流動層ガス分散器の一設計法*

池田 米一**

流動層装置のガス分散器は、流動化状態や反応成績などに大きく影響することが知られているが、それを取りまく気泡や粒子の挙動が、きわめて複雑なことなどから、その設計法は十分には確立されていない。今回、これまでの考え方に代えて、流動層内の気泡の均一分散状態を単純化し、それに対応してガス分散器の構造を定めることを試み、噴出孔のピッチを与える簡単な関係式を得た。まだ有用性の確認には不十分な少数の実施例についてであるが、式からの計算結果が比較的良好一致したので、設計の手掛りになるものと思われる。

仮定および関係式の導出

まず簡単に流動層内の気泡は、同一大きさの球形とし、もっとも均一な分散状態として、それらの気泡が相接し、一定の充填形態に配列しながら上昇しているものと仮定する。また気泡はガス分散器の各噴出孔から、一度にこぞつ発生し、層内を真すぐに上昇するものとする。かくしてもっとも均一な分散状態下では、図示したように、気泡径 d_b は噴出孔ピッチ p に等しくなり、充填形態は噴出孔の配置に応じた最粗充填となる。それらの代表例を表示した。

さて関係式の導出には、上記仮定による $d_b=p$ および気泡ホールドアップ $\delta=\delta_c$ または δ_0 の関係のほか、従来からのつぎの諸式を用いた。

$$u_0 - u_{mf} = \delta u_b$$

$$u_b = 0.71(gd_b)^{1/2} \div \left(\frac{\pi}{6}gd_b\right)^{1/2}$$

ここに u_b , u_{mf} , u_0 はそれぞれ気泡上昇速度、流動化開始速度、ガス空塔速度、 g は重力加速度である。

上記2式から u_b を消去し、前述の仮定を用いれば容易に次式が得られる。

正方形配置の場合：

$$p_c = \left(\frac{6}{\pi}\right)^{1/2} \frac{(u_0 - u_{mf})^2}{g} = 6.97 \frac{(u_0 - u_{mf})^2}{g} \quad (1)$$

正三角形配置の場合：

$$p_0 = \frac{3}{4} p_c = 5.22 \frac{(u_0 - u_{mf})^2}{g} \quad (2)$$

かくして通常多く用いられている多孔板型のガス分散器の場合には、孔径 d は開孔比 a が与えられれば、次式から求めることができる。

$$\text{正方形配置の場合： } d_c = 2 \left(\frac{a}{\pi}\right)^{1/2} p_c$$

$$\text{正三角形配置の場合： } d_0 = 3^{1/4} \cdot 2 \left(\frac{a}{\pi}\right)^{1/2} p_0 = 0.987 d_c$$

しかしパイプグリッド型のガス分散器の場合には、管

ガス分散器噴出孔の配置と気泡の充填形態

噴出孔の配置	気泡の充填形態	気泡のホールドアップ
正方形配置 ($\alpha=\beta=90^\circ$)	立方充填	$\delta_c = \frac{\pi}{6} = 0.524$
正三角形配置 ($\alpha=60^\circ, \beta=120^\circ$)	斜方充填	$\delta_0 = \frac{\pi}{3\sqrt{3}} = 0.605$

気泡の充填形態

* 昭和49年6月5日受理

** Yoneichi Ikeda (正会員) 日東化学工業(株) 中央研究所

内にガスの温度分布が生ずるので、各噴出孔が均一質量流量となるように、上記値を補正する必要がある。

以上の各式から、ガス分散器の噴出孔ピッチは、ガス空塔速度のみで定まり、装置規模には直接関係しないことになるが、通常大型装置ほど噴出孔ピッチが大きな傾向にあるのは、大なるガス空塔速度が選ばれているためと思われる。

