsuhiko Iwanuma, Masayuki Morimoto, Shigeki Taniguchi, Tokumitsu Kimura, Yoshio Izumiyama, Toshio Ichida

要旨

1983年6月、川崎製鉄(株)千葉製鉄所に完成した連続電気クロムめっき設備(TFLと略記)および同剪断設備は、その後順調に稼動している。

TFLでは、逆電解法を用いためっき方式とICP分析装置を用いた自動溶液濃度管理システムとを開発し、またプロセスコンピュータによる操業条件の自動設定、入・出側作業の機械化・自動化によって全自動で高品質の製品を安定して生産している。

剪断設備では、数値制御式シャー、高速ノーラッピングパイリングシステム、シャー入側のループレス化などによって、高速かつ高品質の剪断設備を実現した。

Synopsis:

The continuous tin-free steel line (TFL) and the shearing line were installed in June 1983 at the Cold Rolling Plant of Kawasaki Steel Corporation's Chiba Works and are now in smooth operation. They have the following characteristics:

The adherence to paintings has been greatly improved by the development of the reverse electrolysis method. The automatic analysis system for measuring solution concentrations includes ICP analyzing equipment, which was also developed. Its optimum operating conditions are set by the process computer. Consequently, all chromium plated steel products are able to be manufactured by an automated process from entry to delivery.

The new shearing equipment permits improvement in the accuracy of the cutting length by digital control systems developed. Equipment including no loop enhanced the accuracy of squareness and detection of surface defects of products. The piling process based on the high-speed no-lapping system prevents the sheets from the occurrence of slipping scratches. As a result, quality of the products has been improved and stabilized.

1 緒 言

連続電気クロムめっき設備(TFLと略記)と同剪断設備とが、1983年6月営業運転に入り、その後順調に稼動している。従来千葉製鉄所では、クロムめっき鋼板を、すずめっきとの兼用ラインであるNo.1連続電気すずめっき設備で製造してきた。この度、需要量増大への対応と製造技術開発による競争力の強化とをめざし、TFLを建設し、あわせて剪断設備も建設した。

設備設計にあたっては、省資源・省エネルギーと自動化・省力に徹するとともに、高品質製品の安定生産と品質保証の強化を十分考慮した。

本報告では、TFLおよび剪断設備の特徴と初期の操業実績・製品品質についてその概要を紹介する。

2 設備の概要

TFLのラインレイアウトをFig.1に、全景をPhoto1に示す。

2.1 TFL設備

2.1.1 入側設備

入側設備は調質済み冷延鋼帯を順次溶接し、中央設備へ送りこむ

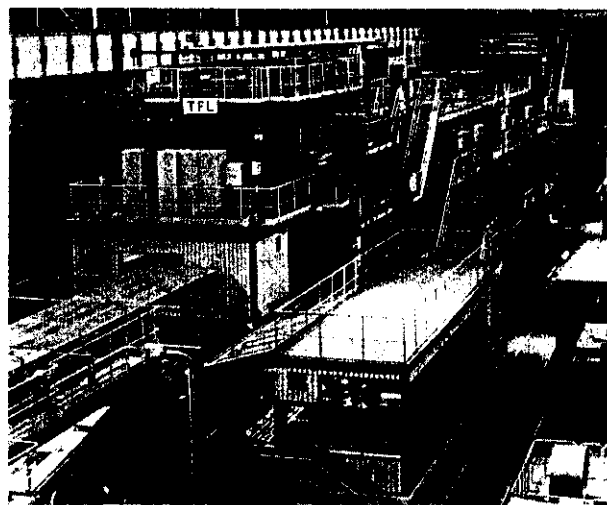


Photo 1 General view of TFL

ためのもので、パイオフィール、リジェクトリール、溶接機およびルーバーから構成されている。

リジェクトリールは2台のパイオフィールからのストリップを受け入れられるように、両パイオフィールの間に設置している。溶接機は溶接時スパッタ飛散が極めて少ない直流タイプのナローラップ

*1 昭和58年12月26日原稿受付

*2 千葉製鉄所冷間圧延部冷延技術室主査(課長)

*3 千葉製鉄所設備技術部機械技術室主査(課長)

