
水島製鉄所 No. 2 電気亜鉛めっき設備の高効率生産技術

High-Efficiency Process Techniques in No.2 EGL at Mizushima Works

進 修(Osamu Shin) 桜井 昭雄(Akio Sakurai) 池永 雄二(Yuji Ikenaga)

要旨：

水島製鉄所 No. 2 電気亜鉛めっきライン (EGL) は、1991 年 7 月稼働以来、自動車、家電、建材を対象に、ZnNiめっき鋼板と純Znめっき鋼板を製造している。No.2 EGLでは、高品質化、省力化、国際競争力向上などに対応すべく高効率な生産技術を多く採用している。主として新型水平セル、酸化亜鉛溶解装置、酸化イリジウム電極、新型ゴムスリーブ、付着量自動制御などがあげられる。これらの新技術を最大限活用して、良好な表面外観、均一な付着量分布が得られ、高品質のめっき鋼板を、高歩留り、高生産性で製造している。

Synopsis：

No.2 electrogalvanizing line (EGL) at Mizushima Works has been producing zinc-nickel electrogalvanized steel sheets and pure zinc electrogalvanized steel sheets mainly used for automobiles, household appliances, and structural frames since June 1991. No.2 EGL was installed for the purpose of producing especially exposed panels for automobiles. In order to achieve the purpose for high quality and high productivity, many new high-efficiency process techniques pertaining to, for example, a new horizontal plating cell, zinc-oxide dissolving equipment, Ir-O₂-coated anode, new rubber sleeve, and coating weight control system, were adopted into No.2 EGL process, providing good surface quality and constant coating weight. Owing to these high level process techniques, No.2 EGL has been working efficiently and producing high quality galvanized steel sheet on the high levels of yield and productivity.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

水島製鉄所No.2電気亜鉛めっき設備の 高効率生産技術*

川崎製鉄技報
27 (1995) 3, 143-148

High-Efficiency Process Techniques in No.2 EGL at Mizushima Works



進 修
Osamu Shin

水島製鉄所 冷間圧延
部冷延技術室 主査(課
長補)



桜井 昭雄
Akio Sakurai

水島製鉄所 設備技術
部冷延整備課 主任部
員(課長補)



池永 雄二
Yuji Ikenaga

水島製鉄所 制御技術
部制御技術室

要旨

水島製鉄所 No.2 電気亜鉛めっきライン (EGL) は、1991 年 7 月稼動以来、自動車、家電、建材を対象に、ZnNi めっき鋼板と純 Zn めっき鋼板を製造している。No.2 EGL では、高品質化、省力化、国際競争力向上などに対応すべく高効率な生産技術を多く採用している。主として新型水平セル、酸化亜鉛溶解装置、酸化イリジウム電極、新型ゴムスリーブ、付着量自動制御などがあげられる。これらの新技術を最大限活用して、良好な表面外観、均一な付着量、分布が得られ、高品質のめっき鋼板を、高歩留り、高生産性で製造している。

Synopsis:

No.2 electrogalvanizing line (EGL) at Mizushima Works has been producing zinc-nickel electrogalvanized steel sheets and pure zinc electrogalvanized steel sheets mainly used for automobiles, household appliances, and structural frames since June 1991. No.2 EGL was installed for the purpose of producing especially exposed panels for automobiles. In order to achieve the purpose for high quality and high productivity, many new high-efficiency process techniques pertaining to, for example, a new horizontal plating cell, zinc-oxide dissolving equipment, IrO₂-coated anode, new rubber sleeve, and coating weight control system, were adopted into No.2 EGL process, providing good surface quality and constant coating weight. Owing to these high level process techniques, No.2 EGL has been working efficiently and producing high quality galvanized steel sheet on the high levels of yield and productivity.

