

## 溶融亜鉛めっき鋼板の亜鉛付着量均一化技術

## Improvement of Zn-coating Uniformity

(株)神戸製鋼所 加古川製鉄所 清水 正文\*・中村 秀樹  
機械研究所 前田 恭志

## I. 諸言

近年、自動車業界や家電業界を中心とした、鋼板の防錆強化、高級化指向により、溶融亜鉛めっき鋼板の需要の伸びがいちじるしく、鉄鋼各社で溶融亜鉛めっきライン（以下、CGLと略す）の増設が相次いでいる。量的拡大にともない需要家の溶融亜鉛めっき鋼板に対する要求品質はますます厳しくなり、とくに、鋼板の板幅、長手方向の亜鉛付着量を、より均一化することが重要な課題となってきている。

亜鉛付着量を板幅方向に均一化するためには、付着量コントロール部での鋼板の反りを矯正することが重要である。そこで、著者らは、鋼板の反りを矯正制御するのに適しためっき浴中のロール配置、ロールインタメッシュを解析し、その解析結果をもとにして、めっき機を新たに設計製作し実ラインに適用した。本稿はこのめっき機を使用した、溶融亜鉛めっき鋼板の亜鉛付着量均一化について、一応の成果を得たのでその結果を報告する。

## II. CGL（連続溶融亜鉛めっきライン）の概要

CGLの概要をFig.1に示す。さらに、めっき機の構成をFig.2に示す。CGLは冷延鋼板、熱延酸洗鋼板を原板とし連続焼鈍炉で焼鈍された後、無酸化雰囲気を保ったスナウトを通り、SR（シンクロール）、FSR（表サポートロール）、BSR（裏サポートロール）WN（ワイピングノズル）、TR（タッチロール）を通過する。SR、FSR、BSR、TRは鋼板の振動、反りを抑える働きがあり、WNは過剰に付着した亜鉛をガス圧力で所定のめっき付着量にコントロールする役割をもっている。

ここで鋼板の反りが問題となるのは、ワイピング時の幅方向反り（C反り）である。ワイピング時にC反りがあると、ワイピングノズルと板間の距離が幅方向で不均一となり、めっき付着量が不均一となる。

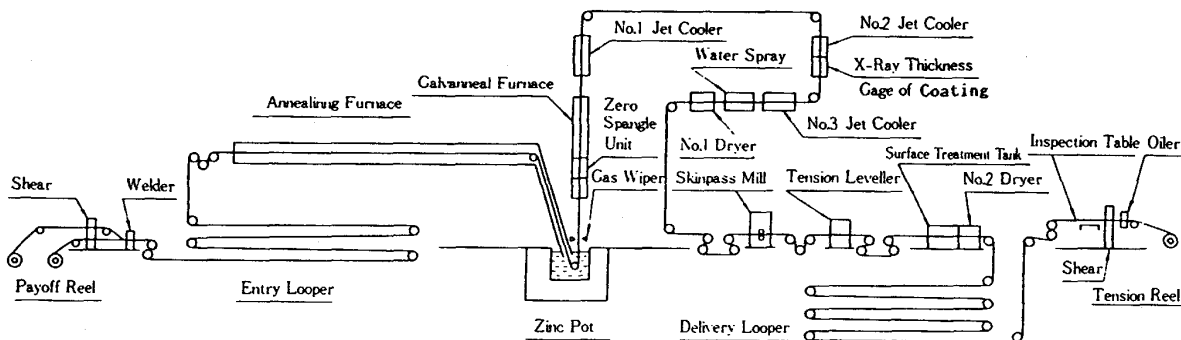


Fig. 1 Layout of continuous galvanizing line (CGL)

平成 3年10月31日受付 (Received Oct.31, 1991)

\* Masafumi Shimizu (Kakogawa Works, Kobe Steel, Ltd., 1 Kanazawa-cho Kakogawa 675-01)

### III. 板反りのメカニズム

一般に、溶融亜鉛浴の温度は 460℃前後に調整され、浸漬される鋼板の温度も同程度である。したがって、浴中の鋼板は軟質で降伏点およびヤング率が低い。この軟らかい状態で、鋼板は SR による曲げとライン張力により、引張曲げ、曲げ戻しを受ける。この過程において内部応力値が鋼板の表層部で降伏応力を越え、材料に部分的な塑性変形が生じる。この塑性変形により、材料の板厚方向内に長手方向および幅方向の応力分布（残留応力）が生じる。SR により幅方向の拘束を受けていた鋼板は、SR を離れた後、この幅方向の残留応力が解放され、幅方向に板反りを生じる。

