KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.12 (1980) No.2

Mathematical Model of Hot Deformation Resistance in Plate Rolling

(Yoshiyuki Saito) (Motomu Kimura) (Kunio Isobe)
(Teiichi Enami) (Kazuya Tsubota) (Masatoshi Inoue) (Kazushi Baba)

:

(1) (2)

2

, ±5

Nb

Synopsis :
A mathematical model of hot deformation resistance for computer control in plate rolling has been developed. Characteristics of the model are as follows: (1) a fundamental equation is derived from the theory of crystal plasticity, (2) the effect of strain accumulated in previous rolling passes is taken into consideration expressing recovvery process during pass interval by mathematical equations. Variation in strain accumulated during rolling process can be evaluated with the model. The present model has been applied successfully to the computer control system of No.2 plate mill at Mizushima Works, Kawasaki Stee Corporation. The accuracy of calculated rolling force by the model was better than 5% regardless of rolling temperature and type of steel.

厚板圧延における熱間変形抵抗予測方法

斉藤 良行* Yoshiyuki Saito
木村 求** Motomu Kimura
磯辺 邦夫** Kunio Isobe
榎並 禎一** Teiichi Enami
坪田 一哉*** Kazuya Tsubota
井上 正敏*** Masatoshi Inoue
馬場 和史**** Kazushi Baba

Synopsis:

A mathematical model of hot deformation resistance for computer control in plate rolling has been developed. Characteristics of the model are as follows: (1) a fundamental equation is derived from the theory of crystal plasticity, (2) the effect of strain accumulated in previous rolling passes is taken into consideration ex-

を正確に予測するためには，変形抵抗を精度よく　ここに R：ロール半径

3. 鋼板温度予測モデル

変形抵抗予測モデルの重要なパラメータであり，

[redacted]

法について記述する。

3·1 基本式

[redacted]

加熱炉抽出後の圧延工程は，鋼板の温度変化の観点から時系列的に(i)空冷，(ii)水冷，(iii)圧延の素

[redacted]

ただし T_W は水温である。

3·1·3 圧延

加工エネルギーのうち，$\eta(0<\eta<1)$ が発熱量

[redacted]

$$Q=\frac{\eta}{427}\frac{P}{t_B}\ln\left(\frac{H}{h}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(11)$$

[redacted]

またロールとの接触熱伝導による熱流量 q_{cont} は，ロールと鋼板間に熱抵抗がないとし，両者を半無

[redacted]

Table 1 Values of emissivity and effective heat transfer coefficient used

Convection	7.5

でも美坂の式[2]あるいは志田の式[3]は，熱間圧延時の変形抵抗モデルとして広く使われているが，

導出を試みた。

内部応力が変形応力に比べて小さいと仮定すれば，可動転位密度 ρ_m は次のように書ける。

[redacted]

$$\rho_m = \alpha_1\cdot\tau\cdot\varepsilon\exp\left(-\frac{\varepsilon}{l}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(17)$$

ただし α_1, l は定数である。l は結晶の状態，特にサブグレインの大きさと密接に関係している。

(14)～(17)式により τ についての超越型の方程

[redacted]

式が得られる。m について線型の温度依存性を仮

[redacted]

定し，$\tau_0 \propto \exp(\alpha_2/T)$ として，また内部応力が変形応力に比べて小さいとすることにより，τ についての次のような近似解が求まる。

$$\ln\tau = a_0 + a_1 T_k + \frac{a_2}{T_k} + a_3\varepsilon + a_4 T_k\varepsilon$$

[redacted]

値が大きくなる傾向がある。これは前パスでの加工ひずみがパス間で十分回復されず次パスの圧延

[redacted]

荷重に影響を与える結果生ずる傾向と考えられる。

このようなパス間でのひずみの累積効果を上野ら[12]は該当パスの加工ひずみ ε にそのパス直前の残留ひずみ $\Delta\varepsilon$ を加えた，全ひずみ ε' を，変形抵抗式の ε のかわりに用いることにより取り扱って

[redacted]

いる。この考えにしたがえば，n パスでの全ひず

[redacted]

み ε_n^t は，1パスから $(n-1)$ パスまでの加工ひずみ ε_1～ε_{n-1} と各パス間でのひずみ残留率 λ_1～λ_{n-1} を用いて，(21)式で表せる。

$$\begin{aligned}\varepsilon_n^t &= \varepsilon_n + \Delta\varepsilon_n \\ &= \varepsilon_n + \lambda_{n-1}\cdot(\varepsilon_{n-1}+\Delta\varepsilon_{n-1}) \\ &= \varepsilon_n + \sum_{i=1}^{n-1}\left(\prod_{j=i}^{n-1}\lambda_j\right)\cdot\varepsilon_i \quad \cdots\cdots\cdots(21)\end{aligned}$$

ただし，λ_{n-1} は $(n-1)$ パスと n パス間のひずみ

[redacted]

は高温圧縮試験により λ の温度 時間依存性を求

$F[\lambda_n(\varepsilon_{n-1}+\Delta\varepsilon_{n-1})]$ … $-F(\varepsilon_{n-1}+\Delta\varepsilon_{n-1})$

$$=t_{OM}\cdot\exp\left(-\frac{d}{T_k}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(30)$$

$F(x)$ は次のようにして計算できる。「代数学の

(33)式を用いて，0.14C-1.37Mn 0.035Nb 鋼の回復挙動を計算したのが **Fig. 4** である。800，900，

できる。

ドラフトスケジュール計算の場合，圧下量 r が

On line data processing

P: Roll force, ε: Strain, W: Width

と実操業への適用結果は以下のようにまとめられる。

14) R.A.P. Djaic & J.J. Jonas : Static Recrystallization of [redacted]
JISI, 210 (1972) 4, 256
15) J.N. Cordea & R.E. Hook : Recrystallization Behavior in Deformed Austenite of HSLA Steels : Met. Trans. 1 (1970) 1, 111
16) T.L. Capeletti, L.A. Jackman & W.J. Childs : Recrystallization Following Hot-Working of a HSLA [redacted]
17) T. Tanaka, N. Tabata, T. Hatomura & C. Shiga [redacted]