

Outline of New Continuous Galvanizing Line for Automobiles



喜安 哲也
Tetsuya Kiyasu
水島製鉄所 冷間圧延
部表面処理課 主任部
員(掛長)



飯田 祐弘
Sachihiko Iida
水島製鉄所 冷間圧延
部表面処理課長



重本 晴美
Harumi Shigemoto
水島製鉄所 冷間圧延
部冷延技術室



菅沼 七三雄
Namio Sukanuma
水島製鉄所 冷間圧延
部長



坂本 実
Minoru Sakamoto
水島製鉄所 設備部設
備技術室 主査(課長)



岩本 周治
Shyuji Iwamoto
水島製鉄所 制御技術
部制御技術室 主査(課
長補)

1 緒 言

近年、鋼板に対する防錆能力向上への要望は強く、特に自動車車体パネルの防錆強化に伴い、防錆能力に優れた表面処理鋼板の使用比率増加はめざましいものがある。この表面処理鋼板のうち、従来合金化溶融亜鉛めっき鋼板は、厚目付が容易であり防錆能力は高いが、加工性、表面外観等に問題があり、自動車内外板材への適用は限られた用途にとどまっていた。

これらの問題を解決するため、自動車外板用合金化溶融亜鉛めっき鋼板の製造を目的として、当社水島製鉄所に全間接加熱型焼鈍炉(全ラジアントチューブ炉)、新型ワイピング装置、バンドフロータ、合金化度計等の最新鋭装置を有する連続式溶融亜鉛めっき設備(CGL)が建設された。以下に、1989年5月稼働より順調に生産を行っている本CGLの設備概要と品質について報告する。

要旨

高い防錆能力と同時に優れた加工性・表面外観が要求される自動車外板用合金化溶融亜鉛めっき鋼板の製造を目的として、水島製鉄所に連続式溶融亜鉛めっき設備(CGL)が建設され、1989年5月より稼働している。本CGLは、表面外観向上のためにオールラジアントチューブによる全間接加熱型焼鈍炉、新型ワイピング装置、バンドフロータ等の新鋭装置を備え、まためっき密着性向上のための長大合金化炉を有している。さらに、オンライン合金化度計、付着量計等の機器開発により、自動品質管理を実現した。

この結果、機械的性質と成形性に優れ、かつ良好なめっき付着量分布と密着性を備えた表面外観の極めて優れた鋼板の高水準の生産を達成している。

Synopsis:

With the aim of producing galvanized steel sheet for the outer panels of automobiles, which was required not only for its good anti-corrosion performance, but also for its excellent formability and surface appearance, a new continuous galvanizing line (CGL) was constructed at Kawasaki Steels Mizushima Works and put into operation in May 1989. The CGL has an all radiant tube annealing furnace, new-type gas wiping device and bend-floater to obtain good surface appearance, and also has a large galvanizing furnace to obtain good anti-powdering property. The CGL has succeeded in realizing automatic quality control by developing an on-line alloy sensor, coating weight sensor and so on. The CGL has achieved high-level production of the galvanized steel sheet which has the excellent surface appearance and good coating weight distribution, anti-powdering property, and excellent mechanical properties and formability.

2 設備設計の基本的考え方

自動車外板用合金化溶融亜鉛めっき鋼板の安定製造を実現するために、次の新機軸を設備化した^{1,2)}。

- (1) 表面外観向上を目指し、亜鉛ポットに浸漬するときの鋼板表面の清浄性を確保するため、電解脱脂を備えた高能力洗浄設備および、全ラジアントチューブの焼鈍設備を設置した。
- (2) 優れためっき密着性を得るとともに、厚目付合金化溶融亜鉛めっき鋼板の安定した製造を目指し、低温長時間合金サイクルが実現できる長大合金化炉を設置した。
- (3) 鋼板の表面疵対策として、合金化炉炉頂にバンドフロータを設置した。

