

# 表面処理鋼板の非接触通板制御装置

J F E スチール株式会社

代表取締役社長 柿木 厚司

J F E スチール(株)	スチール研究所	機械研究部	西名 慶晃
J F E スチール(株)	スチール研究所	機械研究部	石田 匡平
J F E スチール(株)	スチール研究所	機械研究部	石垣 雄亮
J F E スチール(株)	東日本製鉄所 (千葉地区)	商品技術部	永井 肇
J F E スチール(株)	西日本製鉄所 (倉敷地区)	薄板商品技術部	小澤 悠一

## はじめに

表面処理によって耐食性や加工性等を向上させた表面処理鋼板の一つに、溶融亜鉛めっき鋼板がある。溶融亜鉛めっき鋼板は、熱延鋼板、冷延鋼板を素材として表面に亜鉛をめっきした鋼板であり、亜鉛の耐食性と鋼板に対する犠牲防食作用によって優れた防錆機能を有する(図1)。溶融亜鉛めっき鋼板は、表面処理鋼板の中で最も生産量が多く、自動車用途、家電用途、建材用途等に広く用いられている。年間の国内粗鋼生産量約10,418万トン(2015年度)のうち、溶融亜鉛めっき鋼板の生産量は約1,072万トンであり、約10%を占めている。近年では、自動車の内側の部材として使用される内板(フード

インナー、ドアインナー、フロア等)だけではなく、外側の部材に使用される自動車外板(ルーフ、フード、ドア等)での使用が増加しており、プレス成形性、溶接性のみでなく、外観表面品質、塗装性の向上が大きな課題となっている。そのため、めっき付着量の精密制御によって高品質を維持することが必要である。特にユーザーの目に触れる自動車外板用の溶融亜鉛めっき鋼板には、厳しい表面品質が求められている。

## 開発のねらい

溶融亜鉛めっき鋼板の連続製造ラインでは、高温で溶融した亜鉛のポットに連続的に鋼板を浸漬して引き上げ、過剰に付着した溶融亜鉛をガスワイピングによって掻き落として、目標のめっき付着量に制御する。めっき付着量を均一化するには、ワイピングノズルと鋼板の間隔を一定に保つことが重要であるため、図2に示すように、鋼板の振動と反りを抑制するために、浴上サポートロールが使用されていた。

しかしながら、亜鉛が完全に凝固する前に鋼板とロールが接触することになるため、浴上サポートロールの表面で発生する亜鉛粉が、鋼板表面に付着するなどの品質欠陥を誘発したり、ロールの表面性状が悪い場合には接触キズが発生したりしてしまう。また、軸受部のがたつきや

