

(245) 鋼片加熱炉の加熱能力算定用無次元係数式の誘導とその応用

住友金属、中央技研

松永省吾

1. 目的：鋼片加熱炉の能力算定式としては、従来は Hays の経験式が用いられて来たが、その内容を次元的に理解することは困難であった。したがって本報告では、Hays の公式に代るべき公式として解析的な加熱能力算定式を提案する。

2. 加熱炉内熱伝達微分方程式の無次元化とその解

$$\frac{\partial \theta(x, t)}{\partial t} = \frac{r}{c\rho} \left[\frac{\partial^2 \theta(x, t)}{\partial x'^2} \right] \dots (1)$$

θ = 鋼片温度, x' = 鋼片表面からの深さ
 t' = 時間, r = 熱伝導率, c = 比熱, ρ = 密度
 初期条件: $t' = 0$ に $\theta(x', 0) = \theta_0$ (一定) (2)
 境界条件: $x' = 0$ に

$$r \frac{\partial \theta(x', t')}{\partial x'} \Big|_{x'=0} = -\alpha' [\theta_g(t') - \theta(0, t')] \dots (3)$$

$\theta_g(t')$ = 燃焼ガス温度, α' = 熱伝達係数
 $x' = X$ (スラブ中央面) に $\frac{\partial \theta(x', t')}{\partial x'} \Big|_{x'=X} = 0$ (4)

無次元量: $\frac{\alpha' X}{r} = \alpha, \frac{t'}{T'} = t, \frac{r}{c\rho} = \frac{X^2}{T'}, T' = \frac{c\rho X^2}{r}$
 $\frac{x'}{X} = x, \frac{\theta(x', t')}{\theta_{gm}} = \theta, \frac{\theta_g(t')}{\theta_{gm}} = v(t)$
 θ_{gm} = 均熱帯のガス温度, T' = 無次元化のための係数 (時間の次元をもつ)

$$\frac{\partial \theta(x, t)}{\partial t} = \frac{\partial^2 \theta(x, t)}{\partial x^2} \dots (1)$$

$$t = 0 \text{ に } \theta(x, 0) = 0 \dots (2)$$

$$\frac{\partial \theta(x, t)}{\partial x} \Big|_{x=0} = -\alpha [v(t) - \theta(0, t)] \dots (3)$$

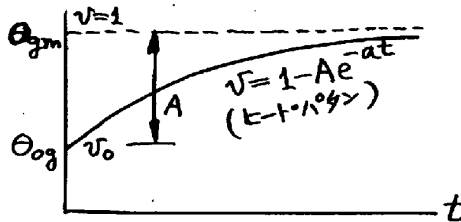
$$\frac{\partial \theta(x, t)}{\partial x} \Big|_{x=1} = 0 \dots (4)$$

任意のヒート・パターン (炉内ガス温度経過) $v(t)$
 1) 以上の上式を解くことは困難である

1) $[v(t) = 1 - Ae^{-at}]$ とおいて上式の解を求めた後に $v(t)$ を実際に適用しやうように修正する。
 (1), (2), (3), (4) と上式 $v(t)$ を用いて解を求めると次式を得る (ラプラス変換を用いる)。

$$t' = K_0 \frac{c\rho X^2}{r} \ln \left[\frac{A \theta_{gm} \alpha' X}{a \Delta \theta} \right] \dots (5)$$

$\Delta \theta = \theta(0, t) - \theta(1, t), \Delta \theta = \theta_{gm} \Delta \theta$
 K_0 = 無次元係数。

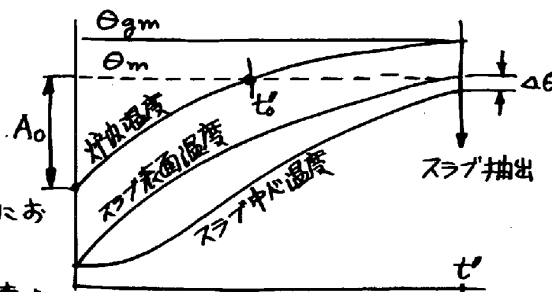


$$\text{1) } \frac{\theta_{gm} \cdot A}{\Delta \theta} \propto \frac{\theta_{gm} A_0}{\Delta \theta (t'_0/A_0)} = \frac{\theta_{gm} (A_0^2)}{\Delta \theta (t'_0)} \dots (6)$$

右の關係を用いると次式を得る

$$t' = K \frac{c\rho X^2}{r} \ln \left[\frac{\theta_{gm} (A_0^2) \alpha' X}{\Delta \theta (t'_0) r} \right] \dots (7)$$

$\Delta \theta$ = 抽出時のスラブ内外温度差
 A_0 = 鋼片の所期均熱温度と加熱炉入口部分における炉内ガス温度
 t'_0 = 炉内ガス温度が鋼片の所期均熱温度に達するまでの時間



α' = 加熱帯の平均熱伝達係数
 K = 無次元係数 (0.2 ~ 0.5)

3. 結言：無次元係数をもつ加熱炉在炉時間式を作成した K の値を右図に示す。

測温結果の例*	理論在炉時間による場合**	スラブ厚
$K = 0.5$	$K = 0.306$	150-160 mm
0.545	0.325	150-160
0.475	0.302	150-160
1.45 (1.86)	0.470 (0.825)	85
0.41	0.233	150-160

(*: 異なるスラブが混在しているとき), (**: 同一厚さのスラブのみの場合)

以上