1 緒 言

水島製鉄所 No.2 電気亜鉛めっきライン (EGL) は、1991 年 7 月の稼動当初より、自動車、家電、建材を対象に ZnNi めっき鋼板と純 Zn めっき鋼板を製造している。これまで No.2 EGL では顧客への品質対応、特に自動車外板材や家電向けクロメート材の表面品質厳格化へ対応すべく、新型水平セル、自動化設備等の新技術を採用し、高品質の電気めっき鋼板を製造してきた¹⁻⁴⁾。近年、さらなる高品質化、省力化、国際競争力向上などに対応すべく高効率生産技術の開発が必要となった。そこで、酸化亜鉛溶解装置⁵⁾、酸化イリジウム電極、新型ゴムスリーブ⁶⁾、付着量自動制御等の新技術を順次工程化し、高品質のめっき鋼板を高歩留り、高生産性にて製造可能とした。

そこで、本稿では、それらの生産技術の概要について述べる。

2 No.2 EGL の概要

2.1 設備構成および主仕様

No.2 EGL の構成を Fig. 1 に示し、主仕様を Table 1 に示す。また、設備構成と新技術を Fig. 2 に示す。素材コイルの入側設備への取りこみ、およびめっき製品コイルの出側設備からの払い出しは、すべて自動コイル搬送システムで処理している⁷⁾。入側設備は 2 基のペイオフリールと 1 基の溶接機、前脱脂およびルーパより構成され、自動化運転している。前処理としてテンションレベラー、電解脱脂、酸洗から構成されている。めっき設備は、新型水平セルを開発し、導入した。めっき液循環システムは、めっき時の必要流速、めっき時のガス抜け等を考慮して、最適なシステムとした。さらに酸化イリジウム電極、酸化亜鉛溶解設備等の新技術を導入した。化成設備は、表面調整、クロメートタンク、シーリングタンクからなり、クロメートタンクは、縦型反応クロメート方式を採用し、表裏、幅方向とも均一な付着量が得られた。また付着量計で全長全幅を監視している。出側設備は検査室、オイラー、シャー、および 2 基のテンションリールから構成され、自動で運転されている。

* 平成 7 年 9 月 13 日原稿受付

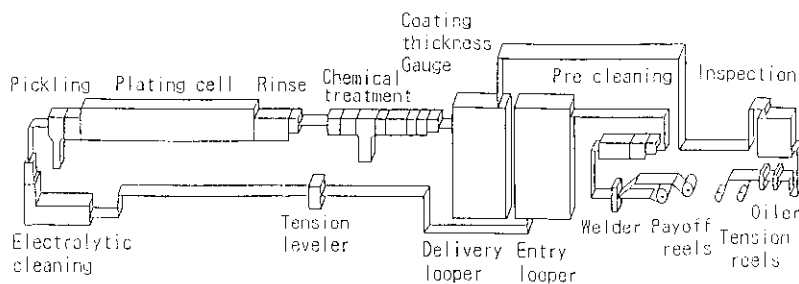


Fig. 1 Layout of Mizushima Works No.2 EGL

Table 1 Main specifications of No.2 EGL

Capacity	(t/month)	25 000
Max. line speed	(mpm)	160
Strip thickness	(mm)	0.3~2.3
Strip width	(mm)	700~1 830
Rectifier capacity	(kA)	480
No. of plating cell		16

