

討13

片面溶融亜鉛めっき鋼板の製造プロセスの開発と実用化

日本鋼管(株)・技術研究所 福田脩三 ○大久保 豊

原 富啓 安藤嘉紹

福山製鉄所 袴着弘幸

設 備 部 大中将司

1. 緒 言

近年、自動車メーカー等において片面亜鉛めっき鋼板の需要が高まってきている。この製造方法として、鉄鋼各社において種々のプロセスが提示されているが、設備面・操業面・品質面のいずれにおいても、すぐれていると思われるものはまだ無く、開発途上の技術と言えよう。

われわれは、本プロセスの開発を行なうにあたり、特に次の点に重点を置き研究を推進した。

- (1) 既存の溶融めっきラインにも容易に適用でき、両面めっきとの兼用ラインとすることが可能であること。
- (2) 操作性の良いこと(たとえば、板巾変更等に対し、無調整で操業できること)。
- (3) 設備コストが安価なこと。
- (4) 高品質のものが、高ラインスピードで安定に操業できること。

研究の初期段階は、研究所主体、実機化段階での設備設計、試験操業においては現場・研究所が一体となって開発を推進した。以下にその概要を述べる。

2. 基礎実験

片面溶融亜鉛めっきプロセスの最重要部とも言うべき、片面にのみ亜鉛をコーティングする方式には、極めて多くの案が考えられる。事前の机上検討の結果、基本的な構成として、水平パスの下面に設けたノズルから吐出した、溶融亜鉛流をストリップ下面にのみ接触させる方式をとることとした。

2-1. 低融点合金による実験

本プロセスにおいて予想される問題点として、以下のものが考えられた。

- (1) ストリップの端部から非めっき面側へ亜鉛が廻り込む可能性がある。
- (2) ノズルから亜鉛流を吐出させるため、飛沫の発生する可能性があり、これが非めっき面側に落下・付着する可能性がある。
- (3) ノズルからの吐出流を得るための圧送手段(ポンプ)が、大型、高パワーのものとなる可能性がある。

等である。そこで、まづ、ノズルからの吐出実験、およびストリップ端部、下面での流れの状況を見る実験を行った。融点の高い亜鉛を用いた流動実験は、作業性の上で実験能率が極めて悪い。

そこで、亜鉛と同程度の物性値を持ち、しかも低融点(70℃)の合金(ウッド・メタル)を用いて基礎実験を行なった。Table 1に亜鉛、ウッド・メタル、水の物性値を示す。

この合金は、容易に溶融状態となり、かつ、温度も低く、実験の安全性および作業能率は著しく向上した。また、流動状況が亜鉛と、ほぼ同じであり、データを溶融亜鉛の場合に適用する上での信頼性が高い。

2-2 ノズル形式の選定

まず、Fig 1に示すような、三種類のノズルを試作した。Fig 1中のノズルは、すべて板巾を

Table 1. Physical properties of zinc, wood's alloy and water

| fluid item | zinc | woods alloy (80℃) | water(20℃) |
|-----------------------------|------------|----------------------|------------|
| melting pt. (℃) | 419 | 70 | 0 |
| density (g/cm^3) | 6.8 (600℃) | 8.1 | 1.0 |
| viscosity(c·p) | 2.3 (450℃) | 9.2 | 1.0 |
| surface tension (dyn/cm) | 710(590℃) | 450 | 73 |

