

Title	制御理論の鉄鋼圧延制御への応用に関する研究
Author(s)	関, 義朗
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/46787
DOI	
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

氏名	関 義 朗
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 19899 号
学位授与年月日	平成 18 年 1 月 19 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	制御理論の鉄鋼圧延制御への応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 藤井 隆雄
	(副査) 教授 飯國 洋二 教授 潮 俊光

論文内容の要旨

鉄鋼圧延では、制御性が非常に悪くなる操業条件で品質を要求品質以上に維持する制御を行わなければならない。この研究の第 1 の課題は、このような場合に制御系構成を見直し、所望の品質を確保する制御系構成を開発することである。研究対象は冷間連続圧延における表面が粗いロールによる圧延である。複数圧延機のうち最終圧延機のロールに表面が粗いロールを用いた場合、圧延機のロールギャップとロール速度を自動設定することができないことから、従来はオペレータが手で圧延機を設定していた。また従来の制御系構成では板厚変動を小さくすることができず、特に加減速による板厚変動が大きかった。

この研究ではこのような圧延に適した圧延理論モデルとしてストーンの圧延理論を初めて採用し、これを用いた設定計算システムを開発して圧延機を自動設定できるようにした。また最終圧延機とその 1 つ前の圧延機の間新たに板厚計を設置し、その情報を基にスミスむだ時間補償(速度変化対応構成)を適用して加減速時の板厚変動を従来の 1/2 程度に抑制する制御システムを開発した。

もう一つの課題は、適切な制御理論の選択と制御装置構成の簡単化である。制御システム開発時には予測不可能な外乱により対象システムが非線形の振る舞いをすることがあり、このような場合にも操業を続けることが可能な制御システムであることが求められる。また最適制御理論ではシステムの規模が大きくなると制御系構成の複雑さが指数関数的に増大するという“次元の呪い”があり、実用化の障害となっていた。

この研究では最適制御理論を鉄鋼圧延制御に応用するに際して、対象システムの強い非線形性および多数の圧延機を制御対象とすることによる制御系構成の複雑さを解消するための分散制御構成の開発を行った。

非線形性に対しては、非線形性が現れるタイミングで制御則を自動的に切替える機能を追加し、非線形性に対応する制御システムを開発した。更に ILQ (Inverse Linear Quadratic) 設計理論を用いて制御則を設計し、ILQ の特徴である制御則の解析的表現を利用して制御則を簡単化した。この簡単化により得られた構成は、隣接する圧延機に関する情報のみを用いて各圧延機の操作入力をそれぞれ個別に算出する分散制御構成となっている。このため圧延機の台数が増えなくても制御則を変更することなく適用して、最適制御を実現している。これらの手法は他のプラントにも適用が可能である。

この論文で述べた 3 事例はすべて実際の圧延機の制御に使用されており、製品品質向上、操業安定性向上、生産性向上に寄与している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、最適制御等の制御理論の鉄鋼圧延制御への応用と実用化研究に関するものである。実用化には主に2つの検討課題がある。1つは制御性能の向上を目指した制御系構成の検討であり、他の1つは品質向上と操業安定性を実現するために用いる制御理論の選択と、得られた制御装置の簡単化、特に制御性能を劣化させない簡単化の検討である。

第1の課題に対しては冷間連続圧延機の設定方法と制御系構成について研究した事例が報告されている。表面が粗いロールを用いて圧延を行う場合、操作量の制御量に対する影響が非常に小さく、圧延機と板厚検出間のむだ時間があるため製品の厚み変動を抑制することが難しかった。本研究では制御系構成を見直しカスケード構成とすると共に可変むだ時間補償器を適用して制御性能を向上させた。

第2の課題に対しては、まず強い非線形性が現れる連続圧延機ループに対して、状態に応じて制御則の自動切換えを行う LQI 多変数最適制御構成とすることで課題を克服し制御性能を向上させた。更に ILQ 設計理論を適用して最適制御を設計し、ILQ 制御の特徴である制御則の解析的表現を利用して制御装置の簡単化を行い、ILQ 制御が隣接する圧延機に関する情報だけを用いた分散制御で実現できることを明らかにした。開発した制御則は最適制御であり、かつ従来の制御則からの発展形となっていることから、制御理論の実用化を容易にする一つの手法を確立したものと言える。この論文で述べた事例はすべて実機で性能を確認した後、実操業に用いられ製品品質、操業安定性および生産性の向上に寄与している。このように、制御理論の鉄鋼圧延制御への応用について得られた本論文の研究成果は学術的意義が大きく、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。