*4 千葉製鉄所冷間圧延部冷延技術室

*5 千葉製鉄所冷間圧延部鍍金課

*6 千葉製鉄所冷間圧延部鍍金課課長

*7 技術研究所第3研究部表面処理研究室室長・理事

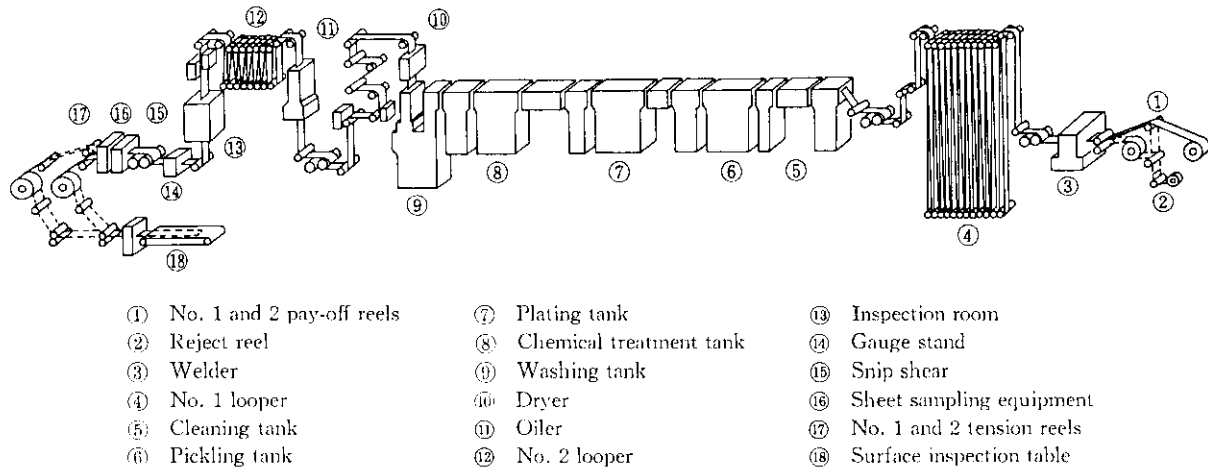


Fig. 1 Schematic diagram of TFL

シームウェルダであり、溶接点トラッキング用パンチャーと溶接部のサイドクリッピング装置を有している。

素材コイルが天井クレーンによりコイルスキッド上に置かれると、コイルの配替、ペイオフリールへの挿入から始まり、先行コイルと後行コイルの溶接、ルーバーへの送りこみおよび先行コイルエンドのリジェクトまで一連の入側作業を連続的に自動で行う。

2.1.2 中央設備

中央設備は脱脂、酸洗、めっき、化学処理をするためのもので、多数のタンクとめっき後のストリップの乾燥、塗油装置から構成されている。このうちめっきでは当社独自で開発した逆電解法によるめっき設備を配置し、製品の高品質化をはかっている。多種にわたる溶液およびリンスの液管理では ICP (Inductively Coupled Plasma) 分析装置を導入し、液分析の自動化・迅速化と濃度制御精度の向上をはかっている。またコンピュータを使用した集中計装システムによって、液温・液濃度・液量等の操業条件を自動制御するとともに、バルブ・ポンプを遠隔操作可能とし、液上げ・液落し・洗浄等の一連の液作業も自動で行える設備とした。タンクは液漏れのない構造とし、メンテナンスが容易な構造としている。

2.1.3 出側設備

出側設備は製品品質の検査とストリップの巻取りおよび分割をするものであり、ルーバー、検査機器、スニップシャーおよび2台のテンションリールから構成されている。

検査機器では特に表面傷検査において、光走査式と電子走査式とを併用して表面検査機能を強化した。また従来手作業で行われていた供試材の採取、溶接点表示紙の挿入、コイルエンドの巻きほぐれ防止などの作業を機械化し、一連の出側作業を連続的に自動で行える設備とした。

2.1.4 生産管理システム

当ラインのコンピュータシステムを Fig. 2 に示す。冷延工場の既設オンラインシステムを TFL に適用し、これと TFL のプロセスコンピュータ、運転制御 DDC (Direct Digital Control)、計装 DDC、および自動分析用コンピュータを階層的に配置して操業管理と品質管理を総合的に行っている。以下に各コンピュータの主な機能を説明する。

