

# 状態フィードバックを用いたリバースミル張力制御の安定化

## Stabilization of Tension Control in Reverse Rolling by Using State Feedback

浅野 一哉 ASANO Ka a JFE 技研 計測制御研究部 主任研究員(部長)・博士(工学)  
高橋 弘之 TAKAHASHI H JFE アドバンテック 計量事業部 次長  
宮田 武志 MIYATA Ta JFE スチール 東日本製鉄所 ステンレス部 統括マネージャー(副課長)

### 要旨

リバースミルでは、リールとスタンドの間の圧延材に張力を付与した状態により、その有効性を確認した。

### Abstract:

Tension control in reverse rolling is stabilized by using state feedback. The tension of the rolled material is controlled by the state feedback control system. The stability of the tension control is confirmed by the simulation and experiment.

## 1. はじめに

リバースミルとは、Fig. 1 に示すように一つの圧延スタンドとその両側に設置されたリールから構成される圧延機である。一方のリールから圧延材を巻き出してスタンドで圧延し、他方のリールで巻き取る操作を、圧延方向を変えながら複数回行うことにより、所定の板厚まで圧延する操作が行われる。センジミアミルやクラスターミルがその代表的なものであり、ワークロール径を小さくできるため、主としてステンレス鋼板のような薄くて硬い圧延材を最終製品板厚まで圧延するために用いられている。

リバースミルの圧延は、リールスタンドとの間の圧延材に張力を付与した状態で行われる。この張力は、蛇行の防止や形状の潜在化を通じて通板を安定化させ、また、圧延荷重を低減して圧延そのものを成立させるためにも必要不可欠である。そのため、リバースミルでは、リールモータのトルクを操作することにより張力制御が行われている。リバースミルでは、圧延材の先尾端ではミルの起動、加減速、停止にともなう非定常な圧延状態が生じる。この非定

常状態では、圧延材のマスフローバランスの崩れによる張力変動が生じやすく、その結果圧延荷重が変動して板厚や形状の変動が大きくなる。張力変動が著しい場合には、圧延材の通板性が阻害され、破断のようなトラブルに至ることもある。したがって、張力変動を防止しながらミルを停止状態から立ち上げて定常圧延状態に移行させ、再び停止させる過程を円滑に行うことは、製品品質の向上、および安定操業上極めて重要である。

本論文では、リバースミルの張力制御系を対象として、張力系が振動的な特性を有する場合でも効果的な張力制御方法を提案する。まず、張力発生メカニズムをモデル化し、



となる。ここで、 $E$

$$\zeta = \frac{\sigma + \sqrt{\sigma^2 + 4JH}}{2} \sqrt{\frac{EJ}{H}} \dots\dots\dots(10)$$

すなわち、このフィードバックは  $\sigma$

には、ハンチングが抑えられ、オーバーシュートも小さく、整定時間も大幅に短縮されている。

## 5. 実験結果

20段S ミルの張力制御系に提案する状態フィードバックを付加し、圧延実験を行った。既存の張力制御系はフィードフォワード制御とATRから構成されているが、この実験ではATRは使用していない。

状態フィードバックを行わない場合の入側リール～圧延スタンド間の起動時張力変動をFig. 9に示す。なお、図中では、ロール速度は実験中の最高速度で正規化した値、張力は設定値で正規化した値を表示している。また、モータトルク指令値は最大定格に対する比率を表しており、Fig. 7, 8と同様に張力を強める側を正方向とした。圧延リールが回転を始めると、リール高速度で回転し、リール速度が低下すると、リール速度が低下する。

制御方法の考え方と実機適用結果について述べた。主な結果は以下のとおりである。

- (1) 張力制御の操作量がリールモータトルクであるため、制御量である張力までの特性が2次振動系となり、圧延条件によっては減衰係数が小さくなって張力変動が収束しにくくなる場合がある。これは、ロール速度を操作量とするタンデムミルの張力制御とは異なる、リ