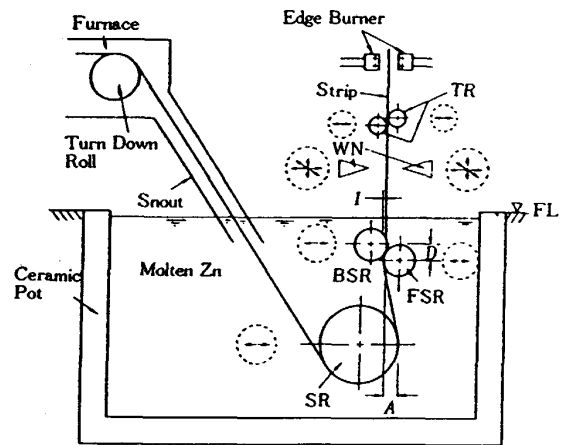


Fig. 2 Structure of coating facility

### IV. 鋼板の板反り矯正方法

前述のとおり板反りは、Fig.2 の SR で鋼板が塑性変形を起こして発生するが、これを矯正するためには、SR の上部にある FSR にて塑性曲げ戻しをおこなえばよい。FSR と BSR のロール配列としては、Fig.3 の (a) (FBS 配列と呼ぶ) と (b) (BFS 配列と呼ぶ) が考えられるため、それぞれの配列に対し板反りのシミュレーションをおこなった。その結果、FBS 配列では矯正能力がほとんどないのに対し、BFS 配列では矯正能力があることを見出した。これは、限られた浴中スペースでは BFS 配列では FBS 配列にくらべて、FSR と BSR および FSR と SR の距離が比較的短く、FSR の押込み（以下、I/M と略す）により大きな曲げひずみを与えられるためである<sup>1)</sup>。

次に、BFS 配列で板厚と I/M の関係について、シミュレーションをおこなった。Table 1 に、シミュレーションに用いたロール寸法、鋼板の寸法を示す。板反り量は SR の面に対して凸形状の反りをプラス、凹形状をマイナスとした。Fig.4 に、シミュレーション結果の 1 例を示す。

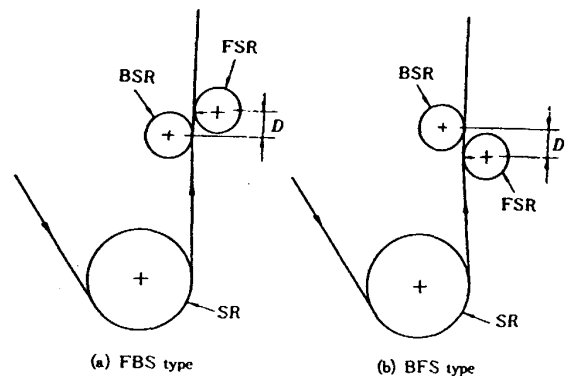


Fig. 3 Roll arrangement in melting pot

Table 1 Calculation conditions

|                              |            |                                   |
|------------------------------|------------|-----------------------------------|
| Thickness                    | t          | 0.5~2.0 mm                        |
| Young Modulus                | E          | $1.76 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ |
| Yield Stress                 | $\sigma_y$ | 147 N/mm <sup>2</sup>             |
| Line tension                 | $\sigma_l$ | 20 N/mm <sup>2</sup>              |
| Roll Diameter of SR          |            | $\phi 610 \text{ mm}$             |
| Roll Diameter of FSR         |            | $\phi 250 \text{ mm}$             |
| Roll Diameter of BSR         |            | $\phi 250 \text{ mm}$             |
| Distance between SR and FSR  |            | 750 mm                            |
| Distance between FSR and BSR |            | 110 mm                            |

この図の横軸は、BSRによって決まるパスラインに対するFSRのI/Mであり、縦軸はその時の板反り量である。この図より、I/Mを大きくすると、プラスの反りが減少し、適正なI/Mで反りはゼロとなることがわかる。さらに、I/Mを大きくすると、反りはマイナスとなるが、変曲点より反りは増加をはじめ、再びゼロを通過し、プラスの反りに変わっていく。これは、SRで作られたプラスの反りが、I/Mを大きくすることにより、FSRの加工半径が減少し、FSRで作られるマイナスの反りによって打ち消されることによる。これに対して、変曲点以降は、I/Mを大きくすることにより、BSRの加工半径も減少し、BSRで作られるプラスの反りが増加することで説明される。また、板厚が厚くなると初期のSRで作られる反りの量が大きくなり、プラスの反りからマイナスの反りまで変化させることができなくなることがわかる。さらに、反りをゼロとする最適I/Mは板厚とともに大きくなることもわかる。