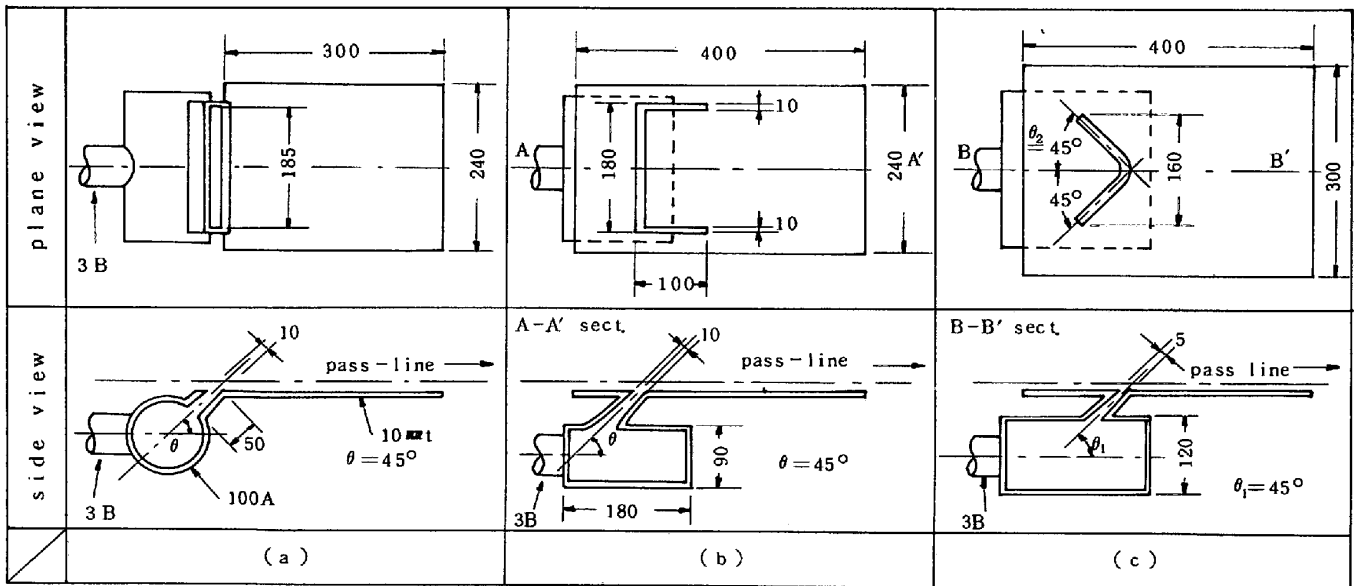


Fig. 1. Three different types of nozzles for experiment

200 mmと想定している。

(a)のノズルは最も簡単な構造であるが、ストリップ下面での垂鉛の接触を確実とし、かつ、接触時間を、かせぐという見地から、ノズル・プレートと呼ぶ流れのガイドをノズル吐出口からライン進行方向にとり付けてある。(b)のノズルは、ストリップ端部で非めっき面側(上面)に垂鉛流が廻り込まないためには、板端部において板巾方向外側に向く水平方向流速があれば良いとの認識に基づいて製作した。つまりストリップ端部に、これと平行なスリット状ノズルを配置し、下面に衝突後の垂鉛流が二次元的に効率良く板巾方向流速を発生させるようにしている。これによって、上述の如き、板端部での流れを得ようとするものである。

(a), (b)ノズルとも、良好な膜状の垂鉛流が得られ、特に(b)のノズルでは、ねらい通り、板端部において板巾方向外方に向く水平方向流速が発生し、ストリップのパスライン変動があっても、非めっき面側への垂鉛の廻り込みは確実に防ぐことができた。しかし(a), (b)ノズルとも、板巾変化に対し、そのノズル長手方向長さ(板巾方向長さ)を調節しなければならず、板巾変更に対する適応性が無い。一方、本開発で目指した片面めっきシステムの、ライン条件をTable 2に示す。(a), (b)ノズルは、Table 2中の(3)の条件に対し、致命的な弱点を持つ。この欠点をカバーするために考案したものがFig. 1中の(c)のノズルである。つまり、ノズルからの吐出流れに、最初から、板巾方向流速成分を与え、かつ、ストリップの最大巾+蛇行量以上の板巾方向長さを持つようにしておく。

このようなノズルでは、板巾が変わったり、蛇行によって、板端がどのような位置にあっても板端部では常に同じ条件の板巾方向外方に向く流れ状況が得られ、Table 2の条件下でも非めっき面側への廻り込みが無く、かつ、めっき面側では全巾への確実なコーティングが期待できる。(c)のノズルによる流れの概念をFig. 2に示す。本ノズルでは、板端部より、外方の部分で吐出される垂鉛流による飛沫の発生が予想されたが、Fig. 2のようにノズルプレートの両サイドを曲面上にすることに

Table 2. Line conditions for one-side galvanizing process

| item | condition |
|-------------------------|----------------------------|
| (1) line speed | max. 90 mpm |
| (2) fluttering of strip | max. ± 5 mm |
| (3) strip width | max. 1524 mm ~ min. 800 mm |
| (4) snaking of strip | max. ± 100 mm |

より、飛沫発生も防ぐことができた。ウッド・メタルによる検討の結果、Fig.1 (C) に示すように $\theta_1 = 45^\circ, \theta_2 = 45^\circ$ とし、後述のパイロット・ラインの実験に移行した。

