

溶融亜鉛めっき鋼板の合金化度制御装置^{*1}飯田 祐弘^{*2} 川原 眞博^{*3} 土田 尚史^{*4}

Automatic Controller of Alloying Degree in Galvannealing of Steel Sheet

Sachihiro Iida Masahiro Kawahara Hisashi Tsuchida

1 緒 言

合金化溶融亜鉛めっき鋼板はスポット溶接性、塗装密着性、耐腐蝕性に優れた性質を持っている。一方、めっき層は加工性に乏しく、曲げおよびプレスなど加工時のめっき層の剥離現象の抑制は品質上の重要な課題である。これらの性質は合金化度（めっき層における平均鉄濃度）と密接な関係にあることはよく知られており、合金化度を測定し許容範囲内に制御することが重要である。また、近年需要家の全長全幅における品質保証要求はますます高くなっており、インラインでの合金化度の連続測定および制御の必要性が高まってきた。

そこで、合金化度を連続的に測定する合金化度センサ（アロイセンサ）を用いた合金化度制御システムを開発した。本稿ではこの合金化度制御装置の概要および当社水島製鉄所での適用結果について述べる。

2 連続溶融亜鉛めっき鋼板製造ライン

Fig. 1 に連続溶融亜鉛めっきラインの概要を示す。亜鉛めっき浴で亜鉛めっき後、溶出側のスリットノズルからの吐出ガスによって所

定の付着量に制御する。その後、合金化炉で加熱し、亜鉛めっき層に地鉄を拡散させることで合金化する。通常、合金化終了後、付着量計と共に、合金化度計（アロイセンサー）が、設置され制御に活用される。

3 合金化度計¹⁻³⁾

合金化溶融亜鉛めっき鋼板のめっき層には Γ 相、 δ_1 相、 ζ 相などの鉄-亜鉛合金組織が存在するが、これらの組織は鉄濃度によって決まり、Fe濃度は合金化処理温度、地鉄の組成、付着量などの要因で変化する。各々の相の格子定数の違いに着目してX線回折理論を適用すると各相の種類の区別や量の測定が可能となる。一方、亜鉛めっき鋼板の亜鉛付着量は亜鉛の蛍光X線強度と相関が有ることがわかっているのでこれらを使うことで合金化度とめっき付着量が測定できる。

実際の測定では十分な測定精度を得るためバックグラウンド回折強度（ I_{BGR} ）を測定し、Fig. 2 に示す合金化度と I_{BGR} と Γ 層の回折強度（ I_Γ ）の比の関係から合金化度を求める。

合金化度計により測定された合金化度は上位計算機に取り込まれ、合金化度品質の管理および制御に用いる。Fig. 3 は水島製鉄所に設置したアロイセンサの測定値と化学分析による合金化度の比較であ

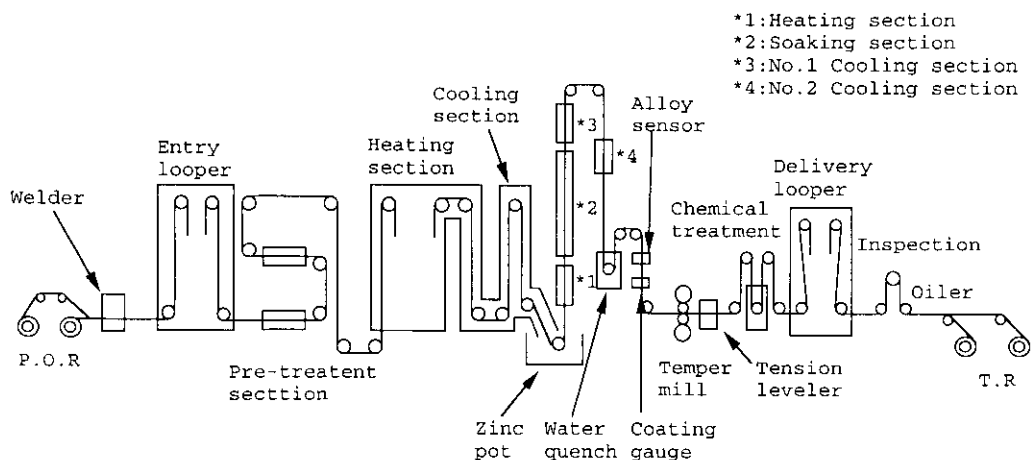


Fig. 1 Hot dip continuous galvanizing line

*1平成8年7月16日原稿受付

*2エンジニアリング事業本部 製鉄・プラント事業部 圧延技術部冷延技術室 主査(課長)

*3水島製鉄所 制御技術部制御技術室 主査(課長補)

*4水島製鉄所 制御技術部制御技術室 主査(掛長)

