

(204) 溶融金属内への固体粒子の侵入挙動

名古屋大学大学院
名古屋大学工学部

○渡辺吉夫
浅井滋生

1. 緒言 近年、インジェクション冶金の普及に伴って、固体粒子を溶鋼中へ効果的に侵入させる種類の試みがなされている。その際、粒子輸送、反応効率の観点から、粒子径は小さいことが望ましいが一方、溶融金属は表面張力が大きいため、粒子径の減少とともに溶融金属内への粒子の侵入は著しく困難となる。ここでは、固体粒子と溶融金属との接触に関する基礎研究として、単一粒子の溶融金属への侵入挙動を写真撮影し、その観察結果に基づいて、粒子の溶融金属内への埋没条件式を誘導した。また浮力を考慮して、Emghら¹⁾が提出した式を修正した。これらの理論式を実験結果と比較検討した。

2. 実験および結果 粒子直径1~8mm中の粒子(アルミナ、鉄、ガラス)が溶融金属(水銀)表面に衝突してから埋没するまでの挙動を写真撮影した。撮影は自由落下する粒子をフォトセンサーで感知し、ストロボ発光までの時間を逐次遅延(10⁻³secの間隔)させ、接写レンズとベローズを組み合わせて、35mmフィルム面上で約2.5倍まで拡大して行なった。衝突挙動の一例(アルミナ2mm中)を写真1に示す。粒子の衝突挙動は、粒子径の減少に伴い、Emghら¹⁾が理論解析で想定したものと異なることが判明した。衝突とともに粒子の周囲には波が生じ(a)、粒子径の約3倍程度の凹みが形成される(b)。粒子の埋没は、粒子が再び凹みから飛び出すまでに、凹みの口が塞がれる(c)か否(d)かによって決まる。実験によって得られた各粒子の埋没限界を示す粒子の臨界初速度(V₀)と粒子半径(R)との関係を図1に示す。

3. 理論解析 粒子埋没条件は、粒子が衝突してから再びメタル表面まで浮上するまでの時間(t₁)と、凹みの口が波によって塞がれるまでの時間(t₂)とを用いれば、t₁ > t₂ で表わされ、埋没条件式として(1)式を得た。

$$V_0 \geq 3 \sin(\theta - \pi/2) \sigma / (4R\rho_p \sqrt{1 + \cos\theta} \sqrt{4\sigma g/\rho}) \dots (1)$$
 ここで、 θ : 接触角、 σ : 表面張力、 ρ_p : 粒子密度、 ρ : メタル密度である。先にEmghら¹⁾が提出した(2)式には、浮力が考慮されていないので、それを考慮して(3)式を誘導した。

$$V_0^2 \geq (8\sigma/R\rho) \{ (1 - \cos\theta)(\beta + 1) + (1 + \cos\theta) - 2\beta/\alpha \}, \quad \alpha = 3\rho/4\rho_p, \quad \beta = \exp(\alpha) - 1 \dots (2)$$

$$V_0^2 \geq (8\sigma/R\rho f) \{ (1 - \cos\theta)(\beta' + 1) + (1 + \cos\theta) - 2\beta'/\alpha' \} + (16Rg/3f) \{ (\beta' + 1) - \beta'/\alpha' - 3\beta'f/4\alpha' \}, \quad f: 0.6$$

(抗力補正係数), $\alpha' = \alpha \cdot f$, $\beta' = \exp(\alpha') - 1 \dots (3)$ (1), (2), (3)式によるV₀とRの関係と実験結果をアルミナ粒子を例にとりて図2に示す。粒子径の大きい領域では修正Emghの式((3)式)は実測値とよく一致するが、粒子径の減少に伴い、実測値は修正Emghの式から離れ、(1)式に漸近する。なお、実験から、粒子径が減少するとともに、ぬれ性と表面張力の効果が顕著となることがわかった。

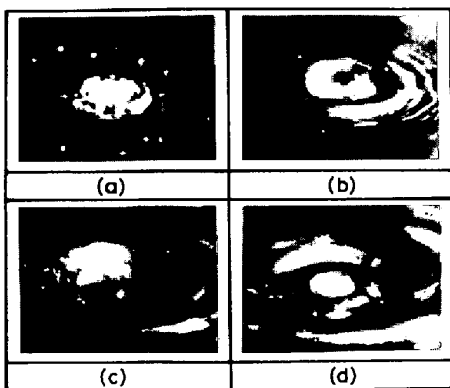
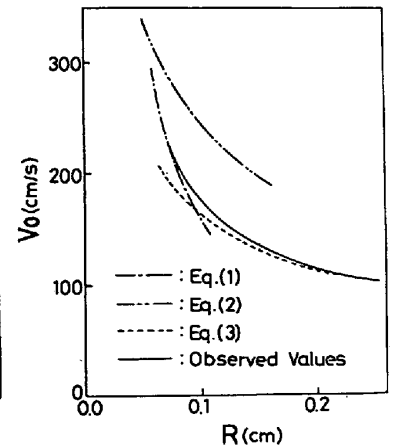
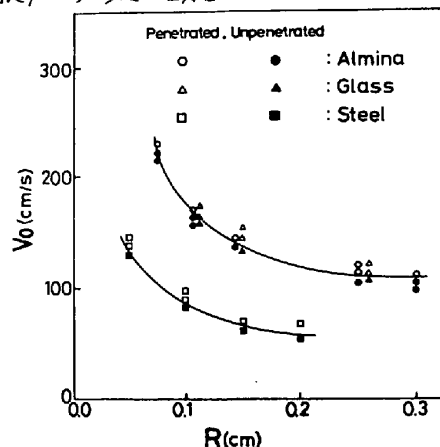


写真1 粒子の衝突挙動



文献 1) T.A. Emgh et al: Scand. J. Met, 1(1972)P103 図1 臨界初速度と粒子半径の関係 図2(1),(2),(3)式と実測値との比較