

## 縦型めっき槽の高速通板技術

## High Speed Processing Technology in Vertical Plating Bath

川崎製鉄(株)千葉製鉄所

高橋憲男\*・佐藤邦昭

大野浩伸・武藤振一郎

## 1. はじめに

平成3年4月、溶接缶用極薄錫めっき鋼板の原板製造を目的として、千葉製鉄所第1冷間圧延工場No.4連続焼鈍ライン(以下4CAL)の入側にNiめっき設備を増設した。4CALは1000mpmと高速のため、通板安定性について実験および計算機シミュレーションにより解析し実機設計を行った。ここでは、その概要を報告する。

## 2. 設備概要とアプローチ方法

Fig.1に4CAL入側のレイアウト、Fig.2にNiめっき設備のレイアウト、Table 1に主仕様を示す。

これまでのプロセスラインでの知見から高速通板時には、狭い電極間で通板が不安定になり、ストリップが電極に吸い付くことが懸念された。そこで、1/3スケールの水モデル実験装置とシミュレーションにより縦型めっき槽において通板性能を決定するメカニズムを明らかにする。

Table 1 Main Specification

Plater type	Vertical
Anode	Ni-pellets
Bath Type	Watt Bath
Plating speed	1000 mpm max.

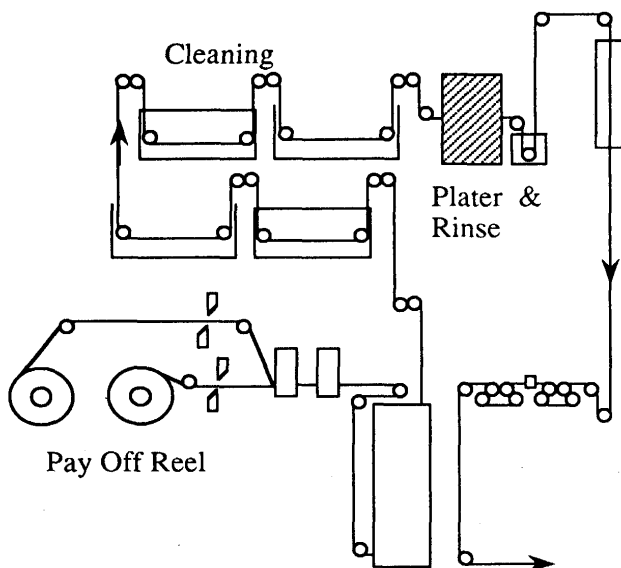


Fig. 1 Layout of No.4 CAL Entry Section

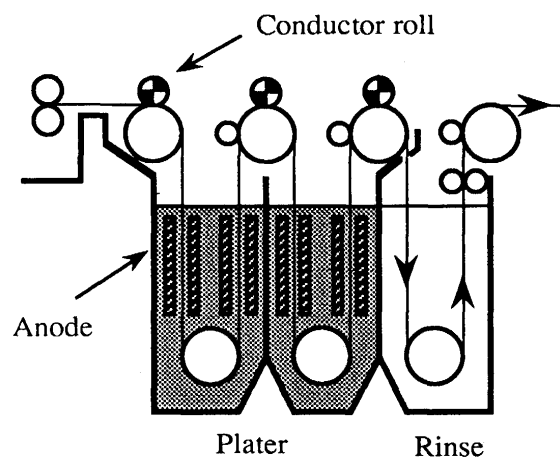


Fig. 2 Layout of plate cell

平成5年11月29日受付 (Received on Nov. 29, 1993)

\*Norio Takahashi (Chiba Works, Kawasaki Steel Corp., 1 Kawasaki-cho Chuo-ku Chiba 260)

### 3. 水モデル実験

Fig.3に示すような実機の1/3スケールの水モデル実験装置を製作し、シンクロロール～電極間の距離 $L_2$ 、ストリップ～電極間の距離 $L_1$ と、ストリップの挙動の関係を調べた。

その結果、Fig. 4に示すような以下の知見を得た。

- (1) シンクロロール～電極間距離を一定 ( $L_2 = 160\text{ mm}$ ) とし、ストリップ～電極間距離 $L_1$ を $36 \rightarrow 56\text{ mm}$ へ広げると、ストリップの吸い付き方向は入側から出側にかわる。
- (2) ストリップ～電極間距離を一定 ( $L_1 = 45\text{ mm}$ ) とし、シンクロロール～電極間距離 $L_2$ を $160 \rightarrow 260\text{ mm}$ へ広げると、ストリップの吸い付き方向は入側から出側にかわる。

