

1. 緒言

連続鋳造においては、鋳造速度の上昇に伴ない鋳型内熱流束および鋳型温度が上昇し、鋳型銅板に大きな熱応力が発生する。このためブレイクアウトや鋳型寿命の低下が起る。これを防止するには鋳型温度を低く保つ冷却構成が必要である。このような観点から、有限要素法(FEM)計算結果にもとづいて鋳型の伝熱解析を行ない、鋳型温度簡易推定式を導出した。

2. FEMによる鋳型温度計算

図1に示す鋳型水平断面の斜線に示す領域についてFEMによる2次元定常伝熱計算を行なった。ニッケルメッキ、銅板の熱伝導率の温度依存性は無視した。

3. 鋳型温度推定式の算出

任意の位置の鋳型内温度 T は鋳型表面よりの平均熱流束を Q 、冷却水温度を T_W とすると次の関係を満足する(図2)。

$$T = RQ + T_W \quad (1)$$

ここで R は式の形より伝熱抵抗を意味することがわかる。鋳型の最高温部の伝熱抵抗を R_M とし、これを鋳型構成要因より求める式を作成すれば、鋳型表面温度は容易に推定できる。まず R_M は $\alpha_w, \lambda_{Cu}, d_{Cu}, \lambda_{Ni}, d_{Ni}$ の各要因について次式のように表わせる。

$$R_M = A/\alpha_w + (d_{Cu} + B)/\lambda_{Cu} + d_{Ni}/\lambda_{Ni} \quad (2)$$

スリット形状の R_M に及ぼす影響の1例を図3に示す。

S_W の影響は小さくまた実用鋳型では S_W は 5mm 前後一定であるので以下では $S_W = 5\text{mm}$ 一定とした。図1に示した α_w, S_d, S_p の150通りのFEM結果からスリット形状要因について最小2乗法により整理すると次のようになる(誤差 $\pm 7\%$)。

$$A = 0.48 S_p / S_d^* + 0.042 S_d^* \quad (3)$$

$$B = 0.193 S_p / S_d^* - 0.32 / S_d^* + 0.56 \quad (4)$$

$$S_d^* = S_d + 0.25 \quad (5)$$

4. 鋳型温度推定式による鋳型設計

鋳型内最大熱流束は前報より鋳造速度を v (m/min) とすると

$$Q = 87v + 90 (\times 10^4 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}) \quad (6)$$

の関係がある。これより所定鋳造速度のとき鋳型表面温度 T_M を一定値以下にするための伝熱抵抗 R_M の最大値が求められる。図4に T_M を 400°C としたときの鋳型銅板厚、スリットピッチの計算例を示す。高速鋳造にならにつれ、鋳型銅板は薄肉としなければならない。

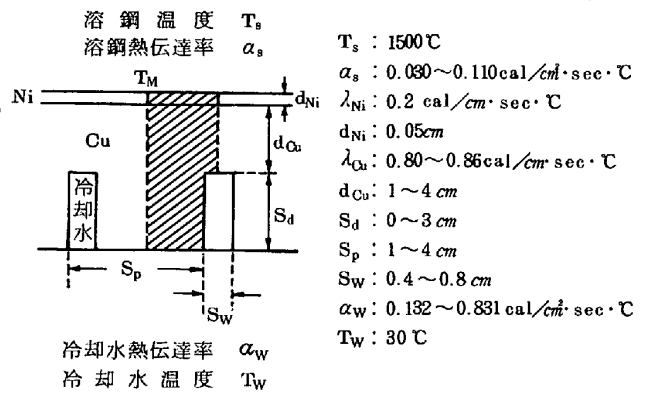


図1. 伝熱計算モデル

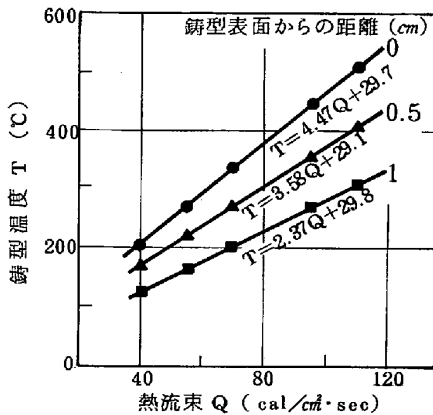


図2. 鋳型温度と熱流束の関係

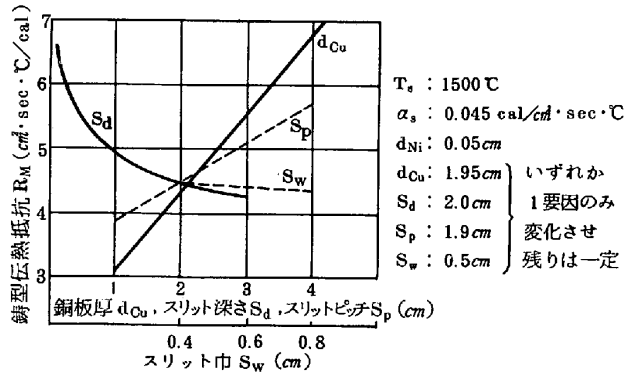


図3. 伝熱抵抗に及ぼすスリット形状の影響

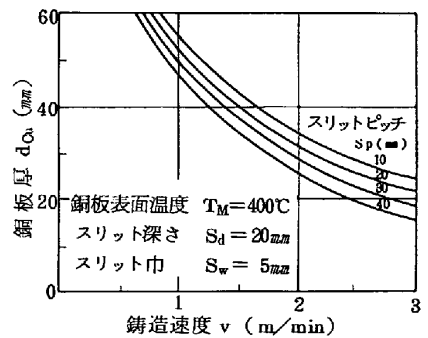


図4. 鋳造速度と銅板厚の関係