

(364) 熱延仕上圧延機ループ最適制御方式の開発

日本鋼管(株)京浜製鉄所 ○林 美孝 谷本 直 齊藤森生
 広川剛史 本社 藪内捷文

1. 緒言

近年、熱延仕上圧延機では、ますます寸法の高精度化が要求されており、ループによる張力制御性の向上が必要となってきた。当所では、厚物広幅材に対して全スタンドループレス圧延¹⁾を採用することにより、ループを薄物狭幅材専用到低慣性化し、張力制御性の改善を行なった。さらにこれらのループに材料張力を直接測定する張力計を設置し、積分形最適レギュレータを利用したループ最適制御方式を開発し、実用化した。以下に本制御方式の概要と実機適用結果について報告する。

2. ループ最適制御方式

ループ制御系の概略をFig.1に示すが、制御対象は上流側圧延機ロール速度とループ駆動トルクを入力とし、張力とループ角を出力とする多変数制御系となっている。本対象に対してクロスコントローラを配置した非干渉制御方式が提案され²⁾実用化されている。しかし、本来ループには張力変動をループ角変動として吸収する機能があり、この干渉機能を積極的に生かす方法として、積分形最適レギュレータを適用することとした。まず以下に示すようにプロセスを基準値回りで線形近似する。

(i) ループ運動方程式 : $\Delta\ddot{\theta} = a_{11}\Delta\dot{\theta} + a_{12}\Delta\theta + a_{13}\Delta\sigma + b_{11}\Delta T_{ref}$ ----- (1)

(ii) 張力発生プロセス : $\Delta\dot{\sigma} = a_{21}\Delta\dot{\theta} + a_{22}\Delta\sigma$ ----- (2)

(iii) 圧延モータ特性 : $\Delta\dot{v} = a_{31}\Delta v + b_{32}\Delta v_{ref}$ ----- (3)

(iv) 積分因子の付加 : $\Delta\dot{z}_\theta = \Delta\theta_{ref} - \Delta\theta$ ----- (4) $\Delta\dot{z}_\sigma = \Delta\sigma_{ref} - \Delta\sigma$ ----- (5)

但し、 θ : ループ角, σ : 張力, v : スタンド間材料速度差, T_{ref} : ループ駆動トルク指令,

v_{ref} : 圧延モータ速度指令, θ_{ref} : 目標ループ角, σ_{ref} : 目標張力, Δ : 偏差記号,

a_{ij}, b_{ij} : 線形化時に発生する係数。

以上の微分方程式を連立して、次の状態方程式を得る。

$\dot{x} = Ax + Bu$ ----- (6)

但し、 $x \triangleq (\Delta\dot{\theta}, \Delta\theta, \Delta\sigma, \Delta v, \Delta z_\theta, \Delta z_\sigma)^T$, $u \triangleq (\Delta T_{ref}, \Delta v_{ref})^T$,

$A \triangleq [a_{ij}]_{6 \times 6}$, $B \triangleq [b_{ij}]_{6 \times 2}$.

Q, R を評価マトリクスとして、(7)式を最小化するフィードバック行列 K をRiccati方程式³⁾を解いて求め、(8)式により最適制御を実現する。

$\int_0^\infty (x^T Q x + u^T R u) dt \rightarrow Min.$ ----- (7)

$u = -Kx$ ----- (8)

3. 実機適用結果

本制御方式を当所熱延工場No3~No5ループに適用した。Fig.2に従来方式と比較した例を示すが、張力変動は半減している。本制御方式は、現在順調に稼働しており、寸法精度の向上、操業の安定化に寄与している。

文献 1) 谷本他: 鉄と鋼, 70(1984), S428, S429

2) Y. Kotera, et al.: "Multivariable Control of Hot Mill Looper", 8th IFAC 86.1, 1981

3) 伊藤他: 線形制御系の設計理論(1978) P.92 [計測自動制御学会]

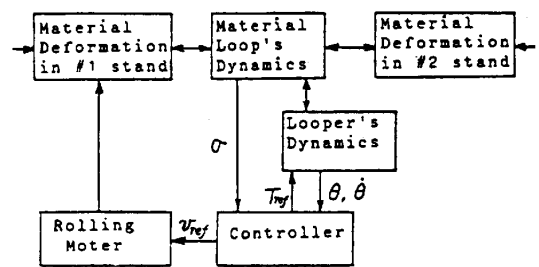


Fig.1 Block Diagram of Tension Control

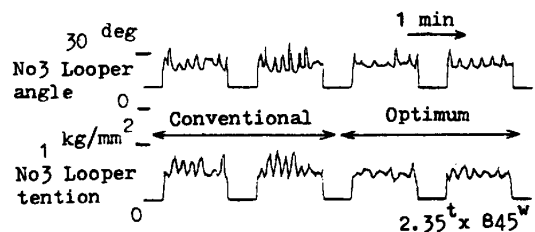


Fig.2 Control Results