



薄鋼帯製造における流体利用技術の基礎的研究とプロセス開発への応用

メタデータ	言語: ja 出版者: 公開日: 2024-04-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小林, 弘和 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/0002000658

氏 名 小林 弘和

学位の種類 博士(工学)

学位授与年月日 2024年 3月 31日

学位論文名 薄鋼帯製造における流体利用技術の基礎的研究と
プロセス開発への応用

論文審査委員 主査 工学研究科 脇本 辰郎

副査 工学研究科 伊與田 浩志

副査 工学研究科 重松 孝昌

副査 工学研究科 加藤 健司

論文内容の要旨

薄鋼帯の製造ラインでは、冷間圧延後の鋼板を搬送し、加熱・冷却による材質制御、表面処理などの工程を連続して行う。高い生産速度と品質保持はトレードオフの関係にあり、両者の両立や各工程における省資源・省エネルギーの達成には多くの技術的課題がある。また、工程が連続しているため、生産速度を向上させるには全ての工程の課題を解決する必要がある。本論文では、各工程に関わる流体運動の解析を行い、課題解決の検討を行っている。

第1章は序論であり、脱炭素を始めとした鉄鋼業を取り巻く激しい環境について述べると共に、研究の背景と目的を示している。

第2~3章では、気体噴流による冷却工程に注目し、多孔ノズルの冷却能力の予測およびヘリウムガス混入による高速冷却の検討を行っている。モデル実験および数値解析の結果と、従来から広く用いられている熱伝達率の予測式による結果を比較し、隣接する噴流の干渉やヘリウム混入による周囲空気の巻き込みの変容が熱伝達に影響を及ぼす重要な要因であることを示している。

第4章では、亜鉛メッキ工程を対象としている。本工程では、溶融亜鉛浴に鋼帯を浸漬して引き上げた後、余剰の亜鉛を気体噴流で除去するガスワイピングが行われるが、噴流による除去量に限界値が存在することが知られていた。この原因として、表面の微視的な凝固、および亜鉛-鋼板界面での初期合金層の発達が必要であることを明らかにしている。

第5章では、塗装工程を対象としている。ロールコーターによる塗膜の形成過程を可視化し、塗膜表面の詳細な観察が行われている。その結果から、平滑な表面が得られるコーターの回転速度等の臨界条件を明らかにしている。

第6章では、鋼帯の非接触搬送を検討している。乾燥前の塗面が他の物体に接触する事を避けるため、乾燥中は鋼帯を気体噴流で浮上させて搬送するが、外乱により鋼帯が蛇行する問題がある。この蛇行現象を抑制するための噴流条件を得るため、模型実験と二次元数値流動解析により抑制効果を簡便に予測できる手法を提案している。

第7章では、本研究で得られた知見を統轄し、将来への展望を述べている。

論文審査結果の要旨

本論文は鋼帯の製造ラインにおいて、鋼帯の加熱・冷却による材質制御やメッキ・塗料塗布による表面処理の工程の省資源・省エネルギーの達成、および確実な鋼帯の非接触搬送の実現を目的として、これらの工程に関連する流体現象を実験や数値シミュレーションで解析し、以下の成果を得ている。

- 気体噴流による冷却工程において、隣接する噴流の干渉やヘリウム混入による周囲空気の巻き込みの変容が熱伝達に影響を及ぼす重要な要因であることを示した。
- 亜鉛メッキ工程におけるガスワイピングにおいて、表面の微視的な凝固、および亜鉛-鋼板界面での初期合金層の発達が残剰メッキ層の除去を阻害する事を指摘し、適切なガスの噴出条件の指針を与えた。
- ロールコーターによる塗膜の塗装工程において、平滑な表面が得られるコーターの回転速度等の臨界条件が存在することを明らかにし、その条件を無次元数で示した。
- 鋼帯の非接触搬送時の蛇行運動を模型実験と二次元数値流動解析により簡便に予測する手法を提案し、適切な搬送路の設計を容易にする技術を開発した。

以上より、本論文では気体噴流による壁面冷却、メッキや塗装などの表面処理、流体力による物体の浮揚・運動制御に関わる重要かつ新しい知見及び提案が多く示され、流体工学および製鋼分野の発展に寄与するところが大きい。よって、博士（工学）の学位を受ける資格を有すると認める。