### 4. 流動シミュレーションおよびストリップの吸い付き現象の考察

次に槽内の流れの詳細を調べるため、汎用流体解析コードPHOENICSを用い、3次元、 $k-\epsilon$ モデルでシミュレーションを行った。分割セル数は約53000である。Fig. 5にダウンパスにおけるストリップ出側の圧力分布の計算結果を示すが、実験結果とよく合っている。このシミュレーション結果と実験装置の流れの観察結果から(模式図をFig. 6に示す)ストリップの吸い付きに関して以下のことが明らかになった。

- (1) 電極間では、ダウンパスからアップパスにストリップに同伴して移動した液(図中!)が、ダウンパス側に戻り電極間に流れ込むとき(図中", #)に、板の入側の方(図中#)が出側の方(図中")より流れ込み易いため板の入側の方が出側より圧力が高くなり ( $P_1 > P_2$ )、板は出側に押される。
- (2) 電極～シンクロロール間では、ダウンパスにて板の出側の面に同伴される流れは、ロールに邪魔されるために圧力がこもり板の出側の方が入側より圧力が高くなる ( $P_o < P_u$ ) ため、板は入側に押される。

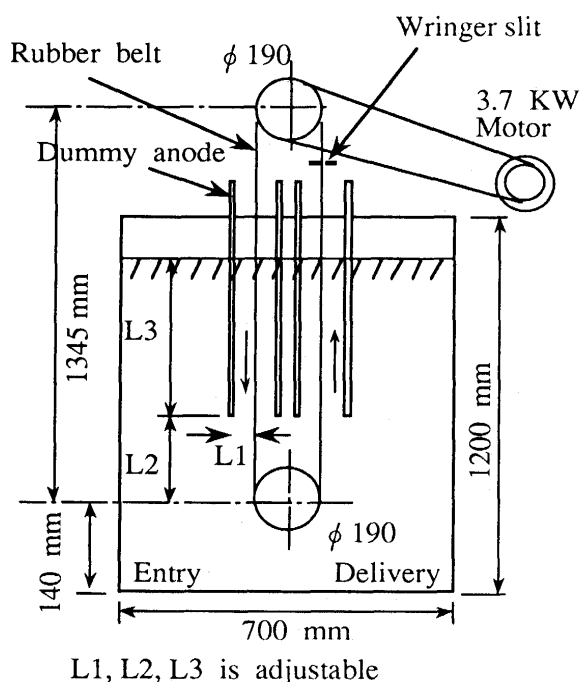


Fig.3 1/3 Experimental Device

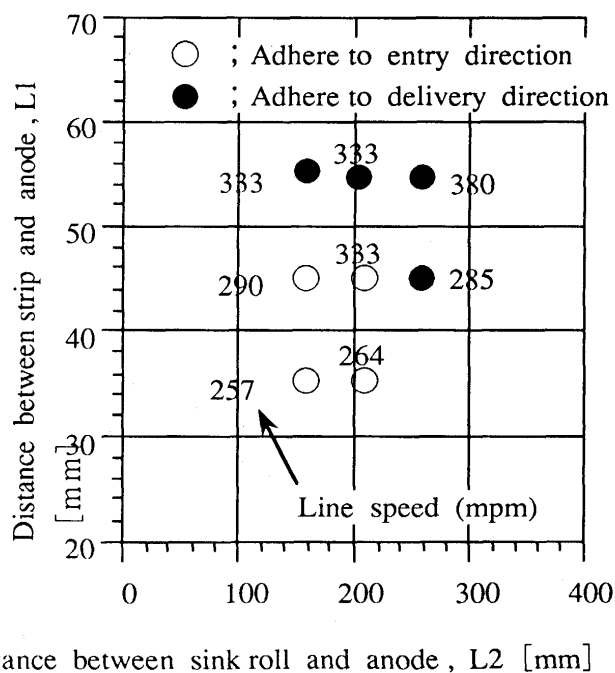


Fig.4 Result of experiment

(3) 縦型めっき槽において、板の吸い付き方向はストリップ～電極間で作用する力と、シンクロール～電極間で作用する力のバランスで決定され、これら2つの作用が小さければストリップは安定通板し、どちらかが大きく勝ればその方向にストリップは押されて電極に吸い付く。

5. 通板安定性の評価

液中のストリップの全体としての吸い付き易さ（通板の不安定性）を定量的に評価するため、Fig. 7に示すように、拘束ロール間のストリップを弦で近似し、流れ解析から求められるストリップ表裏面間の差圧により生じるストリップの特性たわみ量 $\delta$ を算出する。この $\delta$ と実際のストリップの通板状況と比較して、通板限界速度に対応する限界たわみ量 $\delta_{st}$ を定めて、通板安定性を判定する。

