

(39) 粗粒流動層の気泡挙動の特異性—ペレット流動層内諸現象の検討 (還元剤内装ペレットの高温流動還元の研究—V)

日本鋼管(株)技術研究所○田島 治 大野陽太郎 松原健次 神原繁雄
東京大学工学部 工博 国井大蔵

1. 緒言 先に、本法の動機、100 Kg/day 装置の設計と実験結果、スケール・アップを検討するためのコールド・モデル装置とそれによって調べたガスの分散と線速度について報告した。^{1) 2) 3) 4)} (通常の)微粉流動層(気系)について、流動化の様子や伝熱、反応収率などを、層内を上昇する気泡の大きさ、頻度、上昇速度に結びつけて解明しようとするアプローチが従来から行なわれている。⁵⁾ 我々は、前述した 2次元コールド・モデルを用いて気泡の挙動を調べ、その結果から、本法のような粗粒流動層のいくつかの特徴について推論したので報告する。

2. 実験結果と考察 操作中の流動層を撮影した16mmシネ・フィルム(24コマ/sec)を1コマずつ追跡して、気泡の大きさ・形状・頻度・上昇速度について調べた。

(1) 気泡の大きさと形状: 気泡の形状は扁平な楕円で、短径と長径の比は0.45~0.95の範囲にあり、位置により変化している。気泡の大きさ(長径と短径の幾何平均)が、流動層の高さ方向に変化する様子を調べた結果を図1に示す。図1には、4つの流動層テーパの結果が併記されており、流動層断面を拡大することによって、気泡の成長が抑制されることが分る。

(2) 気泡の上昇速度: 実験結果を図2に示す。従来、流動層中の気泡の上昇速度について、液中気泡とのアナロジーにより、基本式として、 $u_b = 0.711(\rho d_b)^{1/2}$ が提唱されているが、⁵⁾ 図2の結果はこの式とかなり離れた小さい値を示している。これは、最小流動化速度 u_{mf} 、したがって操作ガス流速 u_o (空塔基準)の大きい粗粒流動層の特徴と考えられる。すなわち、微粉流動層では、 $u_{mf} = 5 \sim 50 \text{ mm/sec}$ のオーダーであり、気泡の上昇速度は $50 \sim 500 \text{ mm/sec}$ といわれているので、 $u_b \gg u_{mf}$ となり、気泡を貫通(leak)するガスを無視できる。一方、この実験では、 $u_{mf} = 3.6 \text{ m/sec}$ であり、逆に、 $u_b \ll u_{mf}$ であって、気泡の存在による上昇ガス量は、激しいleakにより支配されるので、液中気泡とのアナロジーが成立しない。

(3) 粗粒流動層の操作ガス流速についての考察: 2次元のポテンシャル流れについての理論から、2次元流動層中の気泡を貫通するガス流速は $2u_{mf}$ であることが導出される(同じく、3次元の場合、 $3u_{mf}$ となる)⁵⁾。これが粗粒流動層においても成立する、と仮定すると、次のことがいえる。

流動層を通過する全ガスについての収支から、 $u_o = (1-\delta)u_{mf} + \delta(u_b + 2u_{mf})$ 、これを気泡相比率 δ について解くと、 $\delta = (u_o - u_{mf}) / (u_b + u_{mf})$ 。ここで、 $u_b \ll u_{mf}$ を使うと、 $u_o / u_{mf} \rightarrow 2$ のとき、 $\delta \rightarrow 1$ となり、流動層は不安定となる。コールド・モデルの観察 ($\alpha = 0$, $u_o / u_{mf} = 1.7$ のとき、層高比 $L/L_0 \cong 3$) によって、この推論の裏付けが得られている。3次元流動層については、同様の推論から、 $u_o / u_{mf} \rightarrow 3$ のとき、 $\delta \rightarrow 1$ となる。熱間の還元実験で、 $u_o / u_{mf} > 2$ とすると、流動化が激しくなりすぎるので、 $u_o / u_{mf} = 1.2 \sim 1.8$ で操作したが、その妥当性を示すことができた。また、流動層にテーパをつけることは、流動化流速の可変範囲(融通性)を拡げる、という効果があることが分った。

1) 鉄と鋼 58 (11) S 327 (1972), 2) 3) 4) 鉄と鋼 59 (4) S 25, 26, 27 (1973)

5) 例えば, Davidson, Harrison; Fluidised Particles, Kunii, Levenspiel; Fluidization Engineering.

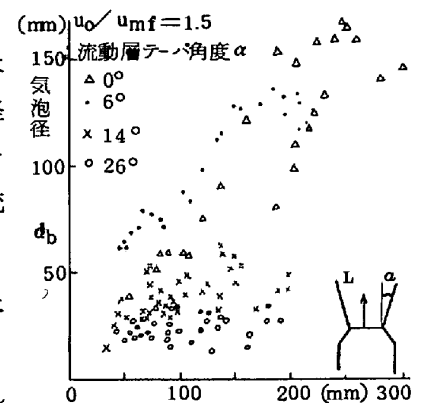


図1. 流動層の位置と気泡径

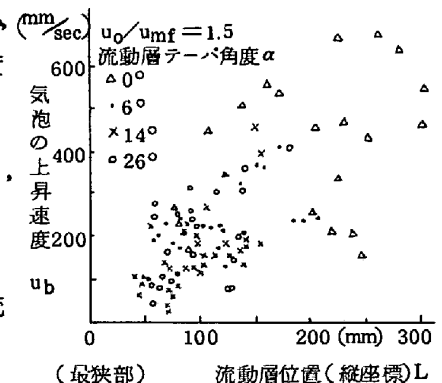


図2. 流動層の位置と気泡の上昇速度