



Title	鉄鋼熱延プロセスにおける高精度鋼板寸法制御に関する研究
Author(s)	木村, 和喜
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/44406">https://hdl.handle.net/11094/44406</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 木 村 和 喜

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 7 3 4 8 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 14 年 11 月 25 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 2 項該当

学 位 論 文 名 鉄鋼熱延プロセスにおける高精度鋼板寸法制御に関する研究

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 古 莊 純 次

(副査)

教 授 池 田 雅 夫 教 授 太 田 快 人

## 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、鉄鋼熱延鋼板の寸法精度向上による品質競争力強化と製造コスト低減を目的に、熱延仕上圧延機における高精度な板厚制御、張力制御及び板幅制御に関する検討を行なった。本研究は、以下の 6 章で構成されている。

第 1 章では、本研究の目的を明らかにし、研究の背景と関連研究、研究の概要について述べた。

第 2 章では、熱延仕上圧延機における高精度な鋼板寸法制御システムを構成するための線形低次元モデルを導出した。モデル線形化に関して、圧延モデルは圧延理論に基づく影響係数法により線形化した。更に、圧下装置（4 次）やモータ（6 次）のような複雑な制御装置は、それ自体は高次元であるが圧下位置制御やモータ速度制御はオーバーシュートをしないように調整することから、それぞれの制御が作用することを考慮して、これら装置を 1 次遅れ要素で表すなどの低次元化を実施した。

第 3 章では、熱延鋼板先端部板厚のフィードフォワード制御について検討した。板厚精度に対する顧客の要求は極めて厳しい。しかし、先端部板厚精度は、鋼板が仕上圧延機に通板される前に初期設定するセットアップ制御に支配され、予測モデルの推定誤差により板厚偏差が生じる場合がある。本研究では、先端部板厚精度を向上すべく、世界で初めて仕上圧延機スタンド間厚み計を用いた先端部板厚のフィードフォワード制御を開発した。本制御の実用化により大幅な板厚精度改善ができ板厚不良起因のスクラップロス を 1/10 に低減した。本研究では、スタンド間厚み計の適切な設置位置、先端通板時（非定常部）の安定圧延対策及び予測誤差の学習方法を明らかにした。本研究の成果は、他の国内鉄鋼他社の圧延ミルにも導入された。

第 4 章では、熱延鋼板の張力制御について検討した。張力は、鋼板寸法（板厚・板幅）精度と仕上圧延機の安定圧延に大きく影響するため、高精度に制御することは非常に重要である。張力を制御するループ制御は、相互干渉を持つ系であり制御性能向上には多変数制御の適用が必要であるが、最適レギュレータなどの多変数制御では、ゲイン設定に試行錯誤を要したり構造が複雑で調整が困難であった。本研究では、コントローラを単純化し実機調整の容易化を設計方針として、ループ制御に初めて外乱オブザーバを用いた多変数制御を適用し、従来の多変数制御に比べ非常にシンプルで高性能な制御を構成した。本制御の有効性を実機テストを通して確認した。

第 5 章では、熱延仕上圧延機における鋼板張力を用いた板幅制御について検討した。板幅精度改善は、製造コスト低減に非常に重要である。従来、仕上圧延機の張力は、板幅変動させないように一定に制御されていた。本研究では、スタンド間の板幅実測値に基づきそのスタンド間のループトルクを修正することにより張力を積極的に変更する板幅制御を初めて開発した。本制御は、板幅制御能力が大きくかつ高応答な板幅制御であり、板幅精度を大幅に改善し

た。

第6章では、本研究の総括を行なった。

## 論文審査の結果の要旨

鉄鋼製品の競争力強化のための新商品開発と製造技術向上、更には、地球環境のための省資源・省エネルギーのためには、鉄鋼製品の製造を支える制御技術の高精度化が非常に重要である。本論文は、寸法精度向上のために、熱延仕上圧延機における高精度な鋼板の板厚制御、張力制御および板幅制御に関する研究を目的としたものであり、本論文で得られた結果を要約すると、次の通りである。

- (1)熱延仕上圧延機の板厚・張力制御のための線形モデルの導出に関して、本来高次元の制御対象に対し、その内部に作用する制御ループの調整方法や特性を考慮して低次元化を実施しており、実プラントでの制御の実装（制御装置のシンプル化）を念頭に置いたモデリングが行なわれている。
- (2)熱延鋼板の板厚制御では、特に先端部の板厚精度が課題であり、従来の予測モデルに基づくセットアップ制御によって生じる鋼板先端部の板厚偏差を抑制すべく、仕上圧延機スタンド間に厚み計を設置しこれを用いた鋼板先端部板厚のフィードフォワード制御を初めて実用化している。本制御の実用化に関して適切な厚み計設置位置の決定方法、先端部の圧延安定化対策方法、更には学習制御による制御性能向上方法などを明確にし、これらの有効性を実機テストを通して明らかにしている。また、他の国内鉄鋼他社の圧延ミルにおいても本研究の板厚制御方法の導入が行われており、鉄鋼制御技術の高度化に貢献している。
- (3)熱延鋼板の張力制御（ループ制御）では、制御変数間に相互干渉を持つ系に対して多変数制御を適用するのであるが、従来の最適レギュレータなどの多変数制御では、構造が複雑で調整が困難であったことから、コントローラを単純化し実機調整を容易にすることを設計方針として、熱延プロセスでは初めて外乱オブザーバを用いたループ多変数制御を実用化している。本研究の制御は非常にシンプルな構成であり、制御ループと制御対象の応答性能との関係が非常に明確であり実機調整が容易となっている。本制御の寸法精度や圧延安定性への有効性を制御実機テストを通して明らかにしている。
- (4)熱延鋼板の板幅制御では、従来は一定に維持することが当然であった鋼板張力を積極的に変更し、かつ制御能力が大きく高応答の板幅制御を構成する方法として、熱延仕上スタンド間に幅計を設置しそのスタンド間のループトルクを修正する板幅制御を初めて実用化し実機テストにおいて効果を確認している。本研究では、効率的な板幅制御のための適切な板幅検出位置と張力変更位置を明らかにするとともに、上記ループ多変数制御を併用することにより張力を変更しても圧延安定性が確保可能なことを明らかにしている。

以上のように、本論文では、より効率的に制御効果を上げるために、仕上圧延機の途中スタンド間で寸法を実測し瞬時に修正することにより数式モデルの予測精度を改善する制御方法を提案し、実機テストを通してその有効性を示している。これらの成果は、鉄鋼製造技術のみならず制御技術の発展に寄与するところが大い。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。