

充填流動層에 있어서의 粉粒體混合速度

南 宮 寒* 鄭 雨 昌**

The Rate of Solid Mixing in Packed Fluidized Bed

by

Shik Namkoong and Woo Chang Chung

Dept. of Chem. Eng., Hanyang Univ.

ABSTRACT

In this work, the rate of lateral solid mixing in packed fluidized bed, packing porcelain sphere, telleret. and spiral type wire, was measured by method ^(a) of internal wall with hole, proposed already by auther.

It was found that the rate of lateral solid mixing in packed bed, corrected by void fraction of packings was in fair agreement with it in the ordinary fluidized bed.

緒 論

一般的으로 氣固系 流動層에 있어서는 層內 流動化 粒子的 격렬한 運動에 의해서 層內에서의 溫度는 均一하며 層壁 및 層內에서의 傳熱係數가 固定層에 比해서 매우 큰 値를 나타낸다. 또한 層內에의 粒子的 供給 排出이 容易하며 同一條件에서의 壓力損失도 固定層에 比해서 적지 않다는 長點이 있기 때문에 固體觸媒反應裝置, 固體의 焙燒 gas化裝置, 乾燥裝置 등으로 해서의 流動層의 利用은 매우 廣範化되어 있다.

그런데 流動層內에 있어서는 流動化 流體의 大部分은 層內를 매우 큰 氣泡로 되어서 上昇함으로 粒子和 流體와의 接觸이 나쁘다. 이와 같은 缺點을 補正할 수 있는대로 막기 爲해서 層內에 金網, 球 및 pipe 등과 같은 充填物을 넣어 그 空隙에서 粒자를 流動化시키는 研究가 많이 進行되어왔다. 이와같은 流動層內의 充填物은 한 편으로는 層內에서의 氣泡의 成長을 억제해서 粒子和 流體間의 接觸을 良好하게 하는 同時에 또 한편으로는 層

內에서의 粒子 및 流體의 흐름을 規格化시키는 效果를 지니고도 있다.

例로서 Lewis⁽¹⁾ 등은 6 mesh의 金網 screen 을 層徑 2 inch의 塔에 12段으로 넣어 그 사이에 觸媒粒자를 流動化시켜 ethylene의 水添反應을 시켜 同一流速에 있어서의 反應率이 普通的 流動層의 反應率에 比해서 현저하게 좋다는 것을 報告했고 Massimila⁽²⁾ 등은 0.14inch의 金網 ring 사이에 觸媒粒자를 流動化시켜서 ammonia의 酸化反應을 시켜 同一條件에서의 反應率이 普通的 流動層에 比해서 현저히 좋고 거의 固定層의 것과 一致한다는 것을 밝혔다. 또한 著者 등은 가장 裝置 構造가 簡單하고 特히 插入物에 依한 反應器 容積의 占有率을 極小化시킬 수 있는 方法의 하나로 流動層內에 有孔隔壁을 垂直方向으로 插入하여 이 사이에 觸媒를 流動化시켜 ammonia 分解反應을 檢討한 結果 基礎實驗裝置에서 얻은 data와 基礎實驗裝置의 內徑과 同一한 相當徑을 갖게끔 有孔 隔壁에 依해서 四槽連成 裝置로 scale up했을 때 얻은 data가 거의 一致함을 確認했다. 以上の 實驗室의 規模의 것에 反해 中間實驗의 規模로 해서 Volk⁽⁴⁾ 등은 24 inch의 流動層內에 圓柱를 插入함에 따

*: 漢陽大學校 工科大學 化學工學科

라 層徑이 各各 8 inch, 4 inch의 層內의 普通 流動層 程度로 그의 流動化狀態를 改良하는 것이 됨을 實證했다.