* 平成3年10月15日原稿受付

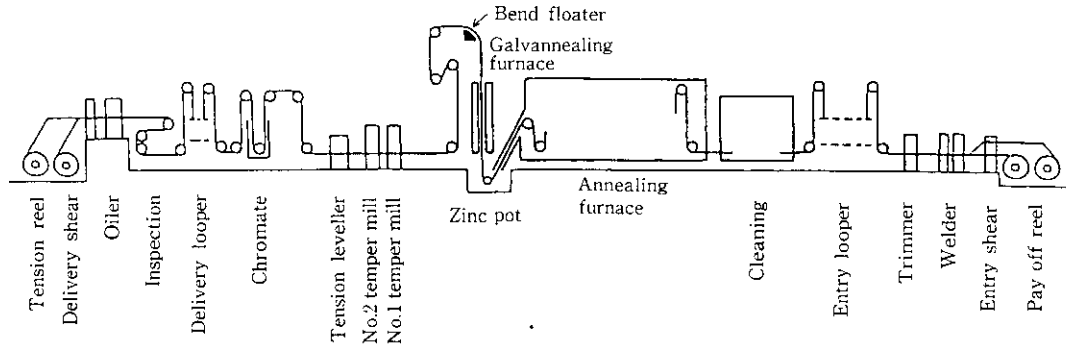


Fig. 1 Layout of Mizushima continuous galvanizing line (CGL)

- (4) 2層めっき鋼板を製造可能とするために、鉄系フラッシュめっき設備を導入した。
- (5) 自動品質管理、品質保証を実現するために、オンライン合金化度計、付着量計等の品質保証センサによりオンライン分析を可能とした。
- (6) 少人数によるライン運転を可能とするために、各設備の自動化を推進する。

3 設備概要

Table 1に CGL の主仕様を、Fig. 1にライン全体のレイアウトを示す。以下に CGL を構成する各設備について、製造工程にしたがって説明する。

Table 1 Main specifications of continuous galvanizing line at Mizushima Works

Strip size	Thickness	0.4~3.2 mm
	Width	700~1 850 mm
Coil weight	Entry	50 t
	Delivery	25 t
Line speed	Entry	260 m/min
	Center	180 m/min
	Delivery	260 m/min
Production capacity		30 000 t/month

3.1 入側コイル搬送、コイルストレージ設備

冷間圧延ミルで圧延されためっき原板コイルは、コイル台車で CGL 入側ヤードに搬入され、センタリング装置でセンタリングされた後、ヤード台車により所定のコイル地番に格納される。コイルヤードに貯蔵されたコイルは、装入計画にしたがって、CGL 本体設備へ装入される。Fig. 2 に入側コイルヤードの概要を示す。

ヤード台車は3段構造であり、親台車の上に子台車が乗り、子台車の上に孫台車が乗る親子孫台車方式を採用している。各台車は、それぞれ専用の軌道を走行し、コイルの直接の受け渡しは、孫台車が行う(Fig. 3)。コイルヤードにおけるコイルの移動は、すべてこのヤード台車により行われ、クレーンによるハンドリングを排除しており、クレーンによるコイルへの当て疵の発生を防止して