(1) オンラインコンピュータ

オンライン生産管理

(2) プロセスコンピュータ

操業実績のデータ収集・検査結果の集計と上位コンピュータへ

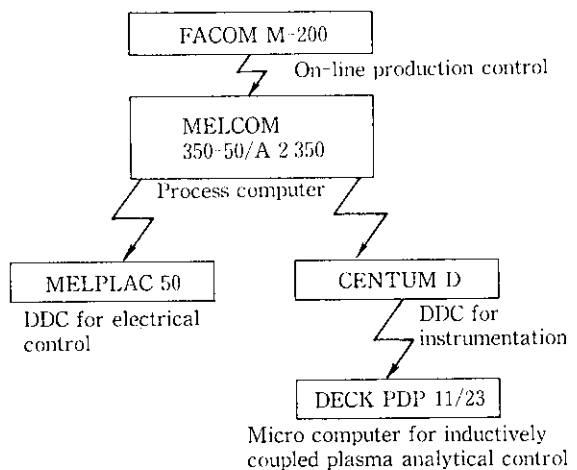


Fig. 2 Computer control system

Table 1 Specifications of TFL and shearing line

Item	TFL	Shearing line
Annual production (t/year)	144 000 (240 000 in future)	120 000
Strip	Thickness (mm)	0.1~0.6
	Width (mm)	457~1 067
Maximum coil weight (t)	21.0	21.0
Line speed (m/min)	Entry 540	Before shear 300
	Center 450	
	Exit 540	After shear 400
Sheet length (mm)	—	457~1 100
Line length (m)	96.77	45.43

の伝送、品質監視（操業条件のリアルタイム監視）、プリセット制御、コイルの自動分割

(3) 運転制御 DDC

ライン運転主幹制御（速度、張力、etc.）めっき電流制御、入出側自動運転制御

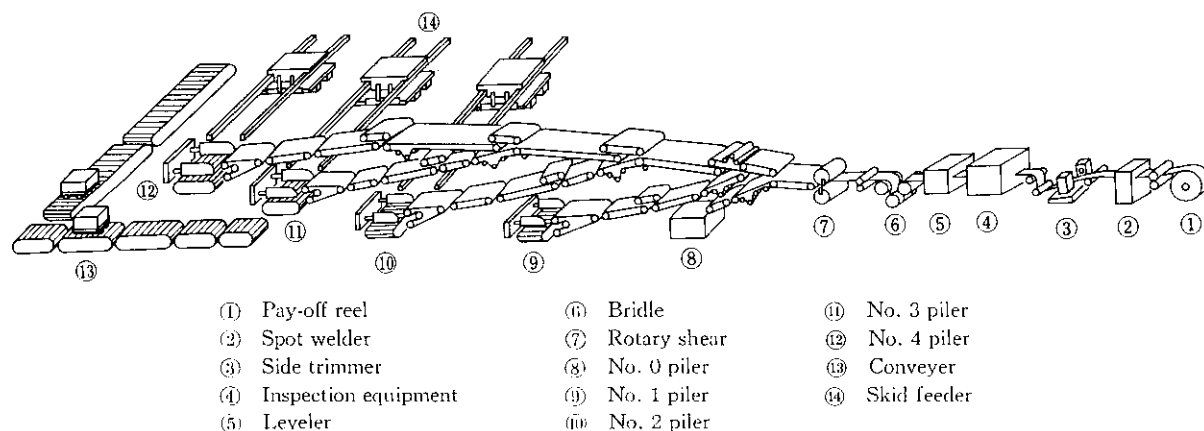


Fig. 3 Schematic diagram of shearing line

(4) 計装 DDC

各溶液の温度、濃度、液量の自動管理、溶液補給、ラインタンクの液上げ・液落し・洗浄等のシーケンス制御、CRT オペレーション

(5) 自動分析用コンピュータ

各溶液の濃度分析管理、計装 DDC への分析値伝送、濃度分析条件及び機器の異常監視

2.1.5 設備仕様

TFL の設備仕様を Table 1 に示す。生産能力は当初年産 14 400 t であるが、将来めっきセクションの増設によって年産 240 000 t が可能な設備とした。

2.2 剪断設備

剪断設備のラインレイアウトを Fig. 3 に、全景を Photo 2 に示す。剪断設備の主設備であるシャーは当社で開発した数値制御式シャー¹⁾(NC シャー)を採用した。本シャーはドラム駆動系統に機械的同期装置(非円形ギヤー)を設けた NC シャーであり、小容量のサーボモータで高精度の剪断長さと同様の早い剪断速度を得ることができる。

シャーの入側ではブライドルロールを設けフリーループをなくし、検査機器動作の安定化、サイドトリミングの安定化、製品の直角度精度向上などをはかっている。またレベラーロールの非駆動化によってロールを小径化し、従来のレベラーにくらべ形状修正能力を大幅に向上させた。

パイリングでは製品用パイラーを 3 基設け、うち 2 基を順次切替え使用し、シートをラップさせず積み込む「高速ノーラップ積み

システム」によって、すり疵防止とラインの高速化をはかっている。

ラインの自動化においては、コイルの配替・パイオフィールへの挿入と通板、先行板と後行板の溶接、パイラースイドガイド・エンドおよびバックストッパーの位置制御、スキッドの装入、パイリングされた製品ロットの梱包ラインへの搬出など入側から出側までの各種作業を自動化した。

