

1. 緒言 : 連铸-圧延工程の直行、直結化を進める上で障害となる問題の一つに高速铸造化・緩冷却化に伴う内部割れの発生がある。この内部割れの発生を予測する方法として、CPC(圧縮铸造)による歪緩和効果を定量的に考慮した内部割れ判定モデルの開発を行ったので、以下に報告する。

2. 内部割れ判定モデルの概要 : モデルは、総合内部歪式と限界歪式より構成されている。

(1) 総合内部歪式 (铸片の凝固界面に発生する歪 ϵ_T を計算)

$$\epsilon_T = (\beta_4 \cdot (\beta_1 \cdot \beta_2 \epsilon_{u0}) - \Delta \epsilon_u) + \epsilon_{CPC} + \beta_b^{CPC} \cdot \epsilon_b + \beta_m^{CPC} \cdot \epsilon_m$$

ここで、 ϵ_{u0} 、 $\Delta \epsilon_u$: 連続梁理論¹⁾に基づく矯正外部歪および内外部歪差、 β_2 : L/F面温度差冷却効果係数、 β_1 : 長短辺ずれ歪集中係数、 β_4 : 巻付き歪集中係数、 ϵ_b : 動的解析法²⁾によるバルジング歪、 ϵ_m : ミスアライメントのタイプ別にFEMで解析したミスアライメント歪、 ϵ_{CPC} : CPCにより铸片に付与される圧縮歪、 β_b^{CPC} 、 β_m^{CPC} : CPC付加時の ϵ_b 、 ϵ_m 補正係数である。

この式の特徴は、①長田ら³⁾のローヘッド連铸法の矯正理論を一般的なハイヘッド連铸機で内部割れが問題となる高静圧・厚シェル領域まで展開し、さらに、②従来式では考慮されていなかったCPCによる歪緩和効果を取り込み汎用性を向上させたことである。CPCによる歪緩和効果は、Fig.1に示すFEMモデルによりCPC付加時の铸片変形挙動を解析した結果、铸片の铸造方向に圧縮歪 ϵ_{CPC} を発生させる主効果に加えてCPCによる圧縮力がバルジング歪やミスアライメント歪にも影響を及ぼすことが明らかとなったため、その影響を副効果としてそれぞれ補正係数 β_b^{CPC} 、 β_m^{CPC} の形で導入した。

(2) 限界歪式 (内部割れが発生する限界歪 ϵ_c を規定)

長田ら³⁾の提案している限界歪式を用いた。割れ発生条件は、 $\epsilon_T > \epsilon_c$ である。

3. 内部割れ判定モデルの実機試験による検証 : CPC無付加時に $\epsilon_T > \epsilon_c$ となる程度のミスアライメントを円弧部のロール(Fig.2)に人為的に設定し、つぎに、CPC力を増し ϵ_T を徐々に低下させながら内部割れ発生状況との対応をとった。Fig.3に本モデルにより計算した ϵ_T/ϵ_c の値と内部割れ発生頻度の関係を示す。 $\epsilon_T > \epsilon_c$ で割れが発生しており本モデルの推定精度がかなり高いことがわかる。また、円弧部の他の部分や矯正点、水平部においても同様の調査を行った結果、連铸機内のほぼ全域で本モデルの妥当性を確認できた。

4. 結言 : CPCによる圧縮歪の影響を考慮した内部割れ判定モデルを開発し、実铸片における内部割れの発生を高精度で予測できることを確認した。

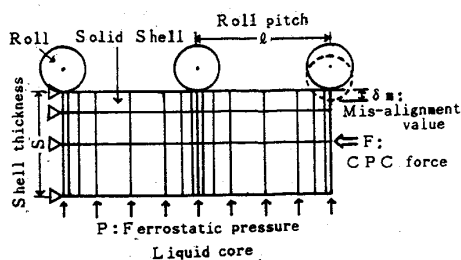


Fig.1 FEM model for analysis of shell deformation with CPC.

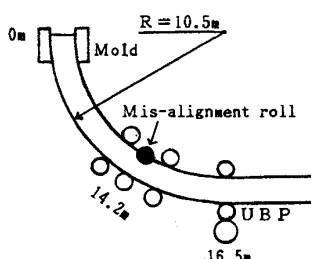


Fig.2 Mis-alignment roll test.

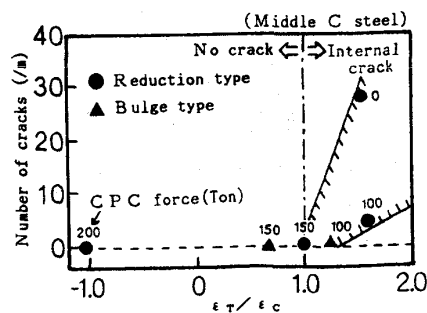


Fig.3 Internal-crack frequency vs. normalized strain.

参考文献 1) 安田ら: 鉄と鋼, 68(1982), S991 2) 松宮ら: 鉄と鋼, 68(1982), S991 3) 長田ら: 鉄と鋼, 72(1986), S991~S993