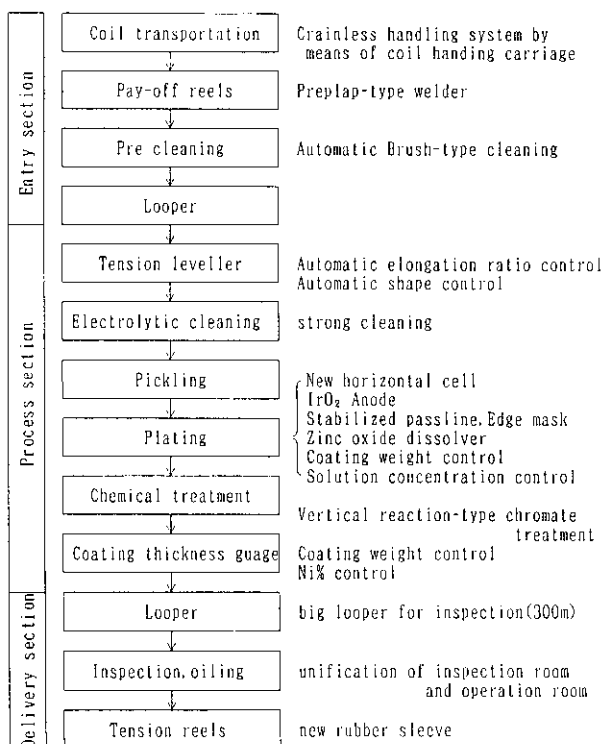


Fig. 2 Equipment composition and new techniques

2.2 特徴

このNo.2 EGLは、自動車用外板材や家電用クロメート材の品質安定化の実現を第1の狙いとし、次のような特徴をもつ最新のラインとして建設された。

(1) 両面めっきを指向し、表面外観の厳格化、均一化に対応すべ

くオールカウンターフロータイプの浸漬型新型水平セルを開発した。

(2) ZnNiと純Znの2品種がめっきでき、しかもセル洗浄と液替えが短時間で可能なめっき液サーキュレーションシステムとした。

(3) クロメート材の表面外観向上とクロメート付着量安定化のために、縦バスの反応型クロメートを採用した。

(4) 優れためっき密着性を得るとともに、めっき直前の原板表面の洗浄度を確保するために、前脱脂と電解脱脂を備え、高洗浄能力を確保した。

(5) フラットな製品形状を達成し、かつ、セル内安定通板とセル内極間距離短縮を実現するために、セル入側にテンションレベラーを設置した。

(6) 入出セクションの運転と板面検査をまとめて監視できる運転室のレイアウトにし、各設備の自動化制御を実現し、少人数による運転を達成した。

(7) コイルハンドリングに高速親子台車を採用し、クレーンレス化によってハンドリング疵防止、および無人化コイル搬送が達成できた。

(8) ライン内防塵カバーの設置、建屋内密閉化によるスーパークリーンを実現した。

その後、さらなる高品質化、省力化、国際競争力強化などに対応すべく、酸化亜鉛溶解装置、酸化イリジウム電極、新型ゴムスリーブ、付着量自動制御、等の新技術が順次、工程化され、一層の高効率化が図られた。

3 めっきセル

3.1 新型水平セル

めっきセルは、表面外観品質向上のため、Fig. 3に示すように、ダムロールなしの浸漬型水平セルとした。これにより、セル内で鋼板が乾くことなく、キープウェットも不必要となり、外観均一かつ美しい表面が得られた。また、max.150 A/dm²の高電流密度操業による高効率化を達成するために、背面シールを使ったオールカウンターフローとした。これにより、Fig. 4に示すような高速かつ均一なめっき液流速分布が確保できた。

さらにセル洗浄時間の短縮、およびコンタミネーション(不純物混入)による品質劣化防止のため、セルをシンプル化し、セル洗浄性が向上しやすい構造とした。これにより、ZnNiから純Znへのめっき液入れ替え時間が2時間程度を達成している。