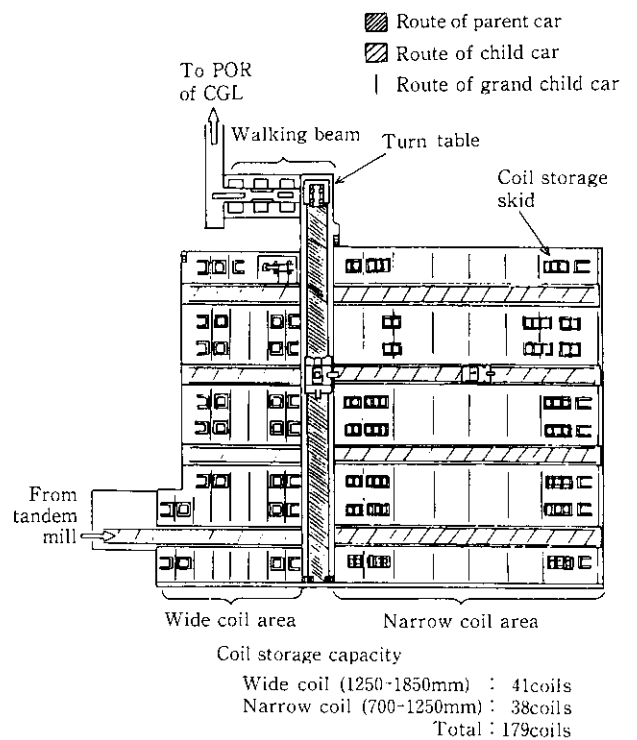


Fig. 2 Top view of entry coil storage yard

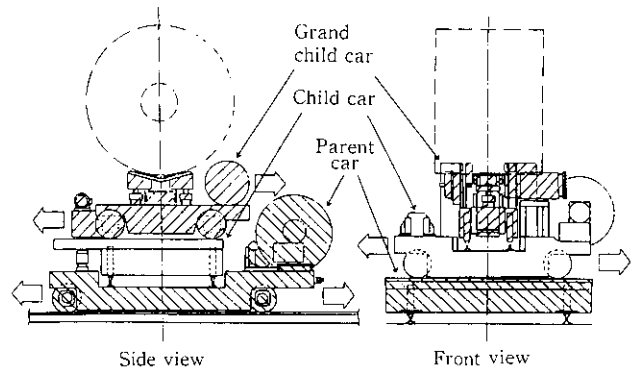


Fig. 3 Entry coil car system

いる。

コイルの置場管理、搬入、払い出しは、すべて専用のプロセスコンピュータで管理され、自動、無人運転を可能としている。

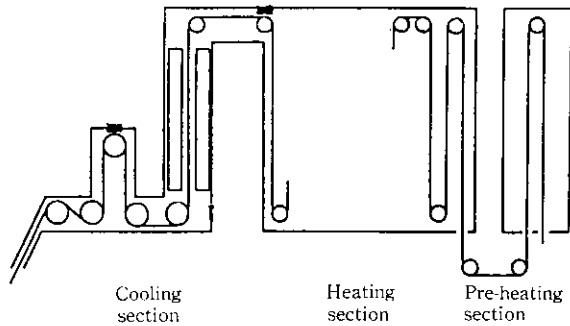


Fig. 4 Annealing furnace

3.2 入側設備

コイル搬送に引き続いて、ベイオフィールのコイル挿入、先端口出し、溶接等も自動化し、無人で操作されている。

3.3 洗浄設備

ストリップに付着している圧延油等を除去し、焼鈍前の鋼板表面を清浄にするため、電解脱脂とブラシスクラバを併設した洗浄設備としている。

3.4 焼鈍炉

自動車用素材は極低炭素鋼が主体であるため、均熱帯を持たない以下の3つの炉帯より構成されている。Fig. 4 に炉構成を示す。

3.4.1 予熱帯 (PHS)

加熱帯の燃焼排ガス顕熱を回収し、その熱を利用して鋼板の予熱を行う。

3.4.2 加熱帯 (HS)

CGL としては初めて全ラジアンチューブ方式を採用した。従来の NOF (無酸化炉) と比較して、立ち上げ・立ち下げ等の操業が容易であること、鋼板表面をより清浄に保つことが可能であり、ハースロールの鉄粉ピックアップによる押疵等の欠陥が防止できることの利点がある。

また、これまで CAL (連続焼鈍設備) で行われている板温制御とほぼ同様のシステムを導入し自動制御を行っている。Fig. 5 に板温制御システムの概要を示す。さらに、パイロットバーナに火災検出装置を設置することにより遠隔自動点火・消火を可能とした。Fig. 6 に火災検出システム、Fig. 7 に自動点火・消火フローを示す。

