

(164) 連铸凝固シェル内の熱応力の解析

川崎製鉄 技術研究所 水島研究室

○松野淳一 間野純一
大井 浩

1. 緒言

連铸凝固シェル内の応力を精度良く算定するために、

(1) 凝固シェルを、半径の大きな円筒の一部とみなす。

(2) 塑性歪をクリープの形でとり入れる。

(3) ヤング率 E 、およびポアソン比 ν の温度依存性を、体積弾性率不変の条件で関数化する。
などの特徴をもつ計算モデルを作り、その解析方法を開発した。これにより、シェル内応力と操業条件との関係を定量的に把握することができた。

2. 理論式

スラブの厚さ方向を r 軸、巾方向を θ 軸、鑄込方向を z 軸とし、厚肉円筒における平面歪問題として解析した。応力と歪の関係、変位と歪の関係、応力の釣合条件および塑性変形での体積不変の関係から、最終的に σ_r と σ_θ に関する2つの関係式を導くことができる。

$$\left. \begin{aligned} (\sigma_r - \sigma_\theta) + \frac{E}{1-2\nu} (\int d\epsilon_{rp} - \int d\epsilon_{\theta p}) &= 2Gr \frac{d\epsilon_\theta}{dr} \\ \epsilon_\theta &= \frac{\sigma_\theta}{2G} - \frac{\nu(\sigma_r + \sigma_\theta)}{2G} - \nu\epsilon_z + (1+\nu)\alpha \cdot (T - T_s) + \frac{1+\nu}{1-2\nu} \{ (1-\nu) \int d\epsilon_{\theta p} - \nu \int d\epsilon_{rp} \} \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

$$r \cdot \frac{d\sigma_r}{dr} = \sigma_\theta - \sigma_r \dots (2)$$

ここで、塑性歪 $d\epsilon_{rp}$, $d\epsilon_{\theta p}$ は、 $z = z$ と $z + dz$ の間での平均応力 $\bar{\sigma}_r$, $\bar{\sigma}_\theta$ を用いて、次式のように表わせるとした。

$$d\epsilon_{rp} = \left(\frac{\bar{\sigma}_r}{A \cdot e^{B/T}} \right)^3 \cdot dt, \quad d\epsilon_{\theta p} = \left(\frac{\bar{\sigma}_\theta}{A \cdot e^{B/T}} \right)^3 \cdot dt \dots (3)$$

 E ; ヤング率, G ; 剛性率, ν ; ポアソン比, α ; 熱膨張率, T ; 温度, T_s ; 固相線温度, A, B ; 定数

(3)式を用い、(1), (2)式を連立して解くことにより、凝固シェル内の熱応力を計算した。

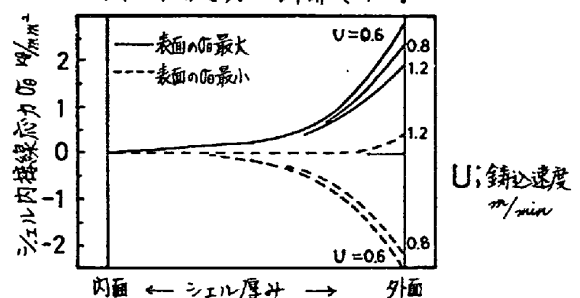
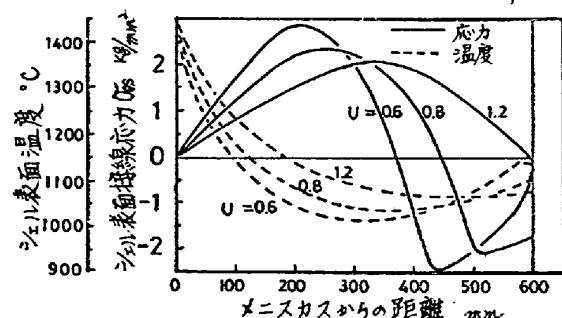
3. 計算結果

(1) シェル厚みの $\frac{1}{2}$ より内側の位置では、 $\pm 1 \text{ kg/mm}^2$ 以下の σ_θ である。(図. 1)(2) 鑄込速度が小さいほど、同一 z 位置での温度降下は大きく、それに応じて発生する σ_θ も大きい。(図. 2)

(3) その他、凝固シェル内応力への、モールド・テーパー、パワダー物性、冷却水量などの影響について計算を行った。

参考文献

- 1) B.C. Pytc et al; 連続鑄造の理論(日ソ通信社)
- 2) 村松; 機械学会誌 68(1965)562, P1623
- 3) O.D. Sharby et al; Trans. ASTM 56(1956) P789

図 1 凝固シェル内応力 σ_θ の厚み方向分布図 2 シェル表面応力 σ_θ の z 方向位置による変化