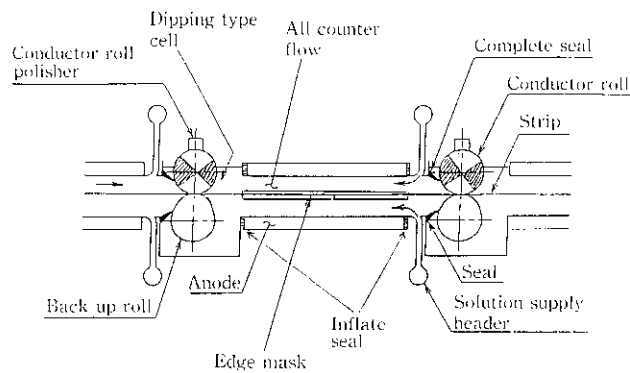


Fig. 3 New type horizontal plating cell

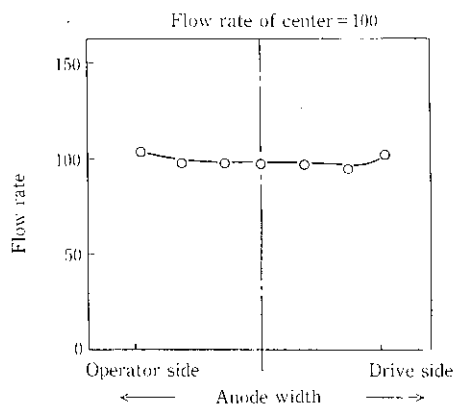


Fig. 4 Distribution of electrolyte flow rate in width direction

3.2 板有りロール／アノード交換技術の開発

ロールやアノードの交換時間を短縮し、めっき歴時間稼働率、生産能力を向上させるために、板有りで、バックアップロールと下アノードを交換可能とした。板有りでの迅速交換を達成するため、インフレートシールを採用した。バックアップロール、下アノード交換方法を Fig. 5 に示す。まず、めっき液もれ防止用のインフレートシール内のエア圧を抜き、その後、コンダクターロールおよび上アノードは、天井クレーンで上側に引き上げて交換する。一方、バックアップロールおよび下アノードは、インフレートシール内のエア圧を抜いた後、いったん下降し、交換用レールに乗せ、オフラインへ引き出して、交換する。

これにより、セル内点検、補修が容易になり、生産能力向上だけでなく、品質向上および修繕費用の削減も達成できた。

3.3 酸化イリジウム電極の採用

電極は酸化イリジウムを採用した。その結果、従来の電極のような、通電中の電極酸化物のはくりに起因する押し疵が防止できた。また、酸化イリジウムの耐久性も、4000時間以上を達成した。

3.4 エッジマスクの採用と、幅方向 Zn 付着量均一化

付着量のエッジオーバーコートは、エッジマスクによりほぼ完全に防ぐことができています。本めっきセルは、Fig. 6 に示す幅方向付着量プロフィールから明らかなように、オールカウンターフローの新型水平セルで、かつ、不溶性陽極で常に一定の極間距離を維持できるので、幅方向流速分布が高速かつ均一となり、付着量の幅方向

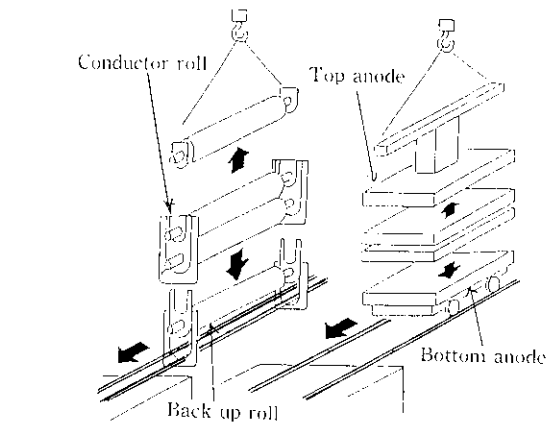
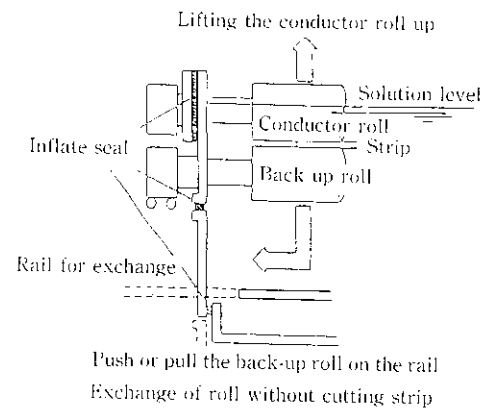