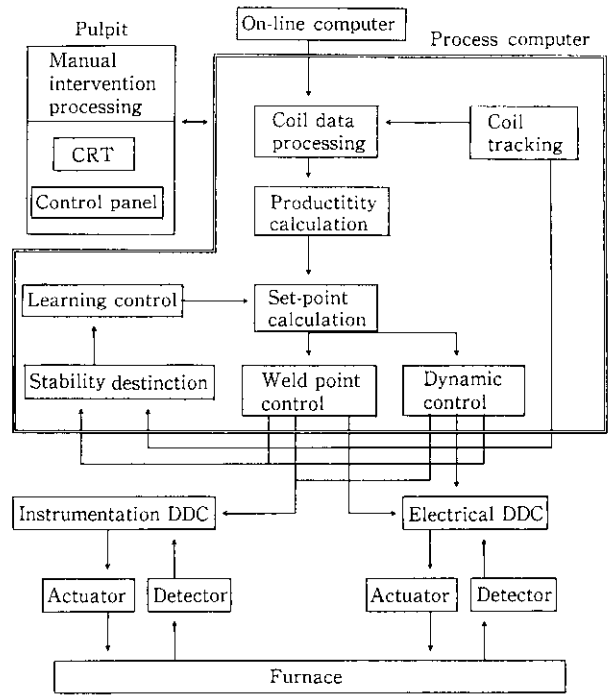


Fig. 5 Strip temperature control system

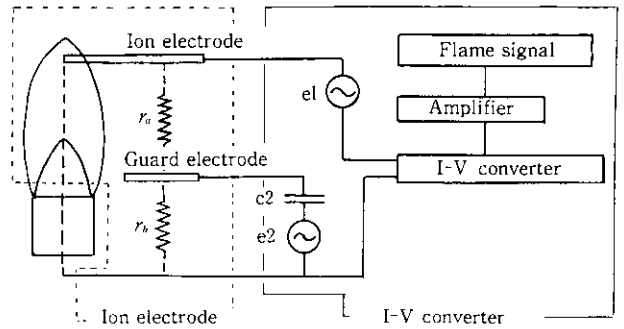


Fig. 6 Flame detector

3.4.3 急冷帯 (RCS)

加熱された鋼板温度を亜鉛ポット侵入板温度までガスジェット冷却を行うものであり、冷却チャンバを幅方向に複数分割し、板幅方向の温度分布の均一化を可能とした。

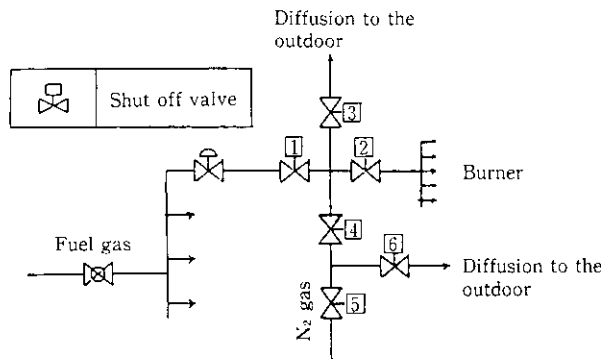


Fig. 7 Fuel gas system of main burner

Valve control

		Valve No.					
		1	2	3	4	5	6
Start firing	Step 1	×	×	×	×	×	○
	Step 2	×	○	×	○	○	×
	Step 3	×	×	×	×	×	○
	Step 4	○	×	×	×	×	○
	Step 5	○	○	×	×	×	○
Stop firing	Step 1	○	○	×	×	×	○
	Step 2	×	×	×	×	×	○
	Step 3	×	○	×	○	○	×
	Step 4	×	×	○	×	×	○

○ : Open × : Closed

3.5 めっき設備

めっき設備は、溶融亜鉛ポットおよびめっき厚みを調整する浴中浴上機器より構成される。

3.5.1 亜鉛ポット

亜鉛ポットはセラミック製で、310 kW インダクタ 3 台を設置し、亜鉛溶解と保温を行う。

3.5.2 浴上機器

亜鉛の付着量の調整をガスワイピング法により行う。これまでガスワイピング法では、鋼板端部の付着量が中央部より多くなる、いわゆるエッジオーバーコートが発生する問題があった。これに対し、板端に自動追従するバッフルプレートとエッジワイピングノズルを設置し、この問題を解決した。また、付着量推定モデルを専用 CPU に持ち、高精度の付着量制御を可能としている。Fig. 8 に付着量制御の構成を示す。

