

CGL ワイピング部における電磁石を用いた鋼板の振動と形状制御

Strip Vibration and Shape Control Using Electromagnets at Gas Wipers in CGL

1. はじめに

溶融亜鉛めっき鋼板は電気亜鉛めっき鋼板に比較し、めっき層が厚目付けの製品を作りやすく、製造コストも安いなどの利点があることから、高い防錆性能と経済性が求められる自動車用防錆鋼板の主流となっている。その中で自動車車体の外板に使用される場合には、外観を中心とする表面品質が特に重視されるため、鉄鋼メーカーは品質改善に鋭意取り組んでいる。

本報では、溶融亜鉛めっき鋼板の品質・生産性向上を目的として JFE スチールで開発した電磁石を用いた鋼板の振動と形状制御技術を紹介する。

2. 溶融亜鉛めっき鋼板のライン構成

図1は連続溶融亜鉛めっき鋼板製造ライン(CGL)において、めっき厚調整の要となる亜鉛ポット周りの構成を示している。溶融亜鉛ポットに進入した鋼板はシンクロールで方向転換され、表面に亜鉛がコーティングされた状態で浴面から鉛直に立ち上がる。その直後、凝固する前にガスワイピングノズルから噴射されるエアまたは窒素ガスで余剰な亜鉛を掻き落とすことによって、めっき付着量を調整するものである。目標めっき付着量になるようにガスワイピング圧力やノズル—鋼板間距離を自動的に設定するシステムも開発

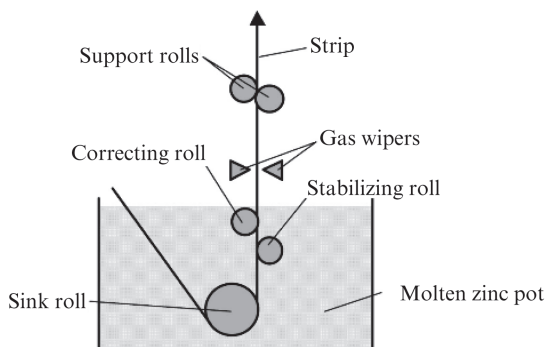


図1 溶融亜鉛ポット周りの機器構成

Fig. 1 Schematic of coating and gas wiping section in CGL

されている¹⁾。

一方で、ノズル—鋼板間距離が変動すると、めっき付着量も変動することから、ガスワイピング部で鋼板が振動すると、長手方向にめっき付着量むらを生じ、縞模様状の表面外観欠陥となったり、板反りがあると、板幅方向のめっき付着量むらになったりする。したがって、ガスワイピング部における鋼板の振動や反りを無くし、通板を安定化させることは、めっき付着量を均一化し、優れた表面外観を実現するために必要不可欠なことである。

図1には描かれていないが、通常のCGLにおいて鋼板はガスワイピングノズルで所定の付着量に調整された後、数十m上方のトップロールで折り返されるまで、鉛直に上昇していく。途中に合金化炉や空冷帯などを通るが、基本的に鋼板は数十mに渡って何とも接触していないため、振動しやすい状態になる。ノズルの上方に設置されたサポートロールは、この振動を防止するためのもので、ワイピング部を加振源から切り離すとともに、弦振動のスパンを大幅に短くできるため、低周波弦振動の抑制には効果的である。しかし、サポートロールと接触するとき、鋼板表面の亜鉛はまだ半溶融状態なため、この接触が原因で表面外観を損なう場合がある。また、サポートロールの偏芯などによるロール起因の鋼板振動を生じる場合がある。

3. 電磁石を用いた鋼板の振動と形状制御

3.1 装置の概要

課題を解決する手段として、非接触変位計で鋼板の振動と形状を検出し、電磁石によって発生する吸引力で鋼板の位置を制御することで、非接触に鋼板の振動および反りを抑制する非接触通板制御装置²⁾を開発した。基本制御システムの構成を図2に示す。本装置は、鋼板を挟み込むように設置する一対の電磁石と変位計からなり、変位計からの鋼板位置情報を元に目標値との偏差を小さくするようにコントローラでフィードバック制御を行うもので、板幅方向に並べた各電磁石に対向する鋼板位置を目標位置に制御することで鋼板をフラットに位置変動なく維持する。電磁石は鋼板を吸引する方向の力しか発生することができないため、表と裏の電磁石は組となって両方向の力を発生できるようにしている。鋼板に対峙して設置された電磁石の吸引力を適切

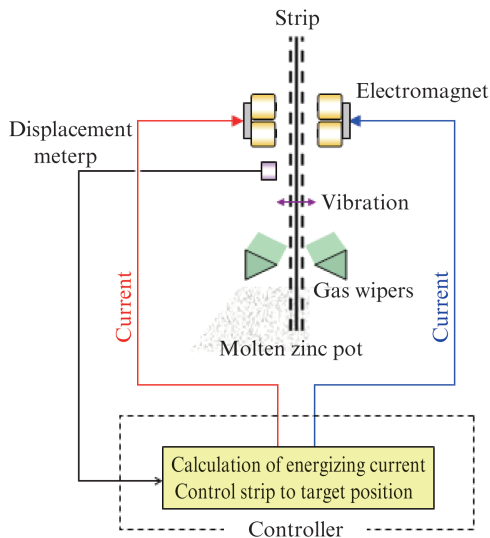


図2 基本制御システムの構成

Fig. 2 Basic control system configuration

に制御することで、鋼板の振動や反りを抑制する。ロールと違って非接触であるため、鋼板の表面品質に悪影響を与えないメリットがある。2005年以降多くの報告がなされ、実用化が進んでいる。しかし、多くのCGLでは製造する鋼板の板幅・板厚が多岐にわたるため、その範囲内で鋼板の振動と形状制御を確保する電磁石性能が必要である。