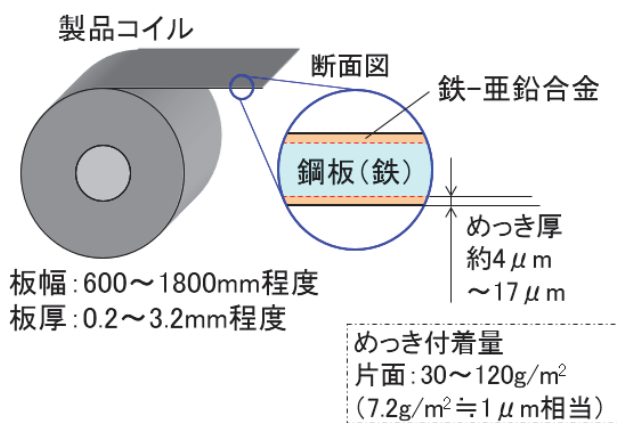


図1 溶融亜鉛めっき鋼板

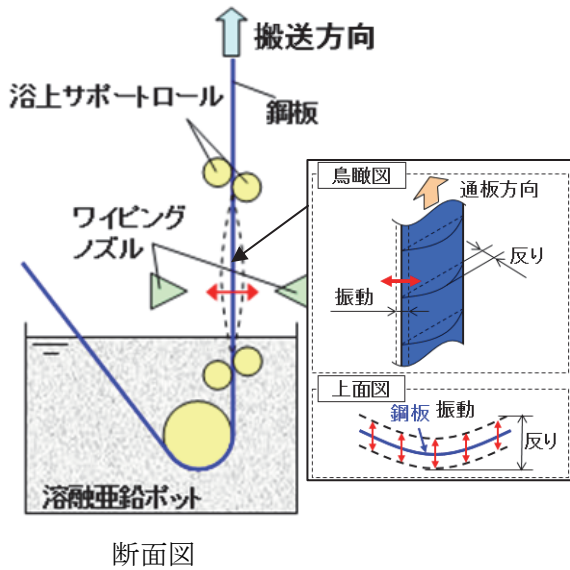


図2 溶融亜鉛ポット周りの設備構成と鋼板振動と反りの発生状況

磨耗によって、逆に振動源になってしまう可能性もあり、品質、生産性に悪影響を与えることもある。今回、亜鉛めっき鋼板の品質・生産性向上を目的として、浴上サポートロールを使用せずに、非接触で鋼板の振動および反りを制御可能とする表面処理鋼板の非接触通板制御装置を開発した。

### 装置の概要

非接触変位計で検出し、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、表面処理鋼板の非接触通板制御装置を開発した。基本制御システムの構成を図3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

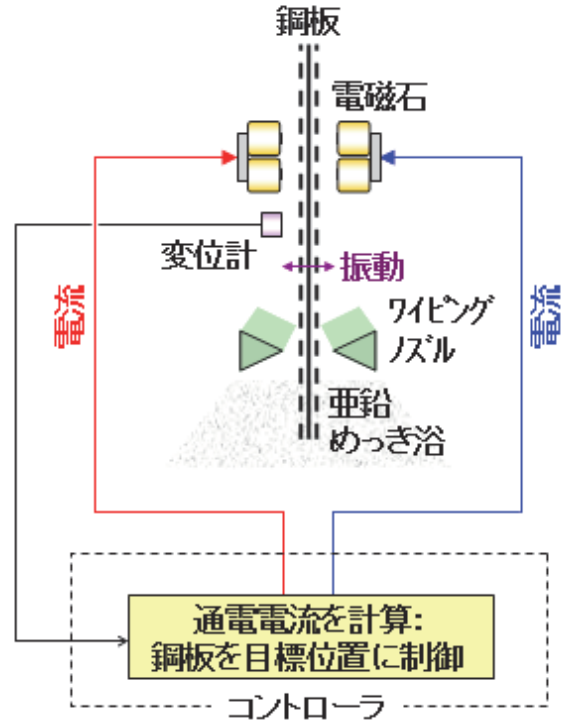


図3 基本制御システムの構成

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。

以上の構成により、鋼板の振動を抑制することが可能であり、図4に示すように表裏の電磁石の組を両エッジ部と中央部の3組以上設置することで、板幅方向の反りを抑制することが可能である。

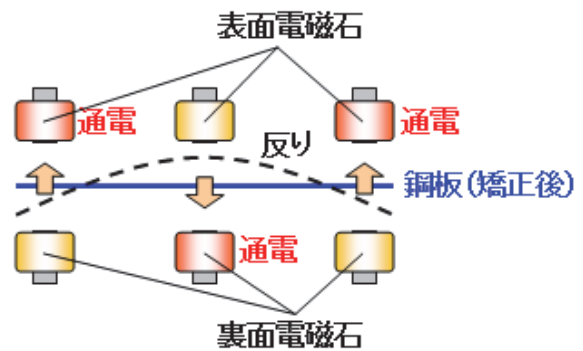
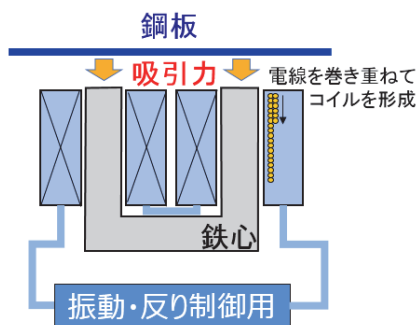