充填流動層內의 流動化粒子가 어떠한 傾向으로 움직이는 가를 안다는 것은 그 現象 自體의 究明 때문 뿐만 아니라 層內의 流體의 動態를 把握하는데 도움이 되고 또한 層內에서의 傳熱現象의 說明 때문에 꼭 알아야 할 事項이다. 普通의 流動層內部에 있어서의 粒子混合의 研究는 適當한 tracer 粒子를 層內에 投入해서 그 舉動을 追求하는 것에 依해 많이 報告되어 있다. 그런데 流動層內의 流動化狀態가 매우 複雜하므로 얻어진 data를 어떻게 整理하는 가가 큰 問題點으로 되어있다. 이에 반해서 充填流動層內에서는 앞에 말한 바와 같이 比較的 均質인 層의 性質로부터 單純한 擴散 model에 의해서 層內 粒子混合狀態를 규명하려는 傾向이 많다.

充填流動層에 對한 粒子混合의 研究에는 Gaber⁽⁵⁾ 등의 半徑方向에 對한 研究가 있다. 이들은 球形充填物을 充填할 경우의 半徑方向의 粒子混合擴散係數를 random walk model을 써서 說明하고 있다. 또한 最近 姜⁽⁷⁾ 등은 金網 ring 充填層에 對한 軸方向의 粒子混合에 關한 研究를 報告했다. 이들의 研究에 依하면 軸方向의 粒子混合係數는 $\frac{U-U_{mf}}{U_{mf}}$ 에 近似的으로 比例한다고 報告하고 있다.

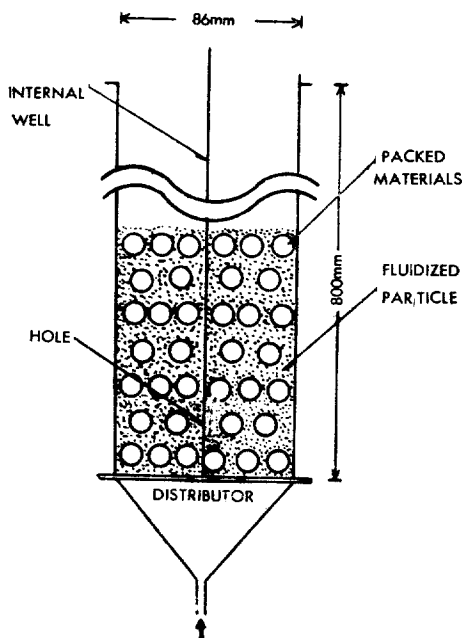


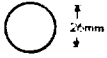

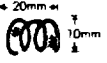
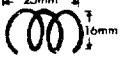
Fig. 1. Apparatus for solid mixing in the packed-fluidized bed

本 研究에서는 上記의 擴散 model에 반해 著者 등이 이미 報告한 有孔隔壁에 依한 方法으로 여러가지 充填物을 層內에 充填하였을 때의 橫方向의 粉粒體 混合速度를 測定해서 그 結果를 報告한다.

實驗裝置 및 實驗方法

實驗裝置는 Fig. 1과 같다. 使用한 粉粒體는 sand 粉粒體로서 60~140 mesh의 粒徑의 것을 使用했고 充填物로서는 磁製球 telleret 및 나선型 鐵線等を 流動層에 充填했다. Tracer 로서는 sand 粉粒體와 같은 粒徑의 食卓鹽을 使用했고鹽의 時間에 따르는 分配率을 2% K_2CrO_4 溶液을 指示藥으로해서 0.1N $AgNO_3$ 溶液으

Table 1. Type of packings

	Size	Void fraction
Porcelain sphere	 25mm	0.56
Telleret	 45mm 7mm	0.81
Spiral type wire 'I'	 20mm 10mm	0.93
Spiral type wire 'II'	 25mm 10mm	0.96

로 滴定했다. 이 以外의 實驗方法은 普通의 流動層에서 既報한 有孔隔壁에 依한 方法과 똑같은 方法으로 해서 實驗 data를 取했다. 本 研究에 使用된 充填物의 形態는 Table 1과 같다.

