

冷間圧延制御系における応答改善法の検討

ヒューマンメカトロニクスシステム学域 M2 藤江一希 (児島研究室)

キーワード: 冷間圧延システム, ロバスト安定化, サーボ系

1.はじめに

鉄鋼製造において、製品品質を決定づける重要なプロセスに冷間圧延工程がある。冷間圧延機を適切に制御することにより圧延材を薄くし目標となる厚さへと圧延する。

目的

圧延速度変化によらず同一の制御ループで良好な応答を達成する簡明な制御系の構成



図1 タンデム冷間圧延機 (全体像)



図2 冷間圧延機 (4重構造)

2.制御対象

タンデム冷間圧延機 (第1, 2スタンド)

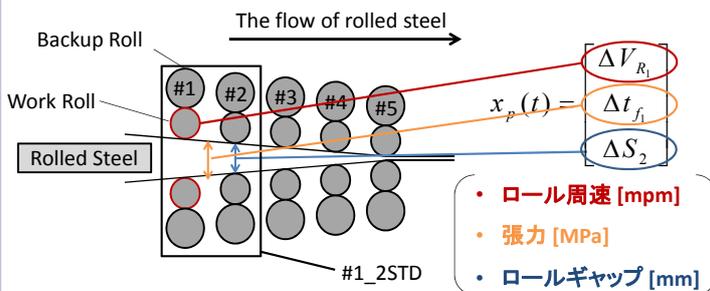


図3 タンデム冷間圧延機 (内部構造)

$$\dot{x}_p(t) = \tilde{A}_p x_p(t) + B_p u(t)$$

$$y(t) = C_p x_p(t)$$

$$u(t) = \begin{bmatrix} \Delta V_{R1}^{REF} \\ \Delta S_2^{REF} \end{bmatrix} \begin{array}{l} \text{ロール周速の指令値 [rpm]} \\ \text{ロールギャップの指令値 [mm]} \end{array}$$

$$y(t) = \begin{bmatrix} \Delta t_{f1} \\ \Delta h_2 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \text{張力 [MPa]} \\ \text{板厚 [mm]} \end{array}$$

\tilde{A}_p のみに圧延速度変化の影響がある

そこで...

- 2次安定化法の適用 ⇒ 圧延速度変化を克服する共通のフィードバックゲインの設計を検討

$$\tilde{A}_p = A_p + D_p \Delta(t) E_p \quad \begin{array}{l} \Delta(t) = 1 \quad \text{高速圧延時} \\ \Delta(t) = -1 \quad \text{低速圧延時} \end{array}$$

$$A_p = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ a_{21} & X_1 & X_2 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{bmatrix} \quad D_p = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad E_p = \begin{bmatrix} 0 & Y_1 & Y_2 \end{bmatrix}$$

(中央値) (変化幅)

パラメータ変動 ⇒ 張力に影響

- サーボ系の構成 ⇒ 目標値追従性
- 積分器の初期値設定 ⇒ 応答改善

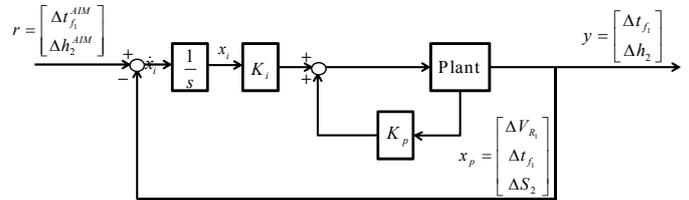


図4 サーボ系の構成

3.シミュレーションと結果

$$\text{目標値} \quad (1)r = \begin{bmatrix} 1.0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)r = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.05 \end{bmatrix} \quad r = \begin{bmatrix} \Delta t_{f1}^{AIM} \\ \Delta h_2^{AIM} \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} \text{張力目標値 [MPa]} \\ \text{板厚目標値 [mm]} \end{array}$$

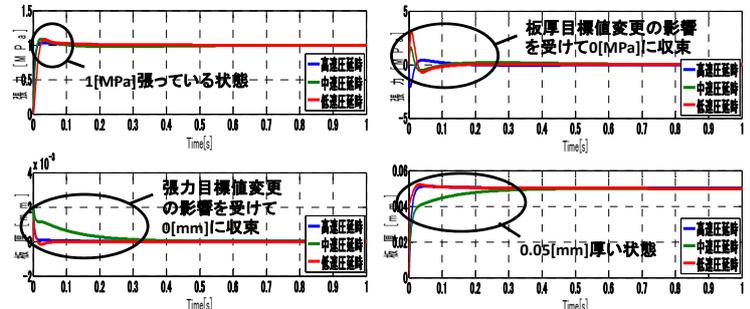


図5 制御系の出力応答 (目標値(1)) 図6 制御系の出力応答 (目標値(2))

- 結果**
- 圧延速度が変化しても良好な応答となる制御系設計
 - 1秒以内の収束時間, 良好な過渡応答
 - ハイゲインになってしまう
 - 板厚に目標値変更を与えたとき, 圧延速度によって出力応答(張力)にバラつきがみられる

4.今後の展開

LMI (Linear Matrix Inequalities): 線形行列不等式に基づく設計

- 設計の仕様を反映 ⇒ より細かい設計 (安定性, ロバスト性を指定した設計, ゲインの調整...)
- 圧延速度変化による出力応答のバラつき改善の可能性

冷間圧延制御系に適用

$$\dot{x}_p(t) = (\alpha_1 \cdot A_1 + \alpha_2 \cdot A_2) x(t) + B_p u(t),$$

$$\alpha_i \geq 0, \quad \alpha_1 + \alpha_2 = 1$$

5.参考文献

- [1]高橋亮一: 鉄鋼業における制御, コロナ社(2002)
- [2]日本鉄鋼協会生産技術部門圧延理論部会編: 板圧延の理論と実際, 日本鉄鋼協会(2010)
- [3]I.R.Petersen, C.V.Hollot: A Riccati equation approach to the stabilization of uncertain linear system, Automatica, Vol.22, No.4, pp.397-411(1986)
- [4]Kemin.Zhou, John.C.Dovle, Keith Glover: Robust and Optimal Control, Prentice Hall(1995)
- [5]望月, 児島, 今成, 柴山, 新居: 熱間薄板圧延板厚制御系における応答改善法, 電気学会電子・情報・システム部門大会論文集(2010)