Fig. 5 Plating cell roll and anode changing method

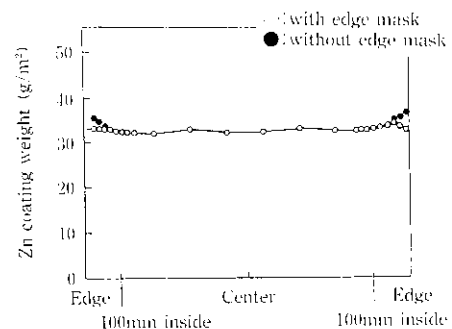


Fig. 6 Zinc coating weight profile

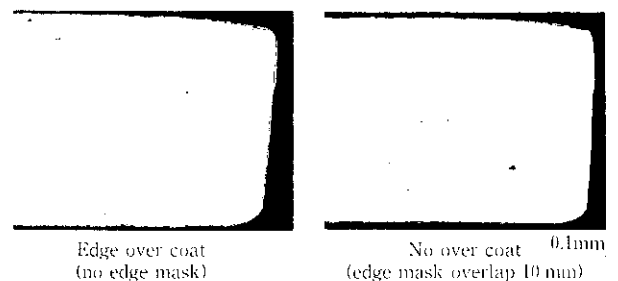


Photo 1 Cross-section of strip edge

分布の均一性に優れているが、さらに、エッジマスクによりエッジオーバーコートもなくなっている。Photo 1 は、エッジ近傍の断面拡大図であるが、エッジマスク使用時には、エッジオーバーコートがないことがわかる。

4 亜鉛イオン補給

4.1 亜鉛イオン源

不溶性陽極の電気めっき装置では、めっきイオンを外部より補給する必要がある。亜鉛イオン源としては、炭酸亜鉛、酸化亜鉛、金属亜鉛等がある。2 EGL では、純 Zn めっきには、当初より安価な金属 Zn を使用してきたが、ZnNi めっき液の Zn イオン源については、検討を重ねた結果、当初の炭酸亜鉛から安価な酸化亜鉛に変更した。Table 2 に亜鉛イオン源の比較を示す。酸化亜鉛は、ニッケルの置換析出がないこと、濃度制御性が良いことにより採用した。

Table 2 Comparison of zinc ion source

Ion source	ZnCO ₃	ZnO	Metal Zn
Solubility (time dependence)	◎	○	×
Substitute depositon of Ni	○	○	△
Concentration control	◎	◎	△
Source handling	◎	△	○

◎ Excellent ○ Good △ Good~Bad × Bad

4.1 酸化亜鉛溶解装置

4.2.1 酸化亜鉛の種類と溶解方法

酸化亜鉛は造粒品を用いた。これは、溶解中に酸化亜鉛の凝集を防止するためである。また、Table 3 に示すように造粒品酸化亜鉛は、粉末よりも流動性が良いので、エアータン送および自動ハンドリングが可能になった。これは、造粒品酸化亜鉛の圧縮度が粉状のそれに比べ低いことによる。

Fig. 7 にめっき液に対する最大薬剤投入量と溶解終了時の pH との関係を示す。溶解後の pH が 2.3 より高いと溶け残りが生じる。これはめっき液中の鉄分により鉄化合物が生成し、酸化亜鉛のまわりをおおうため溶解を妨げると考えられる。このときの酸化亜鉛の最大投入量は、単位めっき液あたり 0.2 wt% であり、必要溶解時間は 3 分間である。

4.2.2 稼動状況

酸化亜鉛溶解設備は、順調に稼動し、ZnNi めっき液の Zn イオ

Table 3 Comparison of zinc oxide^a

	Zinc oxide powder	Zinc oxide grain ^b
Compressibility	large (△)	small (○)
Air transportation capability	bad (×)	good (○)
Mass specific weight	0.3 (△)	1.0 (○)