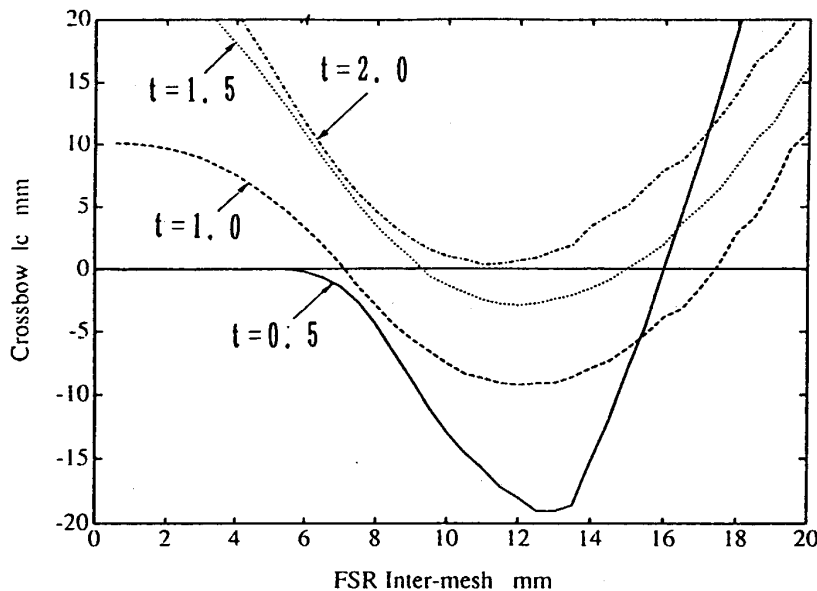


Fig.4 Influence of inter-mesh and thickness on the crossbows

## V. 実ライン適用結果

以上のシミュレーション結果をもとに、BFSタイプの新めっき機を設計・製作し実ラインに適用し、板反り矯正能力と表面品質の両方を満足する浴中ロール配置を決定した。その結果をTable 2に示す。FSRとBSRのロール間隔(D)およびBSRとSRの相対位置(A)が大きすぎると、腰折れやチャタマークが発生し表面品質が悪化する。また、小さすぎると板反り矯正能力が低下することが判明した。実作業の中で最適配置を模索した結果、 $D=110\text{ mm}$ 、 $A=30\text{ mm}$ で実用化した<sup>2)</sup>。

実用化後の適性なI/Mと板厚の関係をFig.5に示す(引張強さ $=275\text{ N/mm}^2$ 級)。板厚が薄いとSRでの板反り量が小さいためFSRのI/Mが小さく、板厚が厚くなるにしたがってI/Mが大きくなりシミュレーションの結果通りとなった。

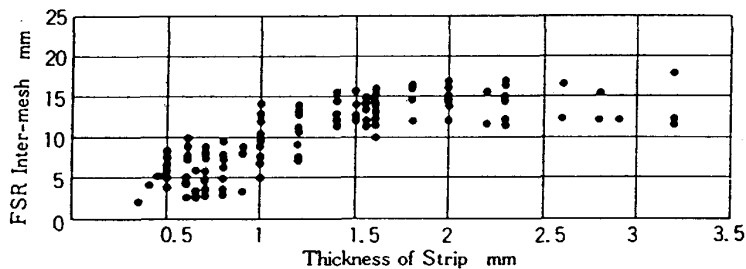
適性なI/Mで板反りを矯正した場合の板幅方向の付着量偏差の一例をFig.6に示す。従来のめっき機では $45\text{ g/m}^2$ 目付レベルで、付着量偏差が $6\sim7\text{ g/m}^2$ であったが、新型めっき機では $2\sim3\text{ g/m}^2$ となり、従来の1/2以下になった。

Table 2 Effect of roll distance on surface quality and corrected ability

| Position (A) | Distance (D) mm |     |    | Surface Quality |     |    | Corrected Ability |     |    |
|--------------|-----------------|-----|----|-----------------|-----|----|-------------------|-----|----|
|              | 150             | 110 | 80 | 150             | 110 | 80 | 150               | 110 | 80 |
| 50           | ×               | ×   | ×  | ○               | ○   | ○  |                   |     |    |
| 30           | ×               | ○   | ○  | ○               | ○   | ×  |                   |     |    |
| 20           | ○               | ○   | ○  | ×               | ×   | ×  |                   |     |    |

○:Good ×:No good

Fig. 5 Relationship between inter-mesh and thickness of strip



VI. まとめ

以上のように、亜鉛付着量の均一化を狙って板反り解析をおこない、その結果を基に新型めっき機的设计・製作をおこない実ラインに適用し、以下の結果を得た。

- (1) 板反り矯正能力と表面品質の両方を満足する浴中ロール配置はSR = 610mm, FSR = BSR = 250mmの場合, D=110mm, A=30mmであった。
- (2) 板反り矯正の解析結果と実機実証結果は良く一致した。
- (3) 板幅方向の付着量偏差が従来の 1/2に改善できた。

文 献

- (1) 服部重夫, 前田泰志, 中村秀樹, 岡野正之, 清水正文: R & D神戸製鋼所技報, Vol.39 No.4, (1989), p.75
- (2) 中村秀樹, 清水正文: R & D神戸製鋼所技報, Vol41, No.4, (1991), p.68

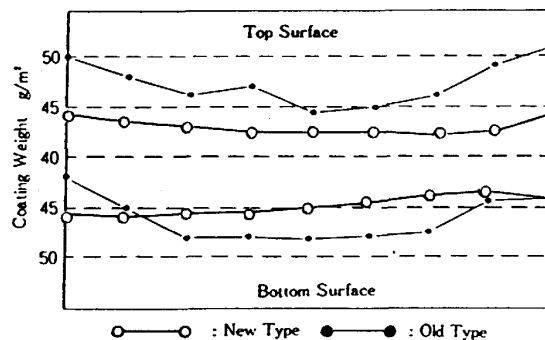


Fig. 6 Effect of typical coating weight on old and new type coating facility