

石川島播磨重工

深井利行

植田幸徳 毛利一徳 吉田弘信 木崎暁司 小森英俊

緒言

連続鋳造装置のマシンプロファイル, および鋳込条件と内部割れの関係等を検討する場合, 実験による実験データから検討することが望しいが, 多大の費用および労力を要すること, ならびに各種要因がからみ合った結果として実験データがえられているため, 個々の要因の影響度を把握することは困難である。したがって, 本報では, 数式モデルを作成し, 個々の要因の影響度を検討したので報告する。

2 基本式 および 計算方法

鋳片の表面温度および凝固式は伝熱方程式を差分計算して求め, 固相線温度については, 凝固過程における溶質濃度を拡散方程式, および物質収支の式を連立させることにより算出した。バルジンは平板モデルで計算し, バルジグ, 曲げ矯正, 引板により鋳片内に生成する応力分布, 歪速度分布, 全歪分布を高温クリープ問題として取扱ひ, 図1に示すごとく, ロールピッチ間にある鋳片をメッシュに分割して, 各格子点の値を計算した。なお, 内部割れを検討する場合には, クリティカルゾーンという概念を導入し, 全歪分布から歪増分量を算出した。また, 本モデルでは, 定常鋳込中, およびマシンストップ時の両方の歪増分量が検討できるようになっている。

以下 基本式を記述する。

$$\sigma_{u,iJK} = \left(\frac{\dot{\epsilon}_{iJK}}{k_{c,iJK}} \right)^{\frac{1}{n}} \int_{e_i}^{e_j} \frac{M_{iJK}}{\left(\frac{\dot{\epsilon}_{iJK}}{k_{c,iJK}} \right)^{\frac{1}{n}} dx}$$

$$\sigma_{B,iJK} = \left[\frac{V \cdot \dot{\epsilon}_{iJK} \cdot 10^2}{k_{c,iJK} \cdot \Delta Z_{iJK}} \cdot \left(\frac{1}{\rho_{iJK}} - \frac{1}{\rho_{iJK-1,K}} \right) \right]^{\frac{1}{n}} \cdot 10^2, \quad \frac{1}{\rho_{iJK}} = \int \left\{ \varphi(x) \cdot \frac{1}{R_c} \cdot \varphi(x) dx \right\} dx$$

$$\sigma_{W,iJK} = \frac{W_L}{(B-2S_i) \cdot (D-2S_i)}, \quad W_L = T_{W,i} - \sum_{JP=1}^{JP} P_{R,JP}$$

$$\sigma_{S,iJK} = \sigma_{u,iJK} + \sigma_{B,iJK} + \sigma_{W,iJK}, \quad \dot{\epsilon}_{iJK} = k_{c,iJK} \cdot (\sigma_{S,iJK} \times 10^2)^n$$

$$E_{iJK} = \dot{\epsilon}_{iJK} \cdot \frac{\Delta Z_{iJK}}{V \times 10^2}, \quad E_{iJK}|_{K=K} = E_{0,K}|_{K=K} + \sum_{i=1}^{i-1} E_{iJK}|_{K=K} + \sum_{J=2}^J E_{iJK}|_{K=K}$$

$$L_{CR,i} = Z_{L,i} - \frac{100V}{K_S^2} \cdot \left\{ \frac{1}{(1+K_{CR,i})} \cdot \left(0.1 K_S \sqrt{\frac{Z_{L,i}}{V}} - \beta \right) + \beta \right\}^2$$

$$\Delta E_{iJK}|_{K=K} = E_{iJK}|_{K=K} - E_{0,iJK}|_{K=K}$$

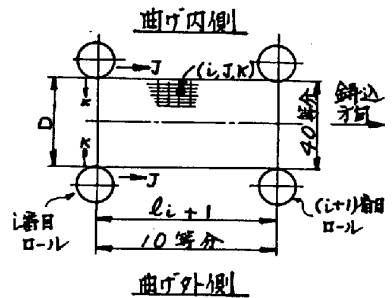


図1 鋳片のメッシュ分割

- i: ロール番号 (i, j, k): 座標
- σ_u: バルジグ応力 σ_B: 曲げ矯正応力
- σ_W: 引板応力 M: バルジグモーメント
- Z, Z': 中立軸からの距離 e: 中立軸の位置
- k_c: クリープ定数 S: 凝固シェル厚さ
- V: 鋳込速度 ΔZ: メッシュ長さ
- ρ: 曲げ半径 n: クリープ定数

φ(x): 歪変化の函数, R_c: 円弧部の一定曲げ半径 JP: ピッチロール番号
W: 総歪引板抵抗, T_W: 鉄静圧, 鋳片自重, ロール反力, バルジグ矯正による引板抵抗

B: 鋳片幅, D: 鋳片厚, P_R: ピッチロール1スタンド毎の引板力, σ_S: 合成応力, ε̇: 歪速度, ε: クリープ歪, E: 全歪

E₀: 1番目ロールに到達するまでに発生した全歪, E_c: クリティカルゾーン入口の全歪, L_{CR}: クリティカルゾーン長さ, l: ロールピッチ

K_{CR}: クリティカルゾーン係数, Z_L: ノズルからの距離 K_S, β: 凝固係数および定数, ΔE: 歪増分

3 計算結果および緒言

各種型式の連続鋳造機について, 実際の内部割れの生成条件をメインとして計算した結果, SS41, X60相当の鋼種の場合, 許容歪増分値は約0.4%であり, この値を基準値としてシミュレーションを行えば, 内部割れの生成条件を推定することが可能である。なお 鋳片内の溶質分布の計算, バルジグ量の計算については実験データおよび文献¹⁾と概ね一致した。

4 文献: 1) 大橋, 浅野; 鉄鋼基礎共同研究会, 凝固部会シンポジウム 1976, 2, P47