Table 1 に本剪断設備の基本仕様を示す。

3 設備の特徴

3.1 TFL の特徴

3.1.1 逆電解法

クロムめっき鋼板は接着剤の出現により缶胴として多種類の飲料缶に用いられるようになった。しかし缶内容物によっては、高温殺菌処理(レトルト処理)を必要とし、その際にクロムめっき鋼板と塗料との密着性が低下する。これはクロムめっき鋼板表面のクロム水和酸化膜中の水可溶性アニオン、たとえば硫酸根、フッ素イオン等の影響で被膜成分が溶出し、酸化膜-塗膜界面が剝離して起こることが考えられる。しかし、硫酸、フッ素化合物等の助剤を添加しないクロムめっき浴では必要な量の金属クロムと均一な外観が得られないことから、逆電解法を含む次のようなめっき方式を開発した^{2,3)}。Fig. 4 にその構成を示す。

- (1) 硫酸根、フッ素イオンを含むめっき浴でストリップを陰極処理し一定の金属クロム量を確保する。
- (2) 同めっき浴中で鋼板を陽極処理し、アニオンを多く含んだ表

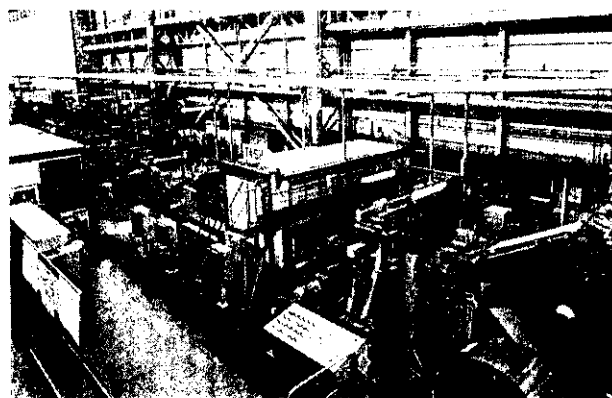


Photo 2 General view of shearing line

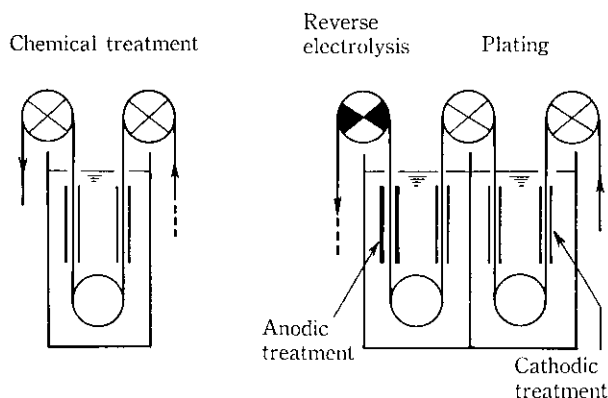


Fig. 4 Process of reverse electrolysis

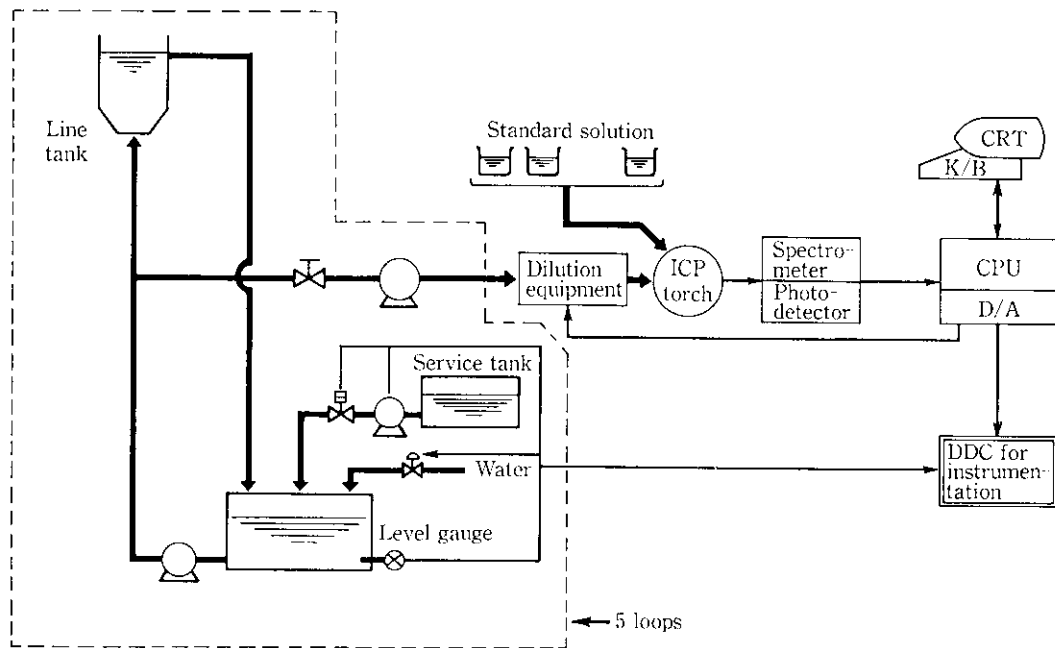


Fig. 5 Automatic concentration control system

層の水和酸化クロム膜層を強制的に溶解・除去する。

(3) ドラグアウト・水洗後、硫酸・フッ素化合物を添加しない浴中で電解クロム酸処理（ケミカル処理）を行う。

こうして得られたクロムめっき鋼板は、表層には純度のよい水酸化クロム膜が形成されていて、硫酸根・フッ素イオン含有量は従来品の約 1/4 に減少しており、極めてすぐれた塗料密着性を有している。

3.1.2 ICP による溶液自動濃度管理システム

TFL で使用される溶液は脱脂・酸洗・めっき・化学処理などの各工程で多種にわたっている。各溶液の濃度・温度・液量の管理は均一な品質の製品を得るため重要な因子である。特にめっきや化学処理溶液の微量成分濃度管理は塗料密着性に大きな影響をおよぼすクロム水酸化膜の量・質を均一にするために重要である。濃度管理において連続測定と測定項目に適応したセンサーの選択が課題であったが、めっきラインでは初めての試みである ICP 分析装置を導入し濃度を分析している。

