

氏 名	小 西 正 躬 こにし まさ み
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 890 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 5 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	タンデム圧延における自動板厚制御とその最適化に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 榎 木 義 一 教 授 小 門 純 一 教 授 大 矢 根 守 哉

論 文 内 容 の 要 旨

本論文はタンデム圧延の自動板厚制御に関する技術課題を、主として制御理論の面からとらえ、塑性加工の見地からも検討を加え、基礎理論の確立と実機への適用を目的としたもので9章と結言からなっている。

第1章は緒論であり、ホットタンデムミルでの自動板厚制御を計画する場合、制御ゲイン・制御モード・圧下系の時定数・圧延機のミル定数・圧延スケジュールなどの各パラメータを総合的に解析することが必要であることを指摘している。また、従来から懸案になっていた自動板厚制御系の数式モデルを開発し、このモデルを用いてアナログシミュレーションにより自動板厚制御系のパラメータの最適化の検討を行なっている。

第2章はシミュレーションによらず、状態変数法によりホットタンデムミルの自動板厚制御系を検討する手法を検討したものである。この手法では、制御効果を含んだ形でホットタンデムミルの総合特性を取り扱うことができ、従来から行なわれているシミュレーション方法によらず、ミルの運転特性と自動板厚制御系の制御特性とを同時に考慮しつつ最適化できることを明らかにしている。

第3章はホットタンデムミルの自動板厚制御系の効果と圧延スケジュールの関係について検討したもので、その結果、従来のものより融通性に富む DDC 用の制御ロジックを開発している。すなわち、圧延スケジュールを数値的に取り扱うために累積圧下率を表わす代表関数を新しく定義し、この関数を設定すれば、同一通板中に生ずる圧延スケジュールの変化に伴うゲインの修正が容易になることを明らかにしている。

第4章はタンデムミルの自動板厚制御系の安定化条件および制御性能の検討を行なったものである。すなわち、ホットタンデムミルの自動板厚制御系の種々のモードについて、最適ゲインの求め方を提案し、制御ゲインの安定限界値および制御性能をリアプノフ関数を用いて検討し、この結果得られるゲインはシミュレーションによる結果と良く一致することを確かめている。

第5章は上記の解析手法を実際のタンデム圧延設備に適用するのに必要となる実機データをまとめるために、各種影響係数、塑性係数、先進率の新しい実測手法を提案し、実機での実測結果について述べたものである。

第6章では実機ホットタンデムミルのデジタル AGC のゲイン調整方法と結果について検討を行なっている。すなわち、自動板厚制御系のオンライン調整手法を開発して実機に適用して、その信頼性を確めている。また、サンプリング制御のオフライン解析手法を検討すると共に相当入側板厚偏差の計測を行ない、オフラインでの解析とオンラインでの調整に利用し、従来にない良好な板厚精度がえられることを明らかにしている。

第7章ではコールドタンデムミルの自動板厚制御系の特性を、アナログシミュレーションにより検討している。コールドタンデムミルではスタンド間で板に大きい張力が加わる点でホットタンデムミルの場合とは異なるので、新しく解析のための数式モデルを開発している。

第8章ではシミュレーションによらず、状態変数法によるコールド・タンデムミルの自動板厚制御系の検討を行なっている。すなわち、コールド・タンデムミルの制御系の検討に必要な数式モデルを検討し、応答行列法と名付けている一つの手法を提案している。この手法は間接的なものではあるが、従来の方法より短時間に、運転特性とその最適制御特性を同時に満足する解析が可能であることを確めている。

第9章は上の解析手法の実機のコールド・タンデムミルへの適用例を示したものである。とくに、従来、その解析がなされていなかったコールド・タンデムミルのミル定数配列について詳細な検討を加え、上流側のミル定数を大きくするほど仕上げ板厚精度が向上するとの結論に達し、これを実機により立証している。

結言は以上の結果をまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

高精度の鋼板を安定して生産するためにも、またそのような圧延設備を設計するためにも、タンデム圧延における自動板厚制御の制御モードおよび制御ゲインの決定方法の開発、およびその能力限界の把握が重要となる。この論文は上の2項目を解決するために、主としてホットタンデムミルを対象として理論的および実機による実験的検討を加えたもので、得られた主な成果を要約すればつぎの通りである。

(1) ホットおよびコールドタンデムミルの自動板厚制御系の特性を検討する手法を提案している。ホットおよびコールドタンデムミルの DDC の制御ゲインと制御モードを、サンプリング時間の影響を考慮しつつ最適化するために、アナログシミュレーションにより検討する手法を提案している。この結果、X線厚み計で得られた板厚偏差に関する情報は、できるだけ近い上流側のスタンドへフィードバックする方が有効であることを明らかにしている。すなわち、X線厚み計で検出された板厚偏差の補償限度は最終スタンドでは約20%であるが、その前段のスタンドでは約10%に低下し、それより上流側のスタンドへフィードバックしても板厚制御の効果は殆んどないことを理論的に究明し、実機による実験で立証している。

(2) ホットタンデムミルの仕上圧延機各段の制御ゲイン、制御モード、圧延条件の設定値は、同一スラブであってもその通板中に圧延速度および圧延温度の変化に対応して、適切な修正が行なわれなければならない

らない。人為的に設定できる圧延速度の変化については、従来から制御ゲインの修正が行なわれていた。しかし、板厚精度の決定に最も大きく影響を与え、しかも上流側の圧延条件によって左右される温度変化については、制御ゲインの変更は殆んどなされていなかった。本研究では、圧延スケジュールを数値的に取り扱うため、累積圧下率を与える代表関数を新しく設定する手法を提案している。この手法は、オフラインでの解析により、評価関数を媒介として得られた最適ゲインと代表関数との関係式を予め計算機内に設定することにより、時々刻々変化する材料温度に最も適合した制御ゲイン、制御モードおよび圧延条件の安定な設定変更を可能にしたものであり、また同時に、DDCの利点を最大限に発揮できるようにしたものである。

(3) 系内に多くのおくれを含むタンデム圧延設備の制御パラメータの安定化条件と制御系の性能を解析的に検討する手法を提案している。リアプノフ関数を用いて、多くのおくれを含む系の解析を行ない、リアプノフ関数の時間積分値と評価関数値との等価性を考慮することにより、シミュレーションによる方法とは異なり、より簡潔に評価関数値を求めることができ、さらに、安定性を保証しつつ制御性能の良い制御ゲインを決定できることを明らかにしている。本手法の利用によりスタンド間の板の伝達おくれに関しては、それが大なるほど安定限界ゲインが小さく、また制御性能も劣化することを確めている。

(4) 上記の解析的手法をホットタンデムミルのデジタル自動板厚制御系の調整に適用し、従来、板の長手方向の板厚精度の劣化の原因となっていたスキッドマークのような外乱の除去を可能にしている。さらに評価関数値が最小となる制御ゲイン値とオフゲージ量が最小となる制御ゲイン値とはよく一致することを実機によって確めている。また、上記の解析手法をコールドタンデムミルの調整にも利用し、従来の電動圧下方式を油圧圧下方式に変えることにより、最も上流側のスタンドの相当ミル定数値を従来の 600 ton/mm から 2000 ton/mm にあげることができ、これはオフゲージ率を飛躍的改善するのに有効であることを理論的に求め、実機によって確めている。

以上、要するに本論文はタンデム圧延における自動板厚制御系を検討する解析手法を確立し、これをもとに最適パラメータの解析を行ない、その結果を実機に適用して多くの有益な結果を得ると共に、自動板厚制御系の設計に対し新しい知見を加えたもので、学術上、工業上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。