

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

ただし T_w は水温である。

変形抵抗予測モデルの重要なパラメータであり、

3.1.3 圧延

加工エネルギーのうち、 $\eta(0 < \eta < 1)$ が発熱量

法について記述する。

3.1 基本式

$$Q = \frac{\eta}{427} \frac{P}{t_b} \ln \left(\frac{H}{h} \right) \dots\dots\dots(11)$$

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

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

Table 1 Values of emissivity and effective heat transfer coefficient used

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。

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

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

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

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とり扱って

式が得られる。 m について総型の温度依存性を仮

定し、この考えに1つ加えれば、 n パスでの全ひず

定し、 $\tau_0 \propto \exp(a_2/T)$ 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。

$$\ln \tau = a_0 + a_1 T_k + \frac{a_2}{T_k} + a_3 \varepsilon + a_4 T_k \varepsilon$$
$$+ a_5 \ln \varepsilon + a_6 T_k \ln \varepsilon + a_7 \ln \varepsilon + a_8 T_k \ln \varepsilon$$

み ε_n' は、1パスから $(n-1)$ パスまでの加工ひず
み $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_{n-1}$ と各パス間でのひずみ残留率 $\lambda_1 \sim \lambda_{n-1}$
を用いて、(21)式で表せる。

$$\varepsilon_n' = \varepsilon_n + \Delta\varepsilon_n$$
$$= \varepsilon_n + \lambda_{n-1} \cdot (\varepsilon_{n-1} + \Delta\varepsilon_{n-1})$$
$$= \varepsilon_n + \sum_{i=1}^{n-1} \left[\prod_{j=i}^{n-1} \lambda_j \right] \cdot \varepsilon_i \dots\dots\dots(21)$$

ただし、 λ_{n-1} は $(n-1)$ パスと n パス間のひずみ

は高温圧縮試験により λ の温度・時間依存性を

[]

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

$$= t_{0M} \cdot \exp\left(-\frac{d}{T_k}\right) \dots \dots \dots (30)$$

$F(x)$ は次のようにして計算できる。1代数学の

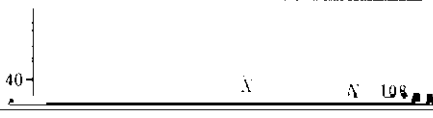
(33)式を用いて、0.14C-1.37Mn-0.035Nb鋼の

回復挙動を計算したのがFig. 4である。800, 900, 1000°Cの各温度で、それぞれ10% (Fig. 4(a))お

できる。

ドラフトスケジュール計算の場合、圧下量 Δ が

On line data processing
F: Roll force, Δ : 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. Diaic & J.I. Jonas: Static Recrystallization of Austenite Deformed at High Temperature. *Met. Trans.* 1972, 3, 1111-1118.

JISI, 210 (1972) 4, 256

15) J.N. Cordeau & 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 Steel. *Met. Trans.* 1971, 2, 1111-1118.

17) T. Tanaka, N. Tahara, T. Hatakeyama & C. Shimizu: The Effect of Grain Size on the Recrystallization Kinetics of HSLA Steels. *Met. Trans.* 1973, 4, 1111-1118.