溶液自動濃度管理システムを Fig. 5 に示す。本システムは溶液の圧送、定量分取と希釈、ICP による分光分析、共存元素の補正を含めた濃度計算と計装 DDC による薬液の補給計算、バルブの開閉、液移送定量ポンプの運転等を連動させ溶液濃度を全自動で管理するシステムである。このシステムの開発に成功したことによって、より安定した高品質の製品を得ることが可能となった。

3.1.3 総合品質監視システム

クロムめっき鋼板は、飲料食缶に多く使用されているため、これに対する品質要求は極めて厳しい。このことからコイル全長にわたって品質を保証する品質監視システムを確立することが重要な課題である。これに対処するためには、製品の特性値をオンラインで連続的に測定し品質を監視する方法が最も効果的である。

TFL では製品の特性値を安定させるための主要な操業管理項目を選択し、これらの項目を 25×10^{-3} s ごとに測定し品質監視を実施している。即ち、プロセスコンピュータがコイルに対応する仕様にもとづいて設定した操業条件と運転制御 DDC・計装 DDC がフォローする操業実績とを対比させ監視するもので、定速部分はも

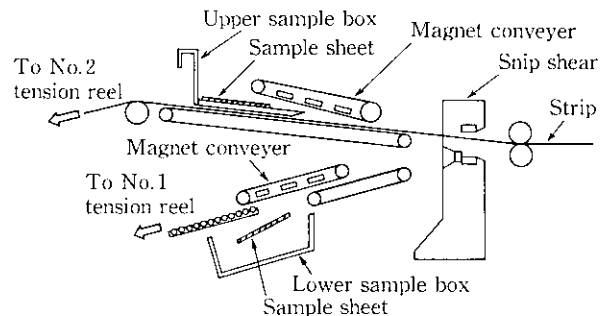


Fig. 6 Sheet sampling equipment

ちろん、加減速部分も監視している。主な監視項目は、めっき電流、化学処理電流、クロム付着量等で、測定結果は多ペン式のレコーダーで常時記録している。監視レベルを外れた場合は、警報やロギングでオペレーターに知らせて異常時の処置を迅速に行うことができる。

3.1.4 供試材の自動採取

従来、製品品質の試験用供試材の採取は、巻き取り完了後のコイル外巻きを人力で巻きほぐし切取っており、安全上問題であった。TFL では、ストリップを分割するスニップシャーを連続カットできるようにし、さらにスニップシャーの出側にシートサンプリング装置を設け、オンラインのストリップから自動的に供試材を採取できるシステムとした。Fig. 6 にシートサンプリング装置を示す。

3.1.5 入・出側の自動化

従来のプロセスラインでは、コイルの挿入からストリップを溶接して継ぐまでの各種入側作業、ストリップを巻き取った後の供試材の採取、コイルエンドの巻きほぐれ防止、コイルの抜き取り等の各種出側作業が完全には自動化されていなかった。TFL では上述の入・出側の各種作業を機械化・自動化するとともにプロセスコンピュータによるめっき条件等の自動設定によって完全自動化ラインを達成した。すなわち、入側コイルスキッドにコイルを置けば、出側に製品コイルが出てくるまですべて自動で運転できる設備とした。以下