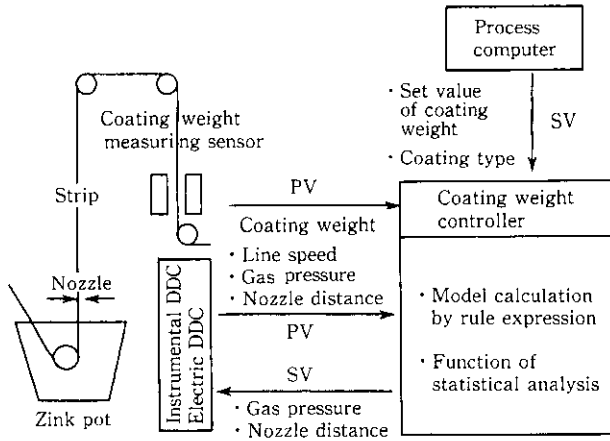


Fig. 8 Outline of coating weight control

3.6 合金化炉

溶接性と塗装性の向上を目的として、めっき後の鋼板を加熱し、素地鉄よりめっき層中へ鉄を拡散させる合金処理を行う。カップバーナを幅方向・進行方向に千鳥配置した直火型の加熱帯、加熱帯の燃焼廃ガスを利用し鋼板温度を一定に保持する保持帯、ガスジェットにより鋼板を冷却する冷却帯より構成されており、従来と比較して長大な炉となっている (Fig. 9)。

3.6.1 合金化制御

合金化溶融亜鉛めっき鋼板のめっき品質はめっき層中の合金化度と密接な関係があるため、高精度の制御が必要である。Fig. 10 に制御フローを示す。合金化炉出側に設置された X 線回折を利用したオンライン合金化度計^{3,4)}、また加熱帯出側に設置されたプロフィール放射温度計^{5,6)}により、加熱帯の幅方向の燃焼負荷を調整することで鋼板幅方向と長手方向の合金化度の均一性を確保している。

3.6.2 ベンドフロータ

従来、合金化処理直後の高温の鋼板がロールと接触すると、ロールに亜鉛がピックアップし表面欠陥を発生させたり、鋼板の形状がくずれ蛇行を生じる場合がある。

この対策として、ロールに替えて非接触で鋼板の方向を変換するベンドフロータを開発し実機化した^{7,8)}。Fig. 11 にベンドフロータ構成を示す。鋼板進行方向に 5 ユニットからなり、各ユニットの両

