

鋳片変形挙動の理論的考察

— ローヘッド連鑄法の矯正理論 第1報 —

新日本製鐵(株) プラント事業部 山根良明 ○宿利清巳 加賀山保一 館正幸
 広畑製鐵所 勝田久雄 中央研究本部 長田修次

1. 緒言

ローヘッド連鑄機に於ける鋳片矯正の特徴は、メニスカス直下で薄シェル Box 構造の鋳片を矯正する点にあり、これに起因する種々の矯正特異現象が観察される。ここではこれらの矯正挙動を5つの構成成分に分割し、おのおのに対して実現象と精度良く一致する矯正モデルを作成したので報告する。

2. ローヘッド CC の矯正挙動と矯正モデル

- 1) 連続梁モデル：文献¹⁾に紹介されたモデルで、鋳片のマクロ的矯正挙動を解析する。
- 2) L/Fモデル：既報²⁾にて紹介したL・F・S冷却制御による矯正中立軸移動モデル。他報告例³⁾もあるがローヘッドCC実測変形に整合する⁴⁾梁の塑性曲げモデルを確立した。
- 3) 長・短辺ずれモデル：Photo 1に実測された鋳片長・短辺のオシレーションマークの変形を示す。この変形は長・短辺の剪断変形によるもので Fig 1に発生形態を示す。

(1) 短辺ずれモデル：Fig 2は矯正帯での長・短辺矯正内力成分を示す。局所釣合式をたてると

$$-dF/dl = S$$

$$F = \int_0^{S_L} \sigma \cdot dy \cdot 2A$$

$$S = 2 \int_0^{S_A} \tau \cdot dx$$

2A：鋳片巾
 S_L：長辺シェル厚
 S_A：短辺シェル厚

となりSが短辺ずれのDrive Forceとなる。Fig 3は機内凝固鋳片による実測短辺ずれと計算値とのロール位置比較を示す。両者の整合は本モデルの妥当性を裏付けている。

(2) 長辺ずれモデル：本モデルは長辺シェルの曲率を無視し、長辺を二次元弾塑性平面応力平板としてFEMにてモデル化した(Fig 4)。シェル剛性は表層近傍の代表剛性値を用い、温度、シェル厚も二次元的分布を考慮している。Fig 5はL面長辺ずれのFEM変形図を示すがPhoto 1の変形を裏付けるメッシュ変形が解析されている。Fig 6に前述の機内凝固鋳片実測ずれとの計算値比較を示す。BO域を除けばずれの解析精度は非常に高い。

4) 巻付きモデル：曲率中心側で矯正内力を受ける薄シェルは短辺拘束が弱い場合 Fig 7に示す通過経路を通りロール直下で集中歪を発生する。この現象は別報⁵⁾にて実測例を示すがモデルは3次元弾塑性FEMにて解析され、下記の歪集中係数β₄式として整理されている。

$$\beta_4 = \epsilon u^* / \epsilon u = \gamma \times \alpha_{\beta 4} \times \left(0.22 \times \frac{l}{S} + 14.1 \frac{l}{R} - 0.3233 \right)$$

γ：温度補正係数 α_{β4}：鋳片巾補正係数

3. 結言

薄シェル Box 構造鋳片の矯正現象をシミュレーション出来る5つの矯正モデルを作成し実現象との整合性を検証した。その結果これらのモデルが実用レベルで高い解析精度を有す事が確認された。

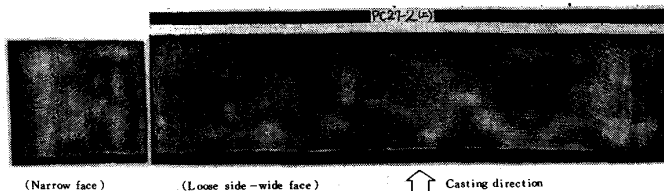


Photo1 Observed oscillation mark distortion in a loose side wide face and narrow face (Test No. PC27)

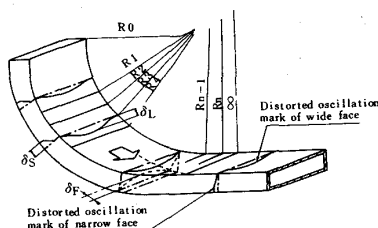


Fig1 Wide face and narrow face shear slip image

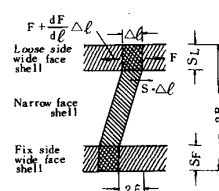


Fig2 Narrow face shear slip model

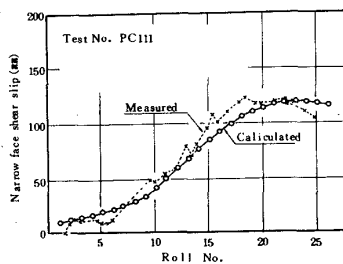


Fig3 Measured and calculated narrow face shear slip

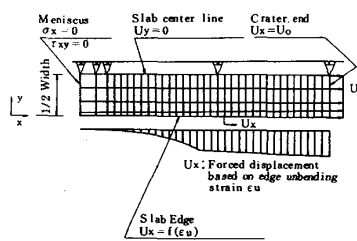


Fig4 FEM model for wide face shear slip

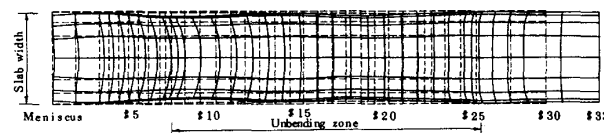


Fig5 Analyzed wide face shear slip (FEM mesh plot before and after deformation)

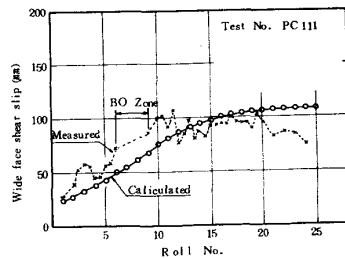


Fig6 Measured and calculated wide face shear slip

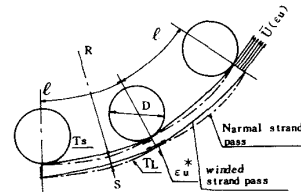


Fig7 Winding strain model

参考文献

- 1) 安田ら：鉄と鋼, 68('82) S991
- 2) 小沢ら：鉄と鋼, 72('86) S139
- 3) 宮下ら：連続鑄造に於ける力学的挙動(P232)日本鉄鋼協会
- 4) 松宮ら：本学会にて発表
- 5) 安田ら：本学会にて発表