に入・出側の自動化の内容を示す。

(1) 入側

- (a) スキッド上に置かれたコイルをパイオフィール中心に位置合わせし挿入する。
- (b) コイルトップをリジェクトリールに通板しオフゲージを巻き取る。
- (c) 不良部が取除かれたコイルトップを溶接機前の待機位置まで通板する。
- (d) 先行コイルを自動減速し停止させる。
- (e) 先行コイルと後行コイルを溶接し、溶接部の両エッジをサイドクリッピングする。
- (f) 先行コイルの巻き残りをリジェクトリールへ通板し巻き取る。

(2) 出側

- (a) ストリップを必要量巻き取ると、ストリップを走間分割し、後行ストリップを待機中のテンションリールに通板する。この分割時、必要に応じ供試材(長さ 500mm)をオンラインで自動採取する。
- (b) 巻き取り完了後のコイルを自動減速し停止させる。
- (c) コイルエンドを検査テーブルに通板し、検査後再度巻き取る。
- (d) コイルエンド巻きほぐれ防止用マグネットを取り付けコイルを抜きとる。
- (e) 巻き取り中のコイル内に溶接部を巻き込む場合には、溶接点表示紙を自動挿入する。

3.2 剪断設備の特徴

シャーの目的は鋼板を要求される寸法に剪断すると同時に、外観・形状を検査して欠陥のない製品のみを出荷することにある。以下に剪断設備に設置した特徴のある設備を説明する。

3.2.1 ループレス剪断設備

従来の剪断設備はシャー本体とフィードレベラーとが一体となっている方式である。この方式のシャーではレベラーの圧下を大きくすると、ストリップが蛇行し剪断長さ精度および直角度精度を悪化させていた。またフィードレベラーの前にフリーループをとるのでストリップが振動しやすく検査機器の欠陥検出精度をあげられないという問題があった。

本剪断設備ではNCシャーを用い、シャーにはピンチロールで板を送り込む設備とした。また新たにブライドルロールを設け、それとパイオフィール間に張力をかけることでシャー入側をループレス

化したり。これによって、レベラーを強圧下したり、またサイドトリミングを行う場合でもストリップの蛇行がなくなり、剪断長さ精度、直角度精度とも良好となった。さらに表面欠陥検査装置などの検査機器部を通過するストリップの振動が減少し検査精度が向上した。

3.2.2 高速ノーラッピング方式のパイリング

クロムめっき鋼板はふりにくく滑り性が悪いので鋼板の表面が接触するとすり疵が生じやすい⁵⁾。このため本剪断設備ではシャーからパイリングまで鋼板同士が接触しないかつ生産性の高い高速ノーラッピング方式を採用している⁶⁾。

パイラーに積み込む速度は鋼板の剛性により制限される。従来はコンベヤーを順次減速させラッピングさせて積み込む方式を取っていたが、鋼板同士が接触する。2基のパイラーを同時に使用し、交互に積み込むと、剪断速度を積み込み速度の2倍にすることができる。これが高速ノーラッピング方式である。積み込みを完了したロットを搬出している時にも高速パイリングを持続させるために、良品用パイラーを3基持ち、さらに軽欠陥用および重欠陥用パイラーをそれぞれ1基持ち、計5基のパイラーで構成している。Fig. 7にその構成を示す。交互にパイラーを切替えるためゲートロールの応答性をあげ、ゲートロールの昇熱対策、さらにガイドや送りロールの改善などを実施している。またすり疵の発生しにくい製品については従来方式のラッピング方式に切替えて積み込むことも可能にしており、「ラッピング方式」、「ノーラッピング方式」および「高速ノーラッピング方式」の3方式のパイリングが可能である。

3.2.3 スキッドの自動装入

従来、パイリングを完了した製品が搬送コンベヤーへ移動すると、次のパイリングのため木製スキッド(20~40 kg)を人手にてパイラーに投入していた。本剪断設備ではこのスキッドの投入作業を機械化・自動化するとともに、スキッド投入位置制御、パイラーのガイド機器の位置制御も自動化した。Fig. 8にスキッド投入装置を示す。スキッド投入装置はあらかじめオフラインに用意されたスキッドを1個ずつつかみ、パイラーまで搬送し、スキッドセンターをパイラーセンサーに一致させた後パイラーに投入する。パイラーのサイドガイド、エンドストッパーおよびバックストッパーはプロセスコンピュータからの信号によって製品幅、剪断長さに応じた位置に制御される。