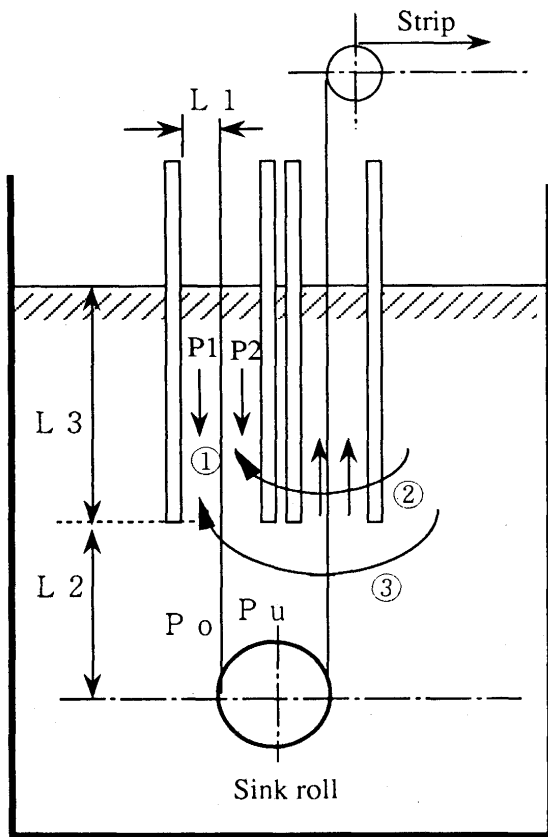


Fig.6 Flow diagram

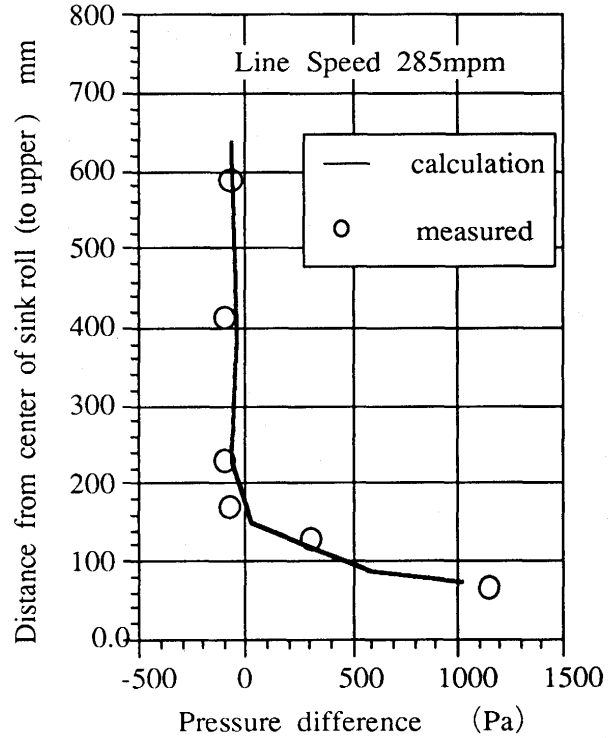


Fig. 5 Fluid numerical simulation

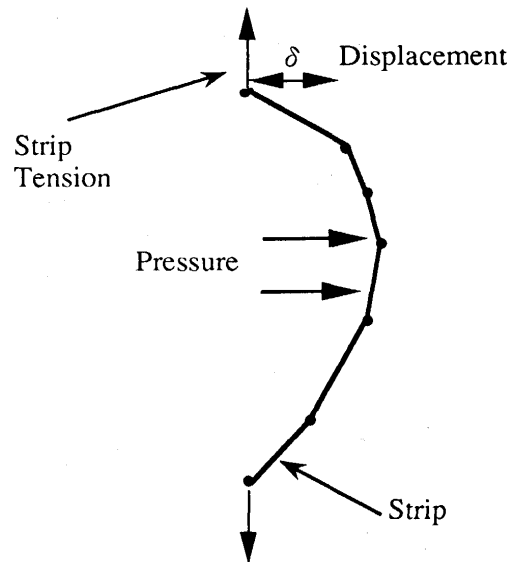


Fig.7 Displacement of strip by pressure

## 6. 4CALの通板安定性の検討

実機的设计あたり、まず、精度が検証された前述のシミュレーションモデルを実機サイズに拡大した。次に、ロール間距離、ロール～電極間距離、電極間距離、電極形状、タンク形状などは、シミュレーションを繰り返し、保守性・操業性を配慮しつつ $\delta$ が極力小さくなるように設計した。一般に、速度の増大にともないストリップ表裏面間の差圧が増大するため、特性たわみ量 $\delta$ が大きくなるが、一方、Fig. 8に示すように、液中通板抵抗が増大し、 $\delta$ を減少させる効果をもたらす。通板速度と通板安定性の関係を、実験から求めた限界たわみ量 $\delta_{st}$ とともにFig. 9に示す。