2-3. ポンプ形式の選定

ノズル部に垂鉛を圧送する手段としては、なるべく製作が容易で、かつ、製作費も安価であることから、Fig. 3の如きポンプを用いることとした。ポンプに要求される性能としては、ノズルから所期の垂鉛流の得られること以外に、

- (1) 流れにムラの無いこと。
- (2) 気泡や、トップ・ドロスを巻き込まないこと
(垂鉛の自由表面をなるべく乱さないこと)。
- (3) ボトム・ドロスを巻き込まないこと。
- (4) なるべく効率の良いものであること。

があるが、これらの視点で細心の注意のもとに設計した。

(2)については、次のようなFroud数 (Fr) を適正に選べば良いことが既にわかっている⁽¹⁾

$$Fr = \frac{(Nd_i^3 / Ap)^2}{gHi}$$

ここで、N : インペラー回転数
 di : インペラー径
 Ap : 吸入口断面積
 Hi : インペラー深さ
 g : 重力加速度

ウッド・メタルによる実験の結果、 $0.05 < Fr < 0.1$ を設計条件として使用することとした。このような条件で設計したパイロットライン用、および実機用のポンプの概略仕様をTable 3に示す。実機用でも、比較的小容量の動力で済むことがわかり、設備上特に問題となる点はない。

3. パイロットライン実験

以上の結果をもとに、Fig. 4に示すような、研究所の溶融めっきパイロットラインにおいて、実際のめっき実験を行った基礎実験から得られた知見にもとづき、

Table 3. Specifications of pump

| item | line | pilot line | actual CGL |
|-------------------------|------|------------|------------|
| max. flow rate | | 216 l/min | 700 l/min |
| max. discharge velocity | | 1.0 m/sec | 1.3 m/sec |
| dia. of impeller | | 100 mm φ | 175 mm φ |
| max. rotating speed | | 1200 rpm | 800 rpm |
| motor capacity | | 1.5 kw | 3.06kw × 2 |

注) パイロットライン用は、実験の必要上余裕を持った仕様となっている。

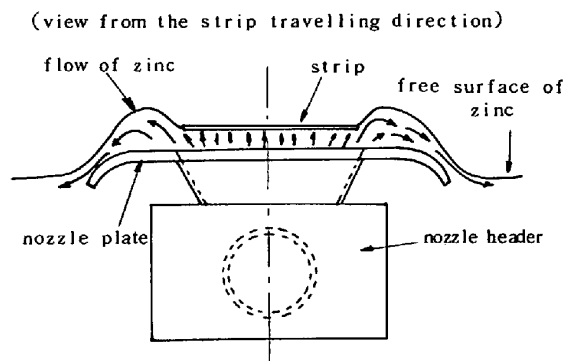


Fig. 2. Typical flow pattern by (C) nozzle.

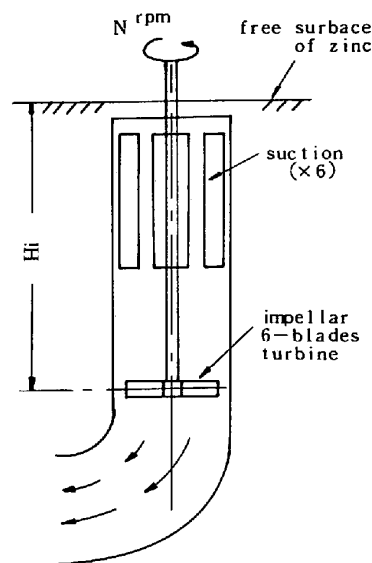


Fig. 3. Schematic of the pump for one-side galvanizing.

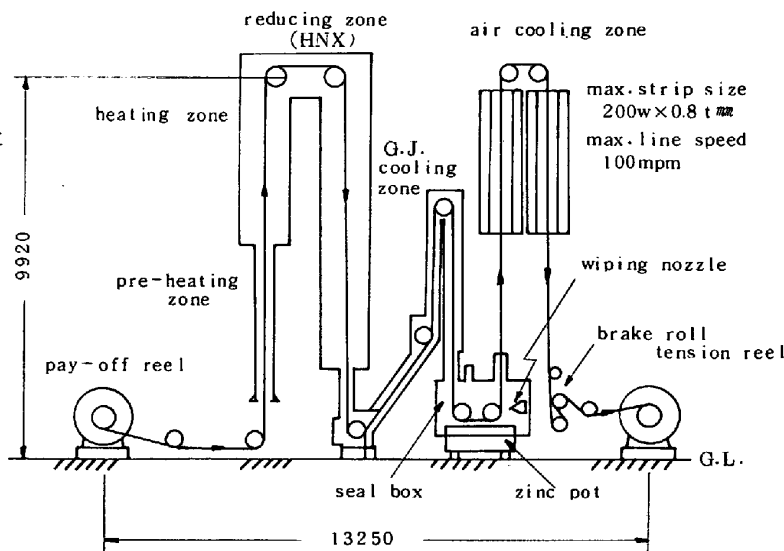


Fig. 4. Schematic of the pilot line for one-side galvanizing.