3.2.4 検査機器の充実

本剪断設備では品質保証を強化するため、乱反射を利用して微小欠陥を検査する電子走査式表面欠陥検査装置、コイルエッジ部の外観を集中的に検査するコイルエッジ部表面欠陥検査装置、コイルエ

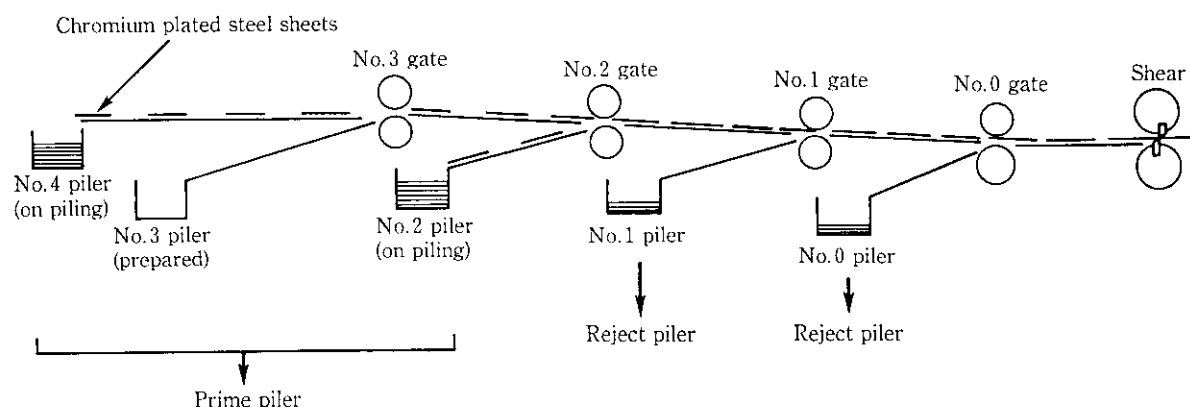


Fig. 7 Piling system of chromium plated steel sheets

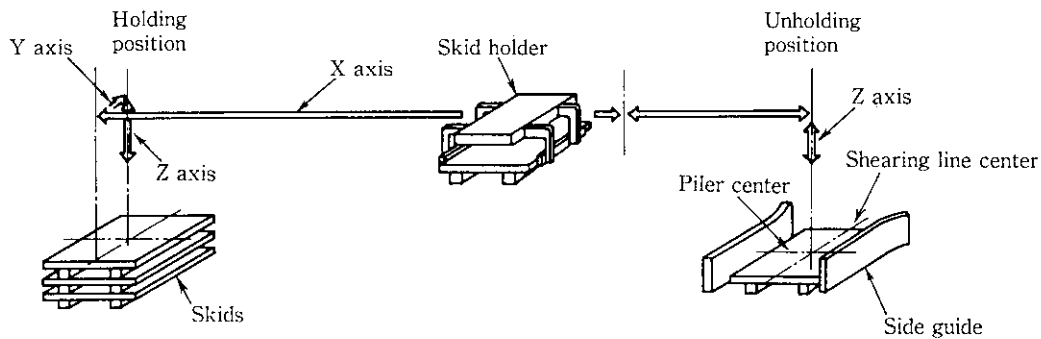


Fig. 8 Skid feeder

ッジ部のピンホールを集中的に検査するエッジピンホール検出器⁷⁾をそれぞれ新しく開発し、従来の検査装置とあわせて設置した。以下に本剪断設備に設置している検査装置を示す。

- (1) 光走査式表面欠陥検査装置
- (2) 電子走査式表面欠陥検査装置
- (3) コイルエッジ部表面欠陥検査装置
- (4) ピンホール検出器
- (5) エッジピンホール検出器
- (6) γ 線厚み計

