

(188)

パウダーフイルム内の流動解析 (連铸々片の表面疵低減に関する研究—Ⅳ)

新日鐵・広畑 塗 嘉夫, ○工博大橋 徹郎

1. 緒言

連铸パウダーと铸片表面疵との関係についてはすでに多くの報告があるが、基本となる溶融パウダーの流動挙動については殆んど解析されていない。本報告はこの点を明らかにするべくパウダー流動ならびに潤滑現象をレオロジー的に取り扱い、パウダーフイルム特性の理論的推定を試みたものである。

2. パウダー流動の粘弾性解析

連铸パウダーは溶融状態では高分子構造を有し、これが铸片と铸型の間の微小スリットにおいて急激な温度勾配の存在のもとで半溶融状態を維持しながら流動するものと推定される。このような状態では粘性自体が外力(铸型振動)によって変化すると考えた方が妥当であり、いわゆるレオロジー的取扱いが必要となる。

流体挙動を変形と流動項に分けた場合、パウダーの全変形 ε は次式で示される。

$$d\varepsilon/dt = (1/\gamma) (d\sigma/dt) + \sigma/\mu_0 \quad (1)$$

ここで、 γ :弾性率、 μ_0 :真粘性、 σ :応力、 μ_0/γ を τ_0 と表示し、且つ応力 σ は铸型振動によって与えられるとして次式で表示する。

$$\sigma = \sigma_0 \sin(\omega t) \quad (2)$$

(2)式を複素数表示し、(1)式と組み合わせることにより次式が得られる。

$$d\varepsilon/dt = (1/\gamma) (1/\tau_0 + i\omega) \sigma_0 e^{i\omega t} \quad (3)$$

これを解くことにより、粘弾性体の動的粘性(見掛け粘性) μ' が得られる。

$$\mu' = \mu_0 / (1 + 4\pi^2 f^2 \tau_0^2) \quad (4)$$

ここで f は铸型振動数である。これがパウダー流動解析の基本となる。

3. パウダーフイルム内の粘性変化

フィルム内の温度勾配を直線と仮定し、铸片表面温度を T_s 、パウダーの溶融点を T_m 、フィルム厚を $2d$ とした場合、フィルム内の粘性変化は次式で近似出来る。 x は铸片表面から铸型内壁方向への距離である。

$$\mu = \mu^* \exp(Qx/2d) \quad (5)$$

ここで μ^* は $T = T_s$ での粘性、又 Q は粘性の温度変化定数で次式で表示される。

$$Q = [\Delta G/R] (T_s - T_m / T_m \cdot T_s) \quad (6)$$

ここで、 ΔG は粘性の活性化エネルギーである。

4. フィルム内流速分布

マクロ的な平均流速分布を取り扱う場合、基礎式は次式となる。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\mu^*}{1 + 4\pi^2 f^2 \tau_0^2} \exp\left(\frac{Qx}{2d}\right) \frac{\partial u}{\partial x} \right] = -\rho g \quad (7)$$

境界条件として $x = 0$ で $u = V$ 、 $x = 2d$ で $u = 0$ を設定し、流速分布を得る。

$$u = \frac{4\rho g (1 + 4\pi^2 f^2 \tau_0^2) d^2}{\mu^* Q^2} \left[\frac{Qx}{2d} e^{\frac{Qx}{2d}} + \frac{Qe^{-Q}}{1 - e^{-Q}} \left(e^{-\frac{Qx}{2d}} - 1 \right) \right] - \frac{e^{-Q} - e^{-\frac{Qx}{2d}}}{1 - e^{-Q}} V$$

図1,2に流速分布におよぼす粘性、振動数の影響を示す。なお、ミクロ的な流動解析については、非定常解が必要となり、 $x = 2d$ で $u = u_0 e^{-i\omega t}$ と置くことにより図3のように求められる。

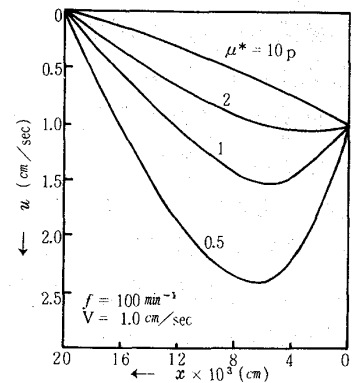


図1. 流速分布と粘性の関係

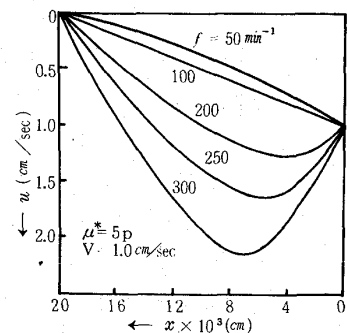


図2. 流速分布と振動数の関係

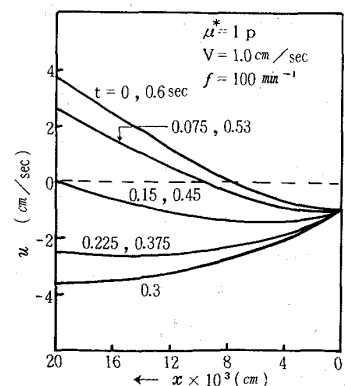


図3. 1振動周期内の流速変化