種々のノズルを実験したところ、Fig1中の(○)のノズルの優秀性が確認できた。また、本パイロットライン実験において、ノズル以外の種々の問題点、たとえばガスワイピング条件、シール・ボックス内の雰囲気コントロール等についての検討も行ない、実機設備仕上の有益なデータを得ることができた。品質上も、めっき付着量、その板巾方向分布、密着性とも、きわめて良好であった。

4. 実用化設備

本研究は、当社、福山製鉄所のCGLラインに設備化され、実用機としての機能を十分に発揮している。

実機化したノズルの概略図をFig5に示す。

全体として一体のスリット状ノズルとして構成し、Fig1中の θ_1 は 30° 、 θ_2 は 60° とした。ただし最小板巾以内の部分は、平面図的に傾斜させる必要は無く、 $\theta_2 = 90^\circ$ である。

シール・ボックス内に飛沫が発生し、飛散することは極力、避けねばならず、このため、

- (i) 板巾より外方に出たノズル部分からの垂鉛流はノズル・プレートの傾斜部に落ちる。
- (ii) 自由表面とノズル・プレート傾斜部の交差点近傍には、上部に飛沫除去用カバーを設ける。

などの対策をとっている。

本設備は既に述べたことから明らかなように、ストリップと垂鉛浴面間の距離、および、ストリップとノズル最上部との距離を大きくとれることから、

- (1) パスライン変動($\pm 5mm$)があっても非めっき面側に廻り込んだり、また、めっき面側に、不めっき部が生じたりしない。
- (2) 板巾変更($1524 \sim 800mm$)、蛇行($\pm 100mm$)等に対し、まったく無調整で操業できる。
- (3) 結果的に、高速のライン・スピードでめっきできる($90mpm$)。

という特徴を持ち、さらに

- (4) 既設のCGLに適用しやすい。
- (5) 製作・操業コストが安価である(ポンプ用モータ容量は約6kw)。

こと等から、きわめて優れたプロセスと言えよう。

5. 結 言

安定操業性、高生産性を主眼とした溶融片面垂鉛めっきプロセスの開発を行ない、実機への実用化に成功した。既設ラインに容易に適用できる特徴を有する。

引用文献 1) 日本鋼管技報, No 84 (1980), P 47~P 55

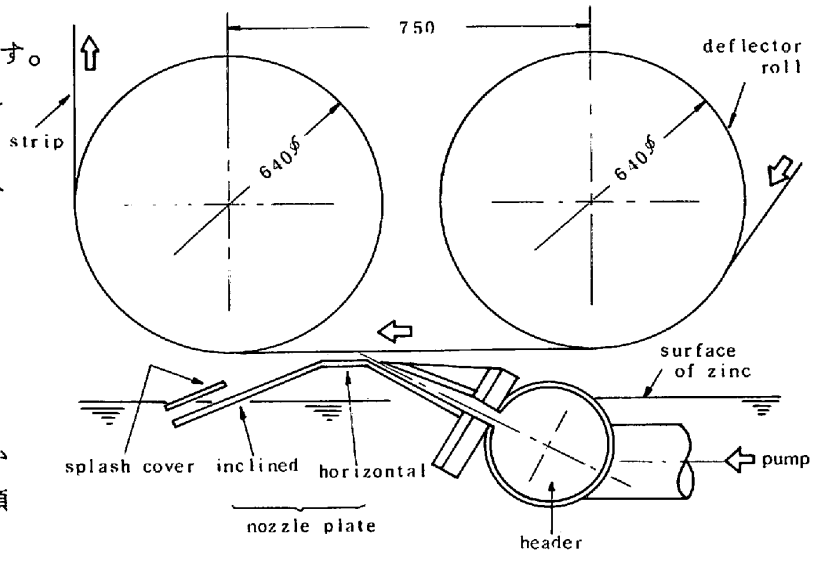


Fig.5. Outline of the nozzle for one-side galvanizing