

(80) アルミキルド大型鋼塊の底部沈澱晶帯の生成機構

川崎製鉄 技術研究所 ○垣生泰弘 北岡英就 理博 江見俊彦

1. 序 アルミキルド23t鋼塊において、注入直後の鋳型内湯面を早期発熱高発熱量型押湯パウダー（以下パウダーA）で被覆加熱すると、沈澱晶帯の発達が抑制され、介在物集積も軽減される¹⁾。パウダーで加熱すると、湯面近傍は過熱されるが、側面の熱対流は影響されないことを示し、介在物集積の低減は湯面からの等軸晶のシャワリングが防がれたので底部粘稠層の生長が遅れたためであることを明らかにした²⁾。今回は沈澱晶帯形成におよぼすシャワリングと熱対流の寄与を定量的に求めた³⁾。

2. 粘稠層への等軸晶集積機構 底部粘稠層はシャワリングと熱対流で運ばれる等軸晶を受入れて成長すると考えると、 $\gamma F dh = (QF + \beta S v) dt$ に、 γ, β ; 粘稠層、熱対流層内の等軸晶占積率、 F, S ; 残溶鋼、熱対流層の横断面積、 Q ; シャワリングによる等軸晶の単位時間、単位面積当りの沈降量、 v ; 熱対流速、 dh/dt ; 粘稠層厚さの増加速度。 Q の計算結果を図1に示す。凝固初期におけるシャワリング量は、沈澱晶帯の発達が顕著な単純保温型押湯パウダー（以下パウダーB）の場合にはとくに多いが、沈澱晶帯の発達が抑制されるパウダーAの場合には少ないことが特徴的であり、沈澱晶帯の形成には凝固初期の湯面からのシャワリングの影響が大きい。粘稠層上縁部を観察すると、シャワリングで沈降する等軸晶は約0.5mm中の粒状晶からなる平均約2mm中のクラスターであり、密度を $\{(1-\epsilon)\rho_s + \epsilon\rho_l\}$ ($\epsilon = 0.1, \rho_s = 7.4, \rho_l = 7.0 \text{ g/cm}^3$)、溶鋼粘度を $0.05 \text{ g/cm} \cdot \text{sec}$ とすれば、沈降速度はAllenの式($Re \cong 100$)から約 200 cm/min が得られ、湯面から粘稠層まで約1minで沈降することになり、粘稠層の発達状況を矛盾なく説明できる。

3. 粘稠層への介在物集積機構 注入後鋳型内容鋼中の介在物が浮上し終らぬうちに、湯面からのシャワリングが始まり、沈降する等軸晶が介在物と捕捉して底部に引下げるモデルを考える。まず、静止した溶鋼中を2mm中の等軸晶クラスターが捕捉沈降し得る介在物径と運動方程式から求めると約 900μ が得られ、実際に認められる沈澱晶帯の大型介在物($\leq 300 \mu$)はシャワリングで引下げ得ることを確認した。今、介在物直径を D_i 、時間 t における溶鋼中介在物密度を $\sum f_t(D_i)$ (個/cm^3)、時間 dt の間に前出の量 Q の等軸晶により底部に引下げられる介在物個数を $\sum f_t^c(D_i) dt$ (個/cm^2)、等軸晶の体積ならびに等軸晶が湯面から底部に沈む間に排除する体積をそれぞれ V_s, V_l ($\text{cm}^3/\text{個}$)、等軸晶が D_i の介在物と捕捉する確率を $P(D_i)$ 、時刻 $0 \sim t$ の間の平均ストークス分離率ならびに集積介在物量を各々 $\bar{\zeta}_t(D_i), \sum f_t^c(D_i) \cdot t$ (個/cm^2)、湯面から粘稠層までの平均距離を $\bar{H}_t$ (cm)とすれば、

$$\sum f_t^c(D_i) dt = (Q/V_s) \cdot V_l \sum f_t(D_i) \cdot P(D_i) dt$$

$$\sum f_t(D_i) \cong \sum \{ f_{t=0}(D_i) (1 - \bar{\zeta}_t(D_i)) - f_t^c(D_i) t / \bar{H}_t \}$$

により集積介在物の分布と量が計算できる。 $P(D_i)$ は等軸晶の周りの溶鋼流をポテンシャル流れとし、図2に示す $(4a^2/R^2)$ から求めた。図3のように計算値は実測値とよく一致し、モデルの妥当性が確認された。

1) 大井他：鉄と鋼，58(1972)S358。2) 垣生他：鉄と鋼，60(1974)S70

3) 江見他：金属学会“流動する溶鋼の凝固”シンポジウム(1975.6.18)予稿，pp9-12。

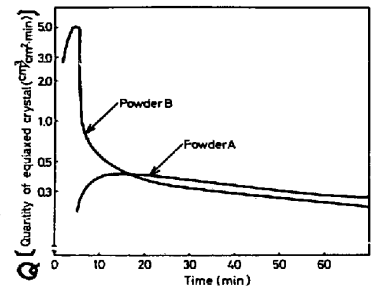


図1. 湯面から粘稠層への等軸晶のシャワリング量

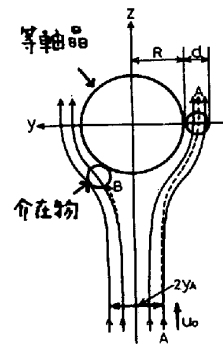


図2. 等軸晶による介在物の捕捉

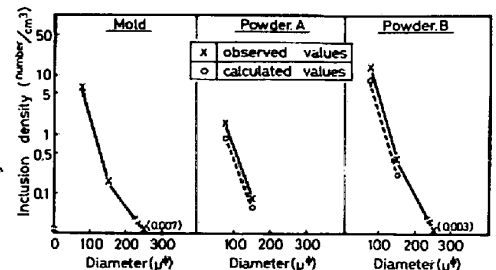


図3. 集積介在物の粒度分布