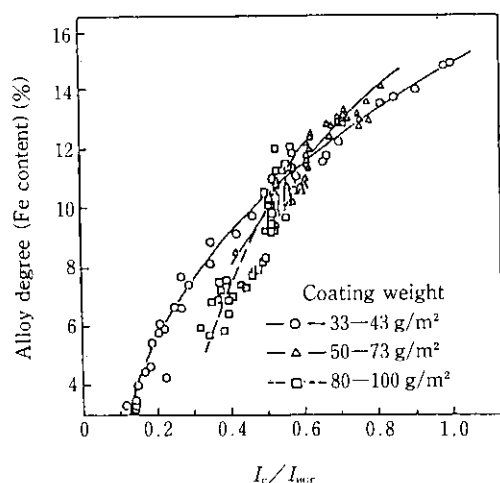


Fig. 2 Correlation between alloy degree (Fe content) in coating layer and intensity ratio of Γ to background for various coating weights

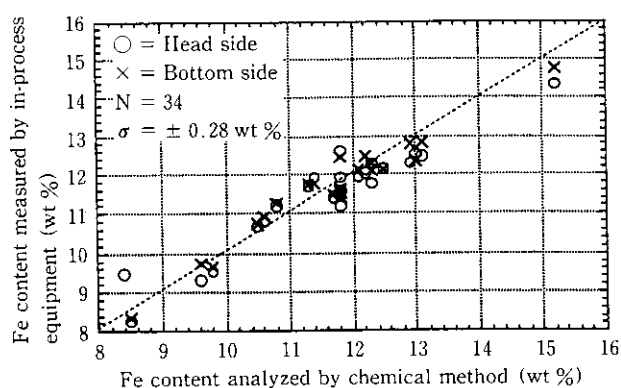


Fig. 3 Comparison of the in-process measured data with chemically analyzed data in Fe content

る。本データでは化学分析値とアロイセンサとの誤差は $\sigma = 0.3 \text{ wt } \%$ 程度であり、合金化度の品質制御に十分利用できる精度である。

本アロイセンサは、当社内 8 台、社外 8 台、計 16 台の使用実績があり、合金化度の制御に活用されている。

4 合金化度制御装置⁴⁾

Fig. 4 に合金化度制御システムのシステム構成を示す。本システムは合金化モデルに基づく合金化炉プリセットと溶接点付近や速度変更時などの過渡期の応答性を向上するためのフィードフォワード制御および定常状態の合金化度を一定に保つ合金化度計を用いたフィードバック制御からなる。また、合金化モデルは合金化炉操作データと合金化度計の測定値をもとにモデルパラメータを適応修正する学習機能によりある程度プロセスの変化に対しても精度を維持できる機構となっている。本システムの特徴は、以下の点である。

- (1) 厳密物理モデルをベースとしている。
- (2) 膨大な合金化度モデルの計算を高速で処理し、オンライン処理を実現した。

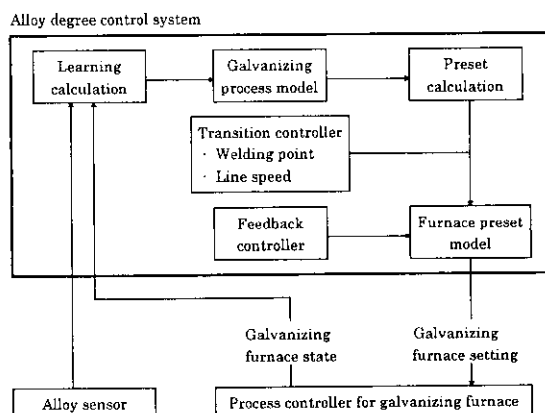


Fig. 4 Construction of alloy degree control system

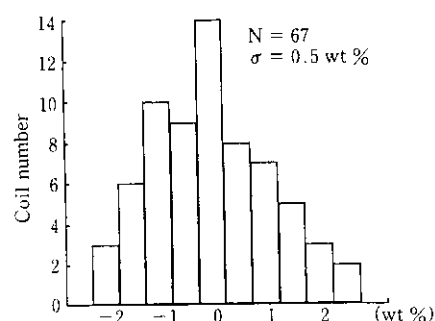


Fig. 5 Difference between aimed value and actual value

- (3) 過渡期は応答性を良くするために、合金化度と板温の影響係数を算出して板温目標を変更するフィードフォワード板温制御に切り替えて制御を実施する。

Fig. 5 は小島製鉄所で極低炭材について本制御システムを適用した結果である。本制御適用時の合金化度偏差のばらつきは $\sigma = 0.5 \text{ wt } \%$ で合金化度制御適用前の約 $1/2$ という良好な結果を得た。

5 結 言

CGL においてインラインで合金化度を測定できるアロイセンサを用いた合金化度制御システムを開発した。小島製鉄所でのオンライン適用結果より、本システムを適用することで合金化度の制御精度が向上した。今後、パラメータの調整により、適用鋼種の拡大を図っていく。

参 考 文 献

- 1) D.H.Roland: *Trans. Amer. Soc. Metals*, **40**(1948), 983
- 2) H.Bablik: *Galvanizing(Hot-Dip)*, (1950), 158, [E. & F.SPON]
- 3) M.Kawahara, H.Yamane, O.Takehisa, J.Kawabe, and H. Shigemoto: *Proc. IMECO XIII*(1994), 2252-2257
- 4) 川原貞博, 亀谷岳文, 安達一成, 田中俊吾: 第 4 回計測自動制御学会中国支部學術講演会, (1995), 176