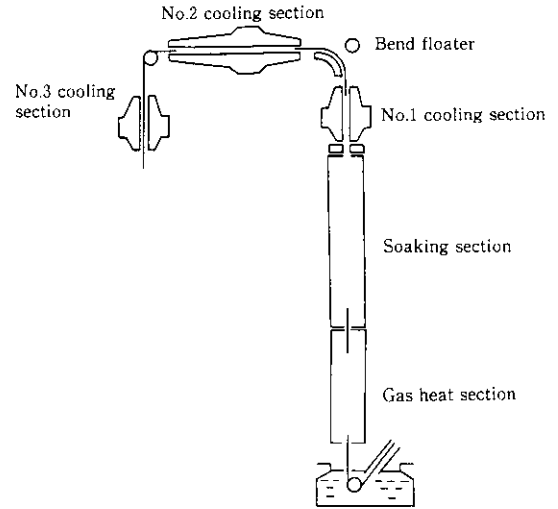


Fig. 9 Galvannealing furnace

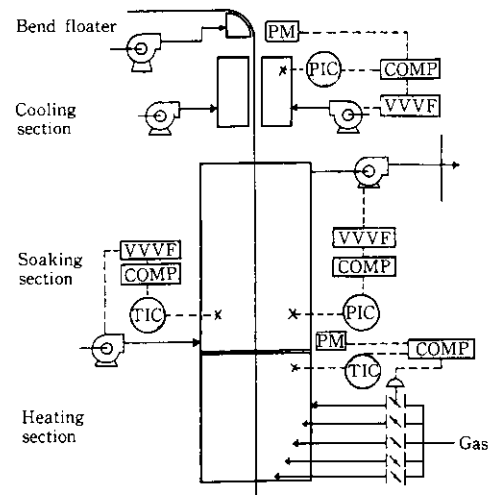


Fig. 10 Galvannealing furnace system

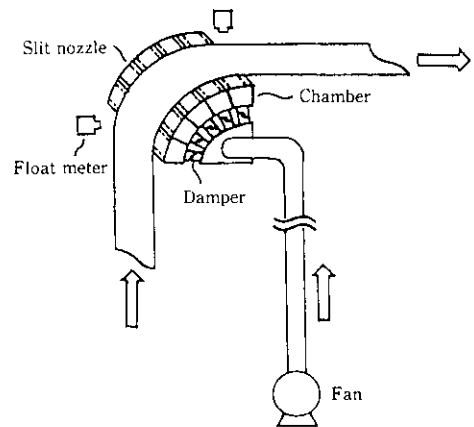


Fig. 11 Bend floater

端に設置してあるスリットより空気を吐出させ、鋼板とフロータ間に生成する静圧力により鋼板を浮上させるものである。

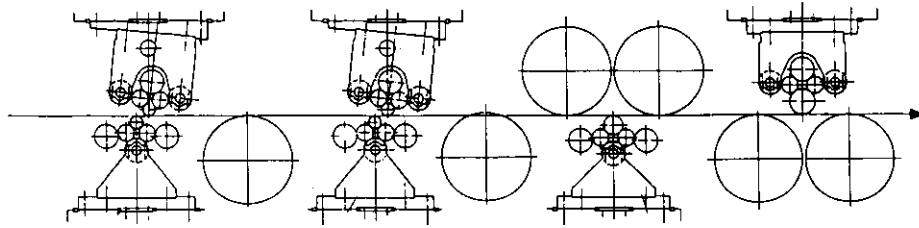


Fig. 13 Tension leveller

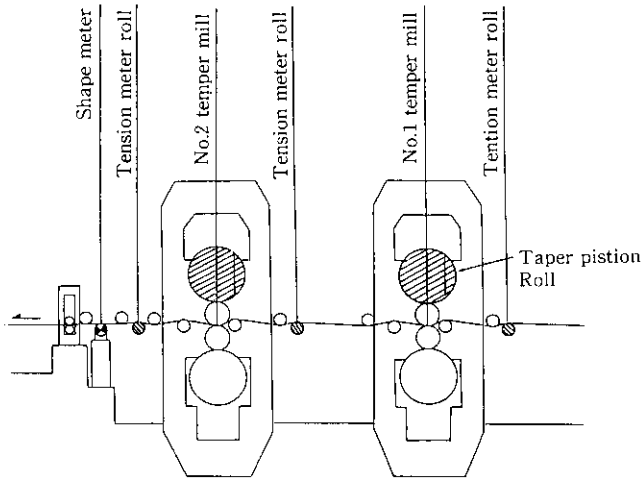


Fig. 12 Layout of temper mill

3.7 スキンバスマイル・テンションレベラ

3.7.1 スキンバスマイル

製品の材質確保、表面外観向上、表面粗度調整のため、スキンパスを行う。Fig. 12 にスキンバスマイル構成を示す。

ロールクラウン可変のテーパピストンロールを上バックアップロールとし、ダブルチョック・ワークロール・ベンディングとの組み合わせにより高い形状制御能力を有する4段ミルである。このミルを2スタンド連設し、走間スタンド切替を行うことでロール交換時の不良部発生防止、また2スタンド同時使用することで、鋼板表面への特殊パターンの付加が可能である。

さらにミル出側に形状検出器を設置し自動制御を指向している。

3.7.2 テンションレベラ

最終的な製品の形状矯正を目的として、スキンバスマイル後にテンションレベラを設置した。Fig. 13 にロール配置を示す。各ロールに適正なインタメッシュ値を与えることで、反りおよび局部伸びを矯正している。

4 計算機システム (プロセス制御)

計算機のシステム構成を Fig. 14 に示す⁹⁾。

プロセスコンピュータは、ラインの入側から出側までのトラッキングを行い、電気 DDC、計装 DDC、付着量制御装置、各種センサにタイムリーに設定情報を伝送することにより、ラインの全自動運転を可能にしている。また各種操業実績データロギングも行う。