實驗結果 및 檢討

有孔隔壁에 依하여 2槽連成된 裝置에서의 物質收支式에서 유도된 式

$$W = \frac{M}{2a_0t} \ln \frac{1}{\xi - 1} \quad (1)^{(8)}$$

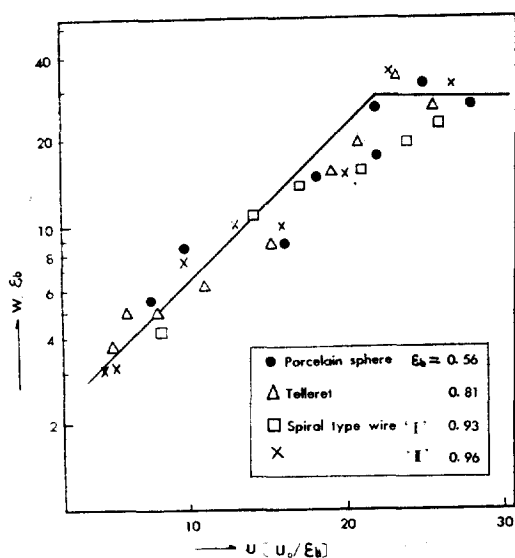
$$\langle \text{但 } \xi = z_1(\theta)/z_1(0) = 1 - z_2(\theta)/z_1(0) \rangle$$

을 利用해서 充填流動層內에서의 粉粒體混合速度 W 를 求했다. (1)式을 利用해서 여러 充填物을 充填했을 때 流速에 따르는 混合速度를 求한 結果가 Table 2이다.

充填流動層 內에서의 流速은 充填物間의 空間率을 ϵ_b 라 하면 이 空間率로 補正한 層內 gas 線速度(空筒基準速度 U_0 를 ϵ_b 로 나눈 값)에 해당된다. Fig. 2는 Table 2의 結果를 plot 한 것이다. Fig. 2에 依하면 各 流速에서의 混合速度는 本 實驗에서 使用한 充填物의 範圍內에서는 空間率 ϵ_b 로 補正하면 普通의 氣·固系 流動層에서는 測定된 實驗値와 거의 一致함을 보여 주고 있다.

Table 2. Experimental result

W/ε_b	$U=U_0/\varepsilon_b$	4	5	6	7	8	9	9	9	4	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Porcelain sphere						5.4	8.9										15				27			34			27
Telleret			3.8	5		5				6.2				9				16		20		35		28			
Spiral type wire(I)						4.3							11			14				16			20		23		
Spiral type wire(II)		3.1	3.1							7.8		10.4			10.4				15.6		31						34

Fig.2. W/ε_b vs U

結 論

充填流動層 內에서의 粉粒體 混合速度는 普通的 氣固系 流動層에 있어서의 値를 充填物間의 空間率로 補正한 値와 거의 같게 表示할 수 있다. 卽,

$$\frac{W}{\varepsilon_b} = 0.75 e^{0.16u} \quad (2)$$

但 $U = U_0/\varepsilon_b$

와 같이 表示할 수 있다.

記號 說明

- U : Linear gas velocity [cm sec^{-1}]
 U_{mf} : Minimum fluidized velocity [cm sec^{-1}]
 W : Rate of solids mixing [$\text{kg m}^{-2} \text{sec}^{-1}$]
 M : Mass of powder in unit stage [kg]
 $a\phi$: Opening area of hole of the internal wall [m^2]
 θ : Integral time [sec]
 z_j : Tracer fraction of j -th stage [—]
 ε_b : Void fraction of the packings [—]

引用 文献

- 1) Lewis, W.K., Gilliland, E.R., and Wevner G; *A.I. Ch. E. J.*, **5** 419 (1959)
- 2) Massimilla, L. and Johnstone D.; *Chem. Eng. Sci.*, **16** 105(1961)
- 3) 南宮寔, 鄭雨昌; 化學공학, **5** 31 (1967)
- 4) Volk, W., Johnson, C.A. and Stotler, H.H.; *Chem. Eng. Prog.*, **58** 44 (1962)
- 5) Gabor, J.D.; *A.I. Ch. E. J.*, **10** 345 (1964)
- 6) Gabor, J.D., Stangeland, B.E., and Mecham, W.J.; *A. I. Ch. E. J.*, **11** 130(1965)
- 7) Kang, W. and Osberg, G.L.; *Can. J. Chem. Eng.*, **44** 142 (1966)
- 8) 南宮寔, 鄭雨昌; 化學공학, **2** 87 (1964)