これら検査機器と3.2.1に示したループレス剪断設備の効果によって従来の剪断ラインより品質保証レベルを一段と向上させた。

4 操業経過

TFL および剪断設備の生産量は、1983年6月稼動以来順調に伸びかつ製品の品質は極めて優れている。以下に生産量と品質特性について説明する。

4.1 生産量

月間生産量および稼動率の推移を Fig. 9 に示す。稼動後わずか

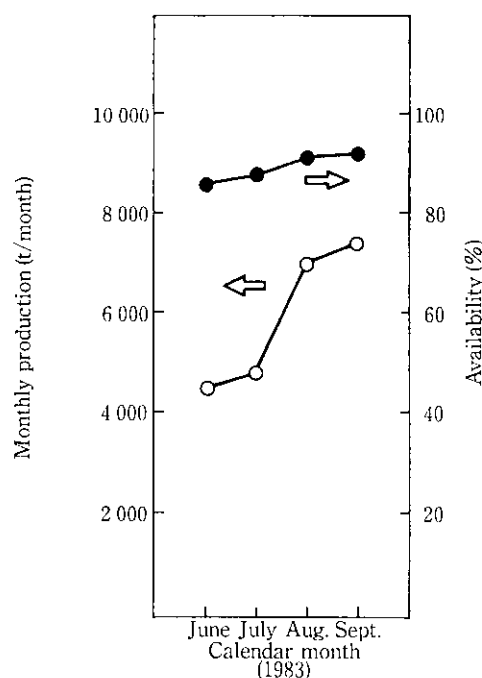


Fig. 9 Start-up performance of monthly production and availability

3箇月で稼動率 90% を達成しており、生産量も順調に伸びている。

4.2 品質特性

TFL でめっきした製品の金属クロム量・クロム水和酸化膜量を Fig. 10 に示す。いずれも既設 ETL (Electrolytic Tinning Line) の品質と比較してばらつきが少なく、要求される品質を十分に満足している。

また、剪断設備で剪断した製品の長さ精度は、剪断長さ 457~1067 mm において ± 0.4 mm、直角度精度は最大 0.3 mm/m であった。いずれも既設剪断設備の寸法精度に比較し、ばらつきが小さい。

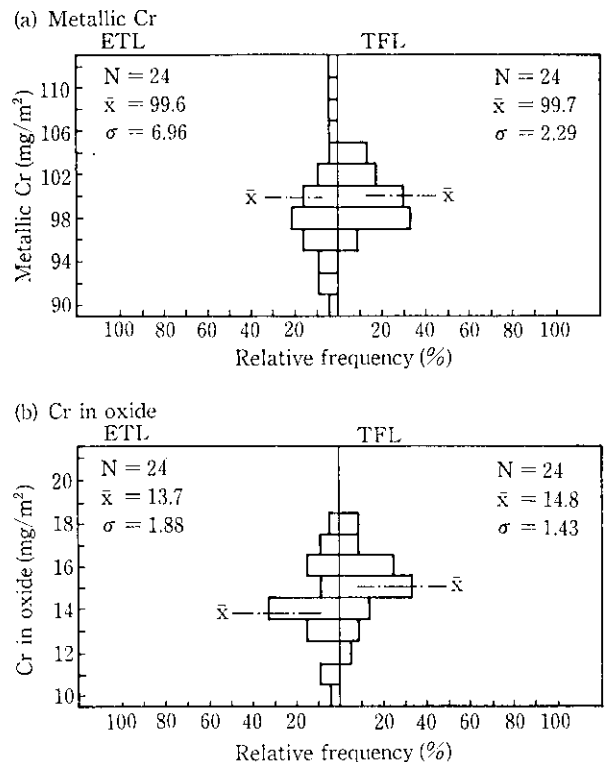


Fig. 10 Chemical properties of chromium plated steel

5 結 言

TFL および剪断設備について、設備の特徴と初期の生産量および品質について報告した。

TFL では、逆電解法により塗料密着性の優れた製品を安定して生産することができた。ICP 分析装置を用いた自動溶液濃度分析シ

システムは無人で連続運転している。自動化は当初計画した機能を十分果たし、順調に稼動している。

剪断設備では、剪断長さ精度が $\pm 0.4\text{mm}$ 以内に、直角度が 0.3

mm/m 以下と高精度であり、また従来バイリングで発生したすり疵も全くない。さらに充実した検査機器は品質保証の強化に大きく寄与している。

参 考 文 献

- 1) 嶺義輔, 大川順弘, 井田幸夫, 山本博正, 金井正治, 東 将: 「数値制御式ティンプレートシャーの開発」, 鉄と鋼, **68** (1982) 12, S 1168
- 2) 緒方一, 小林秀夫, 津川俊一, 山地京子, 市田敏郎, 入江敏夫: 「逆電解-アニオンフリーケミカル法による塗料2次密着性のすぐれた TFS の開発」, 鉄と鋼, **69** (1983) 13, S 1237
- 3) 小林秀夫, 緒方一, 津川俊一, 浜田元春, 原田俊一: 特開昭 57-177998
- 4) 勝島剛二, 中里嘉夫, 岩沼克彦, 森本正幸: 実開昭 58-061707
- 5) 古角文雄, 大川順弘, 横田廣幸, 清水孝雄, 久々湊英雄, 角山浩三: 「ティンフリー鋼板用剪断ラインの開発」, 鉄と鋼, **69** (1983) 5, S 446
- 6) 山口富士夫: 実開昭 56-92645
- 7) 横田廣幸, 牧野義和, 下西幾二, 羽田守幸: 「エッジピンホール検出装置」, 鉄と鋼, **69** (1983) 13, S 1225