プロセスコンピュータは、データハイウェイによりバックアップ兼開発用 CPU および電気 DDC と接続されており、オンライン中

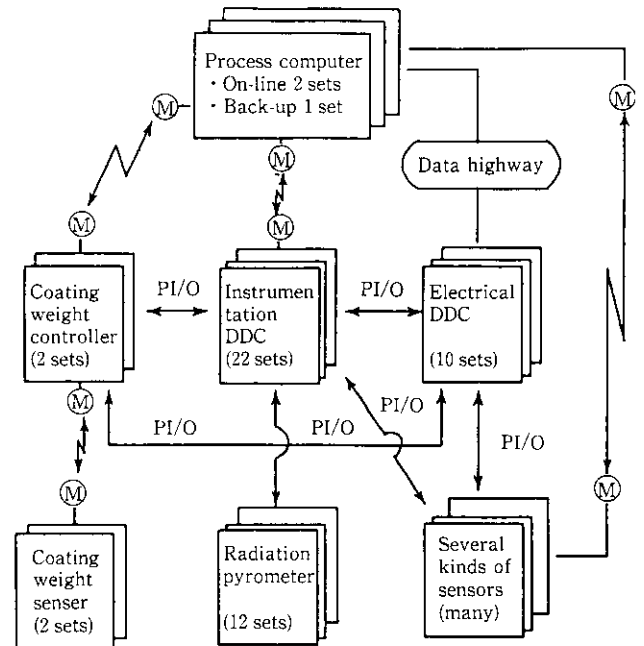


Fig. 14 CGL processing system

のプログラム開発、シミュレーションが可能であり、電気 DDC とデータの共有ができる。

マンマシンインタフェースに関しては、運転室から異常表示盤とタイプライタをできるだけ排除して、CRT 主体のオペレーションとし、操作性、監視の容易性を向上させた。さらに大画面の採用、ボイスアナライザの採用により、各種システムからのアラーム、メッセージ、ガイダンスなどの情報のオペレータへの伝達性を高め、少人数でのライン運転に対応している。

5 操業状況

5.1 生産状況

水島 CGL は 1989 年 5 月営業運転を開始、以来順調に立上り、現在まで高水準の操業を続けている。

特に本設備の主製品品種である合金化溶融亜鉛めっき鋼板の製造も順調で、その機能をフルに発揮している。

5.2 品質

5.2.1 機械的性質

水島 CGL では、極低炭素鋼を素材とし、CGL における製造条件を適正化することにより良好な機械的性質と成形性が得られている (Fig. 15)。

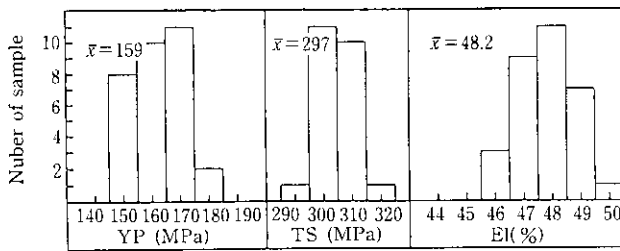


Fig. 15 Mechanical properties of 0.65-mm-thick galvanized steel sheet

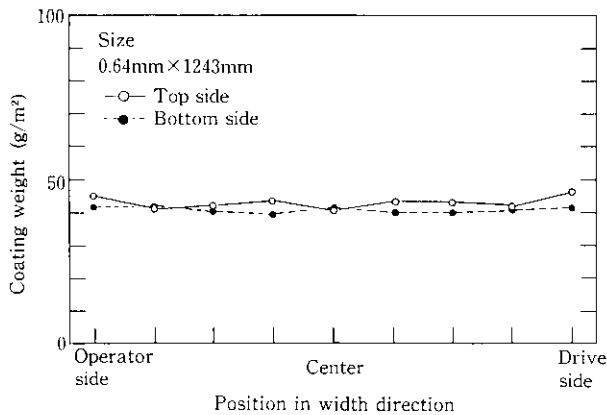


Fig. 16 Coating weight distribution

5.2.2 めっき付着量

めっき鋼板の品質上、めっき付着量を幅方向および長手方向に均一化することは非常に重要である。このためには、ワイピング部におけるワイピングノズルと鋼板との距離を一定に保つ、すなわち、ノズル部での鋼板の形状をフラットにすることが必要となる。水島 CGL では、型焼鈍炉による形状の矯正、亜鉛浴中のロールの適正化によるワイピング部での反り矯正、新型ワイピングノズルの採用等により、良好な付着量分布が得られている。Fig. 16 に板幅方向の付着量分布の一例を示す。

