などの進歩が著しくなり、また、振動機構の解析が進んできているので、積極的に、振動を利用しようとする動向がみられるようである。このように振動はみなおされつつあるが、個々の場合に、どのような振動パターンを選択するかは慎重を要すると思われる。

振動流動層の場合には、振幅を大きくしても、振動数を大きくしても、流動状態は改善されるが、材料強度上の問題も考慮すると低振幅、高振動数（高いといっても50 Hz 以下ぐらい）で操作するのがよいと思われる。

ま と め

流動層-加熱面間の伝熱係数および層内ガス脈動流に関する実験データをもとに振動流動層の特性を指摘した（このことに関しては、化工誌に投稿中である）。また、装置材料的な問題に若干の考察を加えた。

なお動力・経済性については全く触れなかったが、今後、これらに対しても、検討を加えてゆくつもりである。

[コメント I]

各種の流動化方法について*

松 野 隆 一**

特殊な型の流動層に関する講演を聞いて、本セミナーの意図している「流動層の利用範囲を拡げ新しい可能性を探る」点に関して着実な研究が進められていること、およびこれらの特殊な型の流動層に関する研究が、逆に普通の型の流動層の諸現象の解明のための鍵ともなりうることを感じた。以下、2. 真空流動層、3. 大粒径流動層、7. 動的流動層、8. スラッグ流動層に関して質問とコメントを記していく。

真空流動層について

a) 熱移動、物質移動操作以外の操作への有効な利用の道はないか。

b) 粒子への熱移動を考える際、低圧では壁からの伝熱しか考えられないが、ある程度の圧力では高温空気よりの伝熱を行なうことも可能かと思う。空気よりの伝

使用記号	
a	= 振動振幅 [mm]
D_p	= 平均粒径 [μ]
f	= 振動数 [Hz]
g	= 重力加速度 [cm/sec ²]
h	= 伝熱係数 [kcal/m ² ·hr·°C]
$\bar{P}$	= 圧力の平均値 [G/cm ²]
P_a	= 大気圧 [G/cm ²]
$P_{\max}$	= 圧力の最大値 [G/cm ²]
P^*	= 圧力振幅(= $P_{\max} - \bar{P}$) [G/cm ²]
u	= ガス流速 [cm/sec]
u_{mf}	= 流動化開始速度 [cm/sec]
W	= 試料仕込み重量 [kg]

引用文献

- 1), 2) Bukareva, M.F., V.A. Chlenov, N.V. Mikhailov: *International Chemical Engineering*, 9, 119 (1969), 10, 384 (1970)
- 3) 神保, 山崎, 金川: 化工協会第38年会講演要旨集 (1973)

熱が全く期待できなくなる真空度はどれくらいだろうか。

c) 実圧力損失と単位断面積当りの層重量の比 χ が1より小さいのは、層の circulation によるからではないか。

d) 低圧では、層底と層頂の圧力比が大である。G [cm³·Torr/cm²·sec] は一定であるから流速 u は層頂ほど大、すなわち u/u_{mf} の値が層頂ほど大である。静止状態の層に突然空気を流すと、流速一定の場合、層のどの粒子も同じ力を受け、層が一団となって上方へ移動するが、上方ほど流速が大である場合には上方がより大きな力を受け、上方より層が浮いた状態になる。このような場合、より均一な流動状態が得られるようになると思うがどうか。

大粒径流動層について

a) 流動層下部に移動層が直結され、ガス整流器の

* 昭和48年10月18日受理

** Ryuichi Matsuno (正会員) 京都大学農学部 食品工学科

役目も兼ねさせ、高温における整流器に関する諸問題を解決している点興味深い。

b) 近年盛んに行われている研究は気泡周囲に cloud がある場合、すなわち気泡上昇速度 u_b と粒子間隙のガス速度 u_{mf}/ε_{mf} の比 α が 1 以上であるが、この研究は u_{mf} が 3.6 m/sec と非常に大きく α が 0.03 程度で非常に小さい。このような場合のガス流れ、粒子の運動がどのようなになっているか興味深い。

c) bubble fraction δ を求めるにあたり、本研究では $(u_b + 2u_{mf})$ の速度で気泡相をガスが流れていると考えている。 $2u_{mf}$ は連続相と気泡相を貫通して流れるものであるから、このような考え方でよいのか。

d) 桐柴ら (化学工学, 31, 398, (1967)) は 2 相説の検討を行っているが、大粒子すなわち u_{mf} の大きい場合には 2 相説が成立しないことを述べている。本研究の場合も 2 相説が成立していないように思われ、ガス-粒子間の接触がより良くなっているのではないかと思う。

動的流動層について

a) 分散板直上の掃除作用、共振による層の particulate 化、気泡成長の抑制、分散板の圧損を減じることが出来るなど、気泡の状態あるいは流動状態を外部からコントロールできる点、非常に興味深い。

b) 気泡が横に均一に並んで上昇すると速度が小さくなり α が小となる。ゆえに cloud が大きくなる。また、気泡が横に並ぶと気泡からのガス流出量が大きくなる。いずれもガス-粒子の接触を良くする。

c) 振動によって気泡の大きさ、上昇速度に変動が生じれば気泡界面に乱れが生じ、ガス交換速度が大きくなるのではないか。

d) 集中定数型モデル、分布定数型モデルにおいて空隙率に対する微分方程式をたてられないか。

スラッキング流動層について

a) 従来スラッキングはさけるべきだとされていた。ところが近年 Davidson らが積極的にスラッグ流動層の研究を進めている。また本研究でもスラッグ流動層の研究が積極的に開始された。その動機はどのようなところにあるのか。

b) 層の圧力損失の変動が激しいものと思われるが、その平均値は W/A に等しいか。

c) 静止スラッグの出来ている場合には 2 相説が成立していないと思われるが、運動スラッグの場合はどうか。また、運動スラッグと連続相のガス交換速度は普通の気泡の場合に比してどうなるか。

d) Collins (Chem. Eng. Science, 20, 747 (1965)) は 2 次元流動層において層幅が気泡径に近づいた場合のガス流れについてとりあつかっている。これが運動スラッグの周囲のガス流れに結びつかないか。

e) Rice ら (AIChE Journal, 4, 423 (1958)) は運動方程式を解いて、安定性の研究をし、層内に空間があったとき上界面はつねに不安定であると述べている。これと、静止スラッグから運動スラッグへの移行に対する機構との関連はないだろうか。

最後に、本セミナーの企画された意図にそうように、創造性に富んだ新しい着想による研究を益々進展させて、新しい現象の発見とともに、従来の研究が一段と飛躍することを期待する。

[コメントII]

流動化特性とその改良法*

森 滋 勝**

気系流動層は、触媒反応や固体反応装置、乾燥、伝熱および物質移動などの各操作、さらに、多くの粉体処理装置として広く実用化されている。流動層に関する研究も、層内を均一相とみなして取り扱った時代から、2 相モデルの展開を経て、1960 年代には気泡に関する研究が

盛んに行なわれた。その結果、現在では気系流動層内でおこる大部分の諸現象は気泡に起因した現象として説明されるようになった。しかし、これらの気泡の挙動に関する研究や、気泡の挙動に基づいた諸現象の解析の大部分は、実験室規模の装置で測定された結果と単一気泡の挙動に関する知見に基づいてなされているため、大型装置の設計や操作に対しては十分精度の高い推算結果が得

* 昭和 48 年 10 月 22 日受理

** Shigekatsu Mori (正会員) 名古屋工業大学 材料開発研究施設