実 例 と の 比 較

触媒反応装置例（内径約 6m）

ガス分散器はパイプグリッド型、噴出孔はほぼ正三角形配置で平均ピッチは 21 cm、(2) 式において $p_0=21$ cm, $u_{mf}=0.4$ cm/sec とし、 u_0 を求めると、

$$u_0 = \left[\frac{(21)(980)}{5.22} \right]^{1/2} - 0.4 = 62 \text{ cm/sec}$$

実際に $u_0=55\sim 65$ cm/sec で操業されている。

硫化鉄焙焼炉例（内径約 5m）

多孔板型、各孔に水平 3 方向の噴出孔を有する直立ノズルがついている。ノズルは正方形配置でピッチは 23 cm、操業条件 $u_0=55$ cm, $u_{mf}=5$ cm/sec などから、

(1) 式によってピッチを求めると

$$p_0 = 6.97 \frac{(55-5)^2}{980} = 18 \text{ cm} < 23 \text{ cm}$$

となるが、各ノズルが 3 コの噴出孔を有するのではば妥当な関係と思われる。

触媒反応実験装置例（内径約 8cm）

パイプグリッド型、噴出孔はほぼ平方配置で平均ピッチは 2.7 cm、前々例と同じく u_0 を求めると、 $p_0=2.7$ cm, $u_{mf}=0.4$ cm/sec とし、(1) 式から $u_0=19$ cm/sec が得られる。実際に適した操作条件は $u_0=15\sim 20$ cm/sec であり、反応結果から推定される気泡径も約 3 cm であった。

考 察

ガス分散器の噴出孔ピッチが、もしも (1) または (2) 式の値より小さい場合には水平方向に、逆に大きい場合には上下方向に、それぞれ気泡が重なり合体することになる。また大きな気泡ホールドアップを得る上では、噴出孔配置は正方形よりも、正三角形の方が適しており、均一ピッチであることが望ましい。

参 考 文 献

- 1) 井伊谷ら：“粉体工学ハンドブック”（昭和 40 年）
- 2) Kunii & Levenspiel: “Fluidization Engineering” (1969)
- 3) 池田米一：化学工学, 34, 1013 (1970)
- 4) 池田米一：第 39 回化学機械談話会テキスト, 22 (1973)

(20 ページよりつづく)

検討する。

本委員会は原則として毎月 1 回開催することとし、49 年 3 月までに計 6 回の委員会が、毎回多数の委員が出席して開催された。委員会では活動方針に沿って、主としてエネルギー需給、省エネルギー各業界の問題点に関し、学問的技術的あるいは実際的に研究、調査を行なっている委員の方に順次報告をしていただき、質疑応答を含めて幅広い討論が行われている。特に 48 年秋の「石油危機」に直面し、各委員の真剣なる討議は、初期の目的を十分に達成する勉強会となったと考える。各委員会の主なる議題は下記のごとくである。

第 1 回 (48.9.17) 活動方針の決定と追加委員の選考
「エネルギー資源の将来とその諸問題」

(黒沢俊一委員)

第 2 回 (48.10.22) 「第 2 法則による熱勘定」(省エネルギーの考え方) (田中楠弥太委員), 「産業連関表による資源エネルギー問題への応用分析」(玉置寛委員紹介)

第 3 回 (48.11.26) 「電力需給の現状」(小川洋委員), 「アトランティックインスティテュートのエネルギー東京会議について」(田中楠弥太委員), 「ローマクラブ東京会議について」(玉置寛委員)

第 4 回 (49.1.21) 「原油の輸入および価格推移について」(井桁治郎委員), 「水素エネルギーについて」(国井大蔵委員)

第 5 回 (49.2.25) 「石油化学の原料およびエネルギー事情」(及川敏一委員)

第 6 回 (49.3.18) 「鉄鋼におけるエネルギー消費の現状、将来」(井口光雄委員)

本委員会の今後の方針としては、毎月 1 回の委員会を開催し勉強会も続けるが、3 月までの勉強会における各委員の報告を幹事が整理し、本委員会が第 1 次報告としてまとめることにし、現在実施中である。また、本委員会の最終報告提出を 50 年 3 月を目標として、委員会活動を進める方針である。