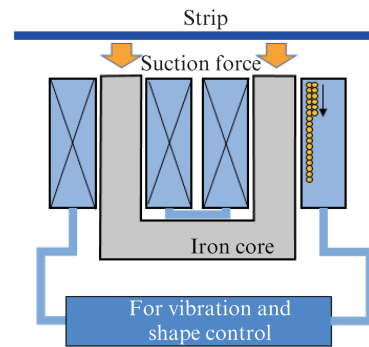
3.2 デュアルコイル電磁石による鋼板の振動と形状制御能力の両立

図3に示すように、従来型のシングルコイル電磁石は、コイルが1系統で形成されており、鋼板振動の抑制を行う振動制御と鋼板反り形状の抑制を行う反り制御とを足し合わせて制御していた。一般的な電磁石の特性として、コイル巻き数を多くすると、鋼板反り形状制御性を示す吸引力は大きくなっていくが、鋼板振動制御性を示す応答性は低くなるため、従来型のシングルコイル電磁石では、要求される吸引力と応答性を両立することは困難であった。

従来型のシングルコイル電磁石の課題を解決するため、図4に示すような、巻数が異なる2系統のコイルからなるデュアルコイル電磁石を開発した³⁾。巻数の多いコイルと巻数の少ないコイルを同心コイルとして形成することで、鋼板反り形状制御と鋼板振動制御をそれぞれのコイルで実施する。要求される性能が異なる制御を分離してそれぞれのコイルが役割を分担することで、吸引力と応答性の両立を実現した。

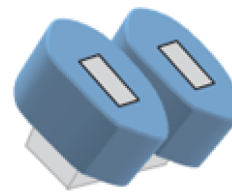
また、同心円状に2系統のコイルを配置したことで、コイル間で生じる誘導電流の影響により制御性が低下する問題を解決するために、反り制御用の回路にコイルを直列に接続した相互誘導防止回路を設置した。

開発したデュアルコイル電磁石を用いた表面処理鋼板の



(a) 断面図

(a) Sectional view

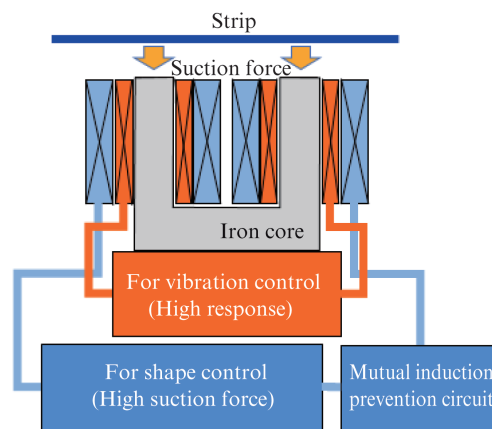


(b) 鳥瞰図

(b) Bird's-eye view

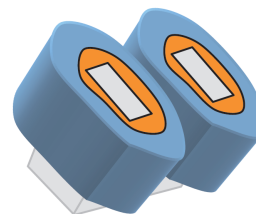
図3 シングルコイル電磁石の構成

Fig. 3 Schematic of single coil electromagnet



(a) 断面図

(a) Sectional view



(b) 鳥瞰図

(b) bird's-eye view

図4 デュアルコイル電磁石の構成

Fig. 4 Schematic of dual coil electromagnet

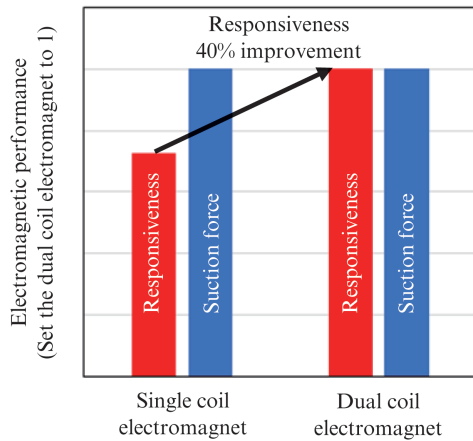


図5 吸引力と応答性の両立

Fig. 5 Compatibility of suction power and responsiveness

非接触通板制御装置により、従来は困難であった吸引力と応答性を両立（図5）、鋼板振動を従来比40%削減し、非接触で鋼板の振動と反りを制御することが可能となった。

4. おわりに

本開発装置によって、ワイピング部における鋼板の振動と反りを非接触で制御することが可能となった。実ラインにおいて、ワイピング部における通板安定を実現し、めっき付着量ムラの発生抑制、ライン速度上昇を達成している。これにより、溶融亜鉛めっき鋼板の品質・生産性向上に貢献している。JFEグループの国内外の溶融亜鉛めっき工場への設備導入により、世界各国で拡大する自動車会社の現地調達需要および高度化する製品ニーズへお答えするとともに、自動車用高級鋼板需要の更なる拡大へ貢献していく所存である。

参考文献

- 1) Guelton, N.; Lerouge, A. Control Engineering Practice. 2010, vol. 18, p. 1220.
- 2) 壁矢和久, 石田匡平, 鈴木秀和, 石垣雄亮, 石野和成, 石井俊夫. 鉄と鋼. 2013, vol. 99, no. 10, p. 610-616.
- 3) 西名慶晃, 石田匡平, 石垣雄亮, 永井肇, 小澤悠一. 機械学会誌. 2014, vol. 117, no. 1146, p. 295.

〈問い合わせ先〉

JFE スチール株式会社 スチール研究所 機械研究部
TEL : 044-322-6215 FAX : 044-322-6518