^a○ Good △ Not so good × Bad

^bAdopted as Zn ion source in No.2 EGL

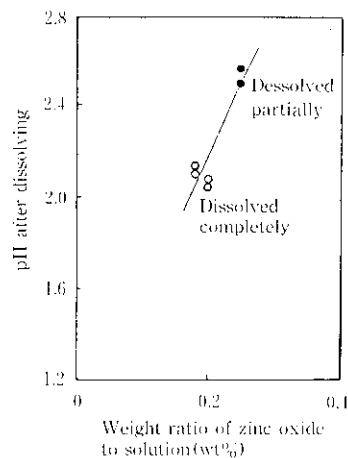


Fig. 7 Relation between dissolved Zn and pH

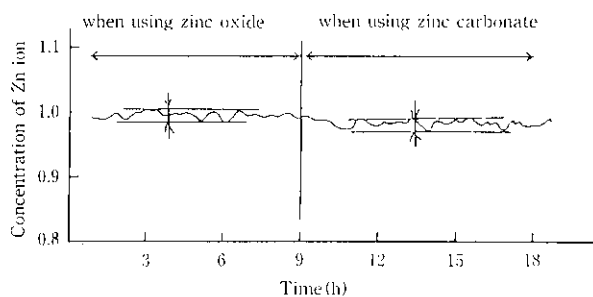


Fig. 8 Concentration trend of zinc ion

ン源は、ほぼ全量酸化亜鉛を使用している。Fig. 8 は、めっき液濃度制御の結果を示している。めっき液濃度制御のばらつきは、酸化亜鉛と炭酸亜鉛とで同じである。

5 自動化技術

5.1 計算機システム

計算機のシステム構成を Fig. 9 に示す

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 および各種センサー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。

5.2 クロム付着量自動制御

Fig. 10 に示すように、縦バスの反応型クロメートを採用した。縦バスの反応型クロメートでは、ライン速度によらず反応時間を一定にするために、スプレーゾーンを 12 分割し、ゾーン数の切替え制御を行っている。また、横バスでは、鋼板上にクロメート液がのっているので表裏面での反応時間を同じにすることが困難であったが、縦バスのスプレーゾーン制御では、横バスに比べ、その影響が少なく表裏の反応時間を同じにできるので、表裏の付着量差がない。また、ゾーン数も多くとれるので、付着量制御の精度が向上してきた。Fig. 11 はクロム付着量制御の結果である。ライン速度が変化してもゾーン数を制御すれば、クロム付着量は一定となっている。