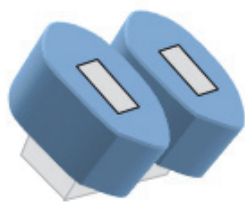
図4 鋼板の反り矯正

### 技術上の特徴

図5に示すように、従来型のシングルコイル



(a) 断面図



(b) 断面図

図5 シングルコイル電磁石(従来)の構成

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を図6に示す。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。

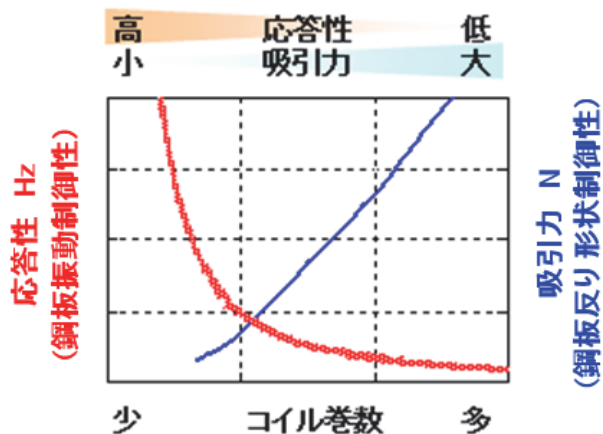
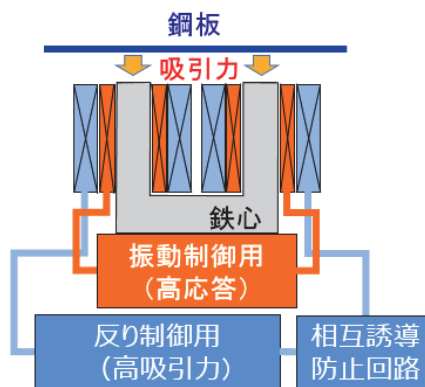


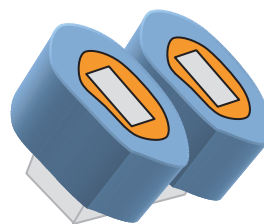
図6 電磁石の特性

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7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考案した。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に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で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て解決した。



(a) 断面図



(b) 断面図

図7 デュアルコイル電磁石の構成

### 実用上の効果

考案したデュアルコイル電磁石を用いた表面

処理鋼板の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8)、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。

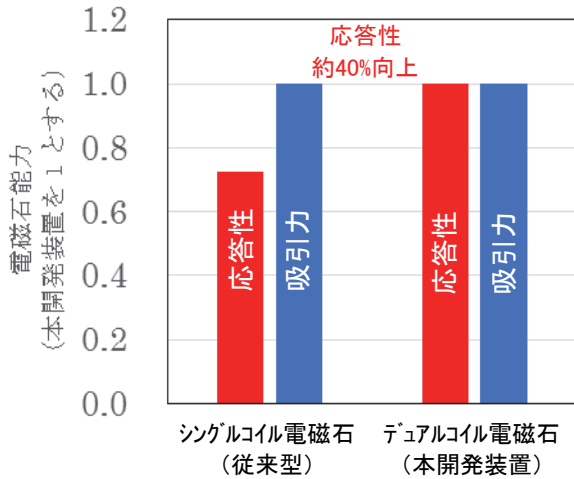


図8 吸引力と応答性の両立

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・生産性向上に大きく貢献している。JFEグループの海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。

## 知的財産権の状況

本開発品装置に関する特許を国内外に46件出願している。権利化されている主な登録特許の概要例を以下に示す。

- ① 日本国特許第5263433号  
 名称：金属帯の安定装置および溶融めっき金属帯の製造方法  
 概要：デュアルコイル電磁石の相互誘導影響防止回路に関する特許
- ② 日本国特許第3876810号  
 名称：金属帯の制振装置及び金属帯の製造方法  
 概要：デュアルコイル電磁石の基本構成に関する特許

## むすび

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