5.2.3 耐パウダリング性、表面欠陥

合金化溶融亜鉛めっき鋼板は、プレスの際にパウダリングと呼ばれるめっき層剥離が起りやすい。水島 CGL では、めっき浴中アルミ濃度の適正化、合金化ヒートサイクルの適正化等により、めっき

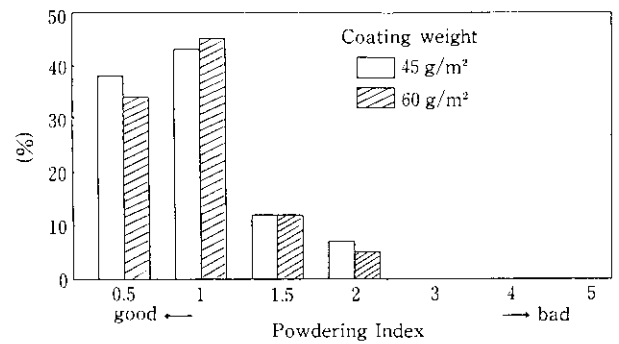


Fig. 17 The result of anti-powdering property obtained by 90° bending test

層中の鉄含有率を適正範囲内に制御することが可能である。さらにオンライン合金化度計によりコイル全長にわたって鉄含有率を測定・制御することで優れた特性が得られている。

Fig. 17 に、水島 CGL で製造した合金化溶融亜鉛めっき鋼板の耐パウダリング特性を、90°曲げ曲げ戻し試験によりめっき剥離量を定量化したパウダリング指数で示す。

また、洗浄装置と全ラジアンチューブ焼鈍炉の組み合わせにより、清浄な鋼板表面にめっきされることで、表面外観の向上に大きく寄与している。

6 結 言

自動車外板用合金化溶融亜鉛めっき鋼板の製造を目的として、水島製鉄所に建設された CGL の設備、操業、品質概要について報告した。この結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 各機器の自動化およびオンラインセンサの導入により、製品全長の品質管理を実現した。
- (2) 全間接加熱型焼鈍炉、新型ワイピング装置、バンドフロータ等の新鋭装置により、めっき付着量が均一で表面外観の優れた製品の製造が可能となった。
- (3) 製造条件の最適化により良好な機械特性、成形性、耐パウダリング性が得られている。

この結果、お客様から高い信頼と評価を得られており、今後さらに一層の高品質・高生産性の操業技術の確立を図っていく所存である。

参 考 文 献

- 1) 喜安哲也, 飯田祐弘, 関田貴司, 岩沼克彦: 材料とプロセス, 3(1990), 657
- 2) 大和康二: 第 138, 139 回西山記念講座, (1991), 1
- 3) 川辺順次, 藤永忠男, 木村 肇, 押場和也, 安部忠廣, 高橋俊雄: 川崎製鉄技報, 18 (1986), 129
- 4) 川辺順次, 橋本 弘, 太田龍之介, 高橋俊雄: 鉄と鋼, 87 (1987), S1187
- 5) 菱川 功, 井手敏彦, 福高善己: 第 26 回 SIC 学術講演会予稿集, (1987), 651
- 6) 福高善己, 山根弘郷, 飯田永久, 菱川 功, 井手敏彦, 鈴木利房: 材料とプロセス, 4 (1991), 1379
- 7) 飯田祐弘, 関田貴司, 重本晴美: 材料とプロセス, 4 (1991), 674
- 8) 平井悦郎, 田口俊夫, 柳 謙一, 板野重夫, 深田保男: 材料とプロセス, 4 (1991), 673
- 9) 森山 高, 飯田永久, 登田一郎, 池永雄二: 材料とプロセス, 3(1990), 1285