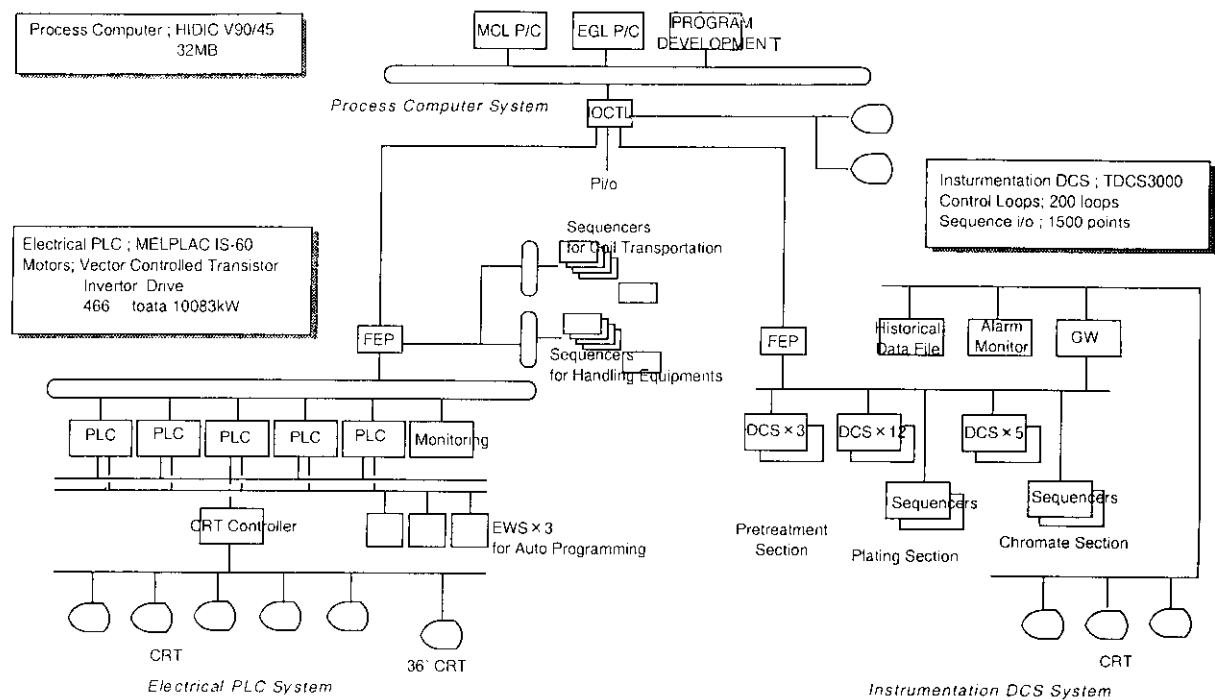


Fig. 9 System configuration of No.2 EGL

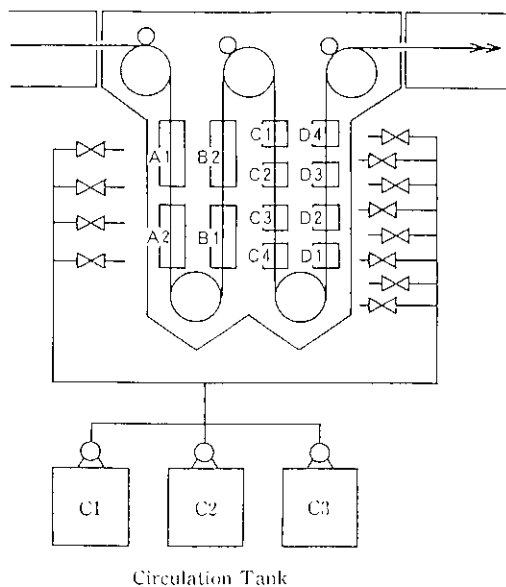


Fig. 10 Chemical treatment equipment

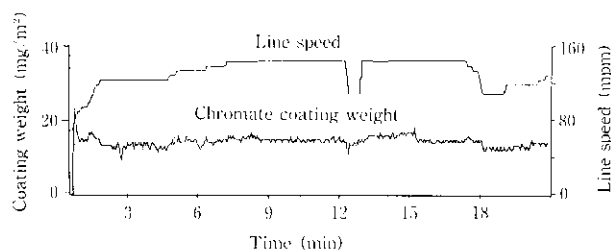


Fig. 11 Trend of chromate coating weight

6 操業状況

6.1 生産状況

No.2 EGL は、1991 年 7 月に営業運転を開始して以来、順調に立ち上がり、現在まで高水準の操業を続けている。特に、主力品種である ZnNi およびクロメート製品の製造も順調でその機能をフルに発揮している。

6.2 歩留り向上と省力化

No.2 EGL でとくに目立った特徴を紹介すると以下のとおりである。

6.2.1 リールマーク不良の防止による歩留り向上

テンリョンリール巻取時、板先端で発生するリールマーク（腰折れ）不良に対しては、従来、ゴムスリップにより対応してきた。しかしながら、従来形状の真円ゴムスリップでは、板厚の厚いものでは段差を吸収しきれず、リールマークが発生する。今回リールマーク発生量を減少させるため、新しく考案したハート型形状のゴムスリップを導入し、Fig. 12 に示すように歩留りを向上できた。

Thickness		Reel-mark length ratio (%)					
		0	20	40	60	80	100
1.8mm	Conventional	████████████████████					
	New-type	██████████					
0.75mm	Conventional	████████████████████					
	New-type	██████████					

Fig. 12 Reel-mark length

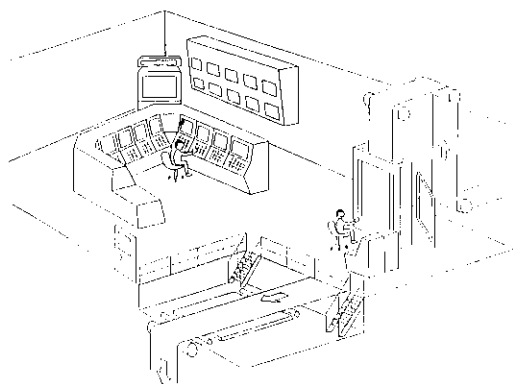


Fig. 13 Pulpit (operation and inspection room)

