

補助事業番号 2019M-120

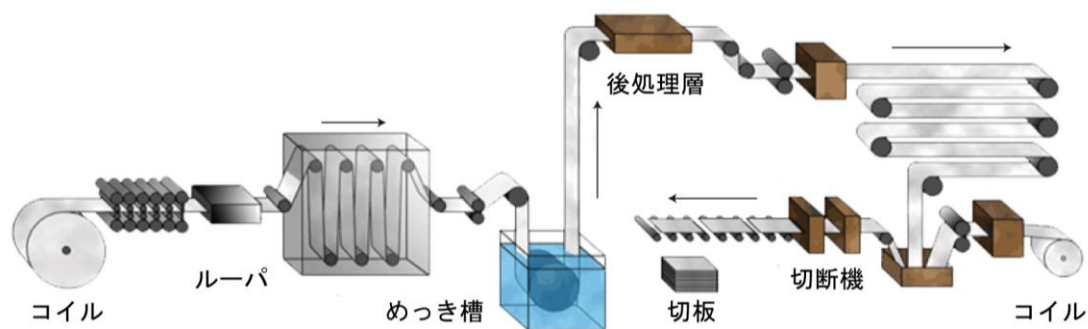
補助事業名 2019年度 鋼板を非接触に案内する磁気ガイドウェイの研究 補助事業

補助事業者名 東海大学 工学部 動力機械工学科 成田 正敬

1 研究の概要

本研究計画は製造ラインの中でもメッキ直後で接触支持が行えないため、鋼板の振動が問題となっているメッキ工程に着目した。鋼板が上方から下方へ走行し、メッキ後に再び上方へ進行方向を変更しながら走行する部分において磁気ガイドウェイ実現のため以下の項目を実施した。

- ・空中を浮上して走行する柔軟な連続鋼板がどのような挙動を示すのか解明する
- ・連続鋼板を安定して走行できる最適な案内路形状と磁気ガイドウェイの制御系の設計手法を確立する
- ・鋼板全体の振動を抑制するための磁気ガイドウェイを構築し実験により検証する



鋼板製造ラインの概略図

2 研究の目的と背景

自動車などの機械製品は高効率、環境負荷低減のため軽量化が求められており、その構造部材は薄く軽量でありながら高い強度を持つ高張力鋼板が利用されている。高張力鋼板は強度の増加によって板厚は減少する傾向にある。その製造工程において鋼板はローラとの接触により発生する摩擦力で搬送されているが、接触によるキズやメッキの剥離と言った問題が発生している。板厚の厚い従来の鋼板では強度上問題にならずとも、板厚の薄い高張力鋼板では数マイクロメートルのキズが人命に関わる致命的な欠陥となる場合がある。

磁気浮上技術の特長は、物体を直接接触らずに持ち・方向を定め・動かすことができる点である。鋼板の製造工程では一本の鋼板が上下左右に進行方向を変更しながら搬送され、ルーバ、メッキ、熱処理、後処理など様々な工程を通過して製品となる。この鋼板の端部に電磁石を挟み込むように設置した磁気ガイドウェイを構築し、非接触に案内をしながら工程を通過することでキズの無い、高い品質の鋼板が製造可能になる。

本研究計画は製造ラインの中でもメッキ直後で接触支持が行えないため、鋼板の振動が問題となっているメッキ工程に着目した。鋼板が上方から下方へ走行し、メッキ後に再び上方へ進行方

向を変更しながら走行する部分において磁気ガイドウェイ実現のため以下の研究項目についてそれぞれ実施した。

- ① 空中を浮上して走行する柔軟な連続鋼板がどのような挙動を示すのか解明する
- ② 連続鋼板を安定して走行できる最適な案内路形状と磁気ガイドウェイの制御系の設計手法を確立する
- ③ 鋼板全体の振動を抑制するための磁気ガイドウェイを構築し実験により検証する

3 研究内容

① 走行する柔軟な連続鋼板の挙動解明

長尺な連続鋼板に対する有限要素法による振動解析を行った結果、複数の振動モードで振動していることが得られた。中でも大きなスペクトルが得られたモードは鋼板全体が面外に振動するモードであることが得られた。これについてハイスピードカメラと3次元測定システム、既存の変位センサと複合して測定した結果、解析と同様の振動傾向を確認することができた。



測定に使用したハイスピードカメラ（補助物件）

② 最適な案内路形状設計と制御系構築に関する研究

上記①の結果より、連続鋼板の振動を考慮する上では制御方向だけでなく面外方向の振動抑制が重要な要素であることが得られた。そこで、①で行った振動解析のモデルに磁気ガイドウェイの電磁石を導入し、設置点を変更して振動解析を行い、それぞれの磁気ガイドウェイの案内路形状における振動特性を得た。この結果を用いて最適化アルゴリズムにより形状を最適化し、高い振動抑制効果を得られる案内路形状を決定することができた。

③ 鋼板全体の振動を抑制するための磁気ガイドウェイの構築に関する研究

上記①、②の結果を踏まえて構築した磁気ガイドウェイで走行実験を行った。その結果、

最も厳しい条件である板厚0.2 mmのステンレス鋼の連続鋼板を1000 m/minで走行させた場合であっても、目標値である変位標準偏差0.5 mm以下となる0.45 mmを達成した。



構築した磁気ガイドウェイと連続鋼板

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

上記研究から長尺な物体の振動特性を得ることができ、より長尺なものや、支持位置の異なる場合における振動抑制効果を評価する手段を構築することができた。これらの成果は薄鋼板の製造ラインだけでなく、ロールトゥロールの製品や高層エレベーターのケーブルなど、非常に長尺で柔軟な物体に対する非接触案内技術応用が期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

磁気ガイドウェイの機能には、対象を持ち上げる「支持」、対象を移動させる「推進」、そして所望の軌道で移動できるようにする「案内」の要素があり、本補助事業は特に「案内」に着目した研究である。申請者はこれまでも連続鋼板の非接触な「案内」について検討を行ってきており、これまでは安定した案内路形状の確立に関して、実験を通じて試行錯誤的に決定してきた。本補助事業はこの実験的に検討を行ってきた案内路形状に関して、任意の鋼板形状、材質、走行速度に対してそれぞれに最適な案内路の設計指針を体系的に確立することを目的としたものである。

本補助事業の成果より、今後は「案内」に「支持」や「推進」の要素を複合的に備える磁気ガイドウェイの構築を行っていく予定である。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

論文投稿 計2件(うち1件が英文誌)

学会発表 計8件(うち2件が国際会議)

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

該当なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの
該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 東海大学 工学部 (トウカイダイガク コウガクブ)

住 所： 〒259-1292

神奈川県平塚市北金目4-1-1

担 当 者： 講師 成田 正敬 (ナリタ タカヨシ)

担 当 部 署： 動力機械工学科 (ドウリョクキカイコウガクカ)

E - m a i l: narita@tsc.u-tokai.ac.jp

U R L: <http://www.ed.u-tokai.ac.jp/laboratory/narita/>