このように、液中抵抗が一定であれば高速域で通板困難が予想されるが、めっき設備入側に設置されているクリーニングセクションでの通過抵抗により張力が非常に大きくなるため通板安定性が改善し、本設備のディメンションでは1000mpmまで安定通板可能と判断された。そこで、本設備では、槽内のめっき液噴流設備など特別な吸い付き防止設備を設置せずシンプルな設備構成とした。

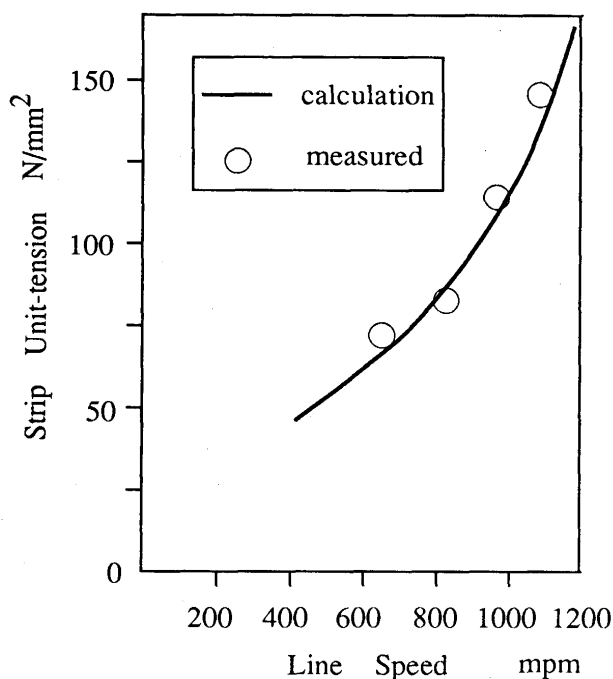


Fig. 8 Relations between strip tension and line speed at the exit of cleaning section

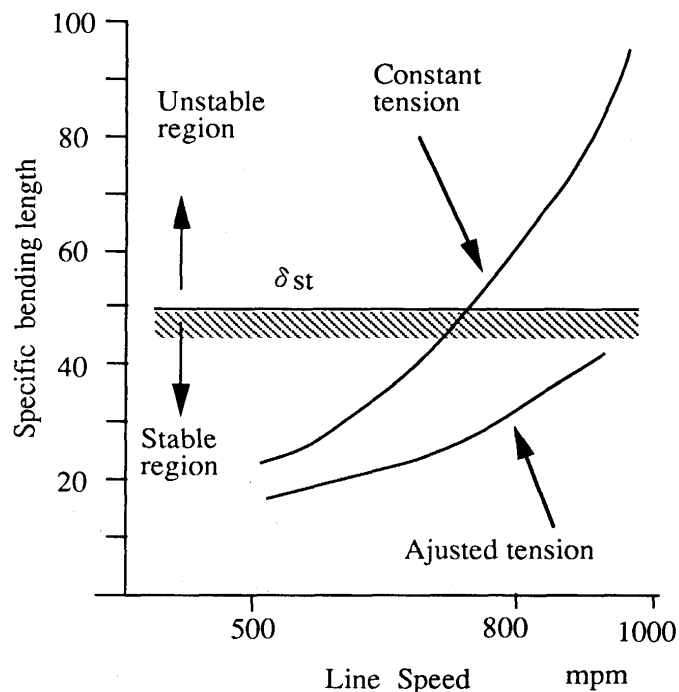


Fig. 9 Relation between line speed and stability of passing

## 7. 稼働状況

本設備は設備能力の1000mpmにおいても、ストリップの電極への吸い付き現象を発生せず、安定した通板を達成した。

## 参考文献

- (1) 中島ら： CAL入側高速めっき設備の建設と操業：材料とプロセス，vol. 5 (1992)，p.1617
- (2) 高橋ら： 川鉄千葉No. 4連続焼鈍数の高速化技術：鉄と鋼，vol. 78 (1992)，T145