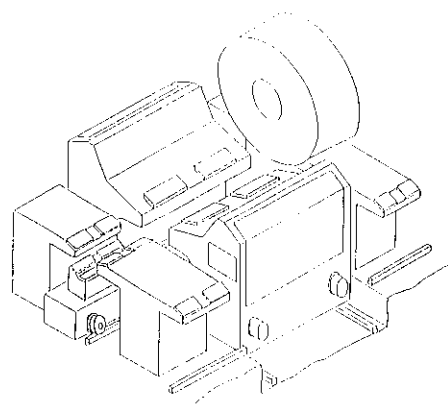


Fig. 15 Coil handling carriage

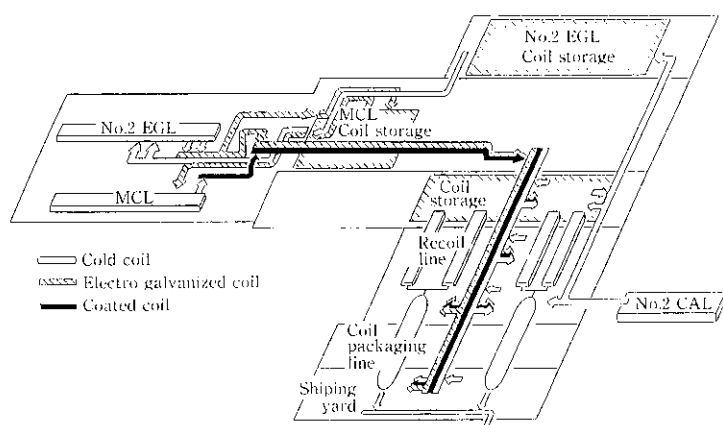


Fig. 14 Schematic diagram of material flow

6.2.2 板面検査室と中央運転室の統合による省力化

入出セクションの運転と板面検査をまとめて監視できる運転室のレイアウトを採用した。Fig. 13に運転室のレイアウトを示す。これにより少人数によるライン運転が可能となった。

6.2.3 自動コイル搬送システム

Fig. 14に全体物流を示す。また代表的な設備構成をFig. 15に示す。Fig. 15に示す搬送台車は、2段台車方式で、比較的長い距離を高速（max.200 mpm）にてコイル搬送する。さらに3段台車方式としたものをストレージ内のコイル搬送に用いている。

(3) 付着量制御をはじめ、各自動化制御を実現し、少人数での運転ができた。

(4) 新型ゴムスリーブにより、テンションリール巻取時、板先端で発生するリールマーク不良を大幅に減少できた。

この結果、お客様から高い信頼と評価が得られているが、今後さらに一層の高品質、高生産性、高効率の操業技術の確立を図ってきたい。

7 結 言

水島製鉄所No.2電気亜鉛めっきラインにおいて自動車外板材や家電用クロメート材の表面品質厳格化に対応するために開発された新型水平セル、および近年工程化した新技術の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) 新型水平セルの開発により、表面外観品質向上、高電流密度操業、コンタミネーション防止による品質向上、板有りロール／アノード交換、酸化イリジウム電極による押疵防止が実現でき、高品質の電気めっき製品が高速かつ高生産性で安定操業できるようになった。
- (2) 酸化亜鉛溶解装置は、順調に稼動し、ZnNiめっきのZnイオン源のほぼ全量を安価な酸化亜鉛で供給できている。

参 考 文 献

- 1) 竹内隆行、菅沼七雄、木畑朝晴、池永孝雄、法領田宏、進 修、矢野豪志：材料とプロセス、5(1992)5、1722
- 2) 渡辺武敏、佐藤和彦、飯田永久、進 修、竹内隆行、藤井慎吾：材料とプロセス、5(1992)5、1723
- 3) 池永雄二、飯田永久、登田一朗、藤井慎吾、高橋誠一、桜井昭雄：材料とプロセス、5(1992)5、1724
- 4) 竹内隆行、木畑朝晴、浜田一明、藤井慎吾、渡辺武敏、宮原省治：材料とプロセス、5(1992)5、1725
- 5) 中野浩、進 修、関田貴司、桜井昭雄、池永雄二、岡田康秀：材料とプロセス、7(1994)5、1556
- 6) 村上豊彦、竹内隆行、関田貴司、太田智之、斉本順一：材料とプロセス、8(1995)3、513