

層表面近傍に旋回流を付与した流動層の基本特性

Fundamental characteristics of fluidized bed with imparted particle swirl

永橋優純 (高知高専), ○ 西岡勇 (高知市), J.R. Grace (UBC), 浅古豊 (首都大学東京)

Yusumi Nagahashi (Kochi Nat'l Coll. Tech.), Isamu Nishioka (Kochi Municipal Office),
J.R. Grace (Univ. British Columbia), Yuataka Asako (Tokyo Metropol. Univ.)

Abstract Fluidized bed of multi-solids mixtures appears in mining process, polymerization or chemical reaction process. To understand the characteristics about separation for such multi-solids fluidized beds is important for the industrial applications. In this study the novel fluidized bed system is invented for separating small particles from bed material large particles by means of particle swirl motion. The experiment of particle separation is carried out in binary solids fluidized bed of polystyrene particles. The fundamental characteristics of this unique bed system is discussed by the visual analysis with high-speed-camera-photograph. It is shown that the stable particle swirl appears only around the bed surface in a quiescent fluidized bed. In that case, small particles is separated from core bed material (large particles) and collected centre of the bed surface. The condition of good separation by particle swirl motion is presented.

Keywords: Fluidized Bed, Binary Solids, Separation, Particle Swirl, Rotating Fluidized Beds

1. 緒 論

最近になり研究が始められた特殊流動層の一つに、旋回流層がある。高分子原材料の製造工程や薬剤（錠剤）製造工程への適用を目指したものである。流動層型熱分解炉におけるチャーの分離への応用も考えられる。旋回流層の形式としては、層本体を回転させ粒子に遠心力を与える方式[1]や、密閉した浅底円筒容器に付設の周方向ノズルからの空気ジェットで粒子に旋回運動を与える方式[2]などが報告されている。それぞれの装置が、複雑化し大規模化するデメリットを有している。

本研究では、一端を開放された標準的な円筒流動層の円周方向に複数のジェット流を付与し、そのジェット流により粒子に旋回運動を与える新規の旋回流層を製作してその基本特性を調べるとともに、2成分系粒子層での粒子分離を試みた。

2. 実験装置及び実験方法

Fig.1 に旋回流層の実験装置の概略図を示した。一般的な円筒型流動層の $L/D=1.0$ の位置の円周接線方向に空気噴出口（ジェット）を6箇所（ 60° 間隔）設け強制的に旋回流を与える構造とした。粒子には大きさの異なる2種類のポリスチレン粒子 PLST ($\rho=1010\text{kg/m}^3$, $d_s=6.0, 3.2\text{mm}$) を使用した。実験は $L/D=1.0$ の流動層に旋回流を与え、表面粒子の動きを高速度カメラ (FASTC AM-SA3, Photron) で撮影した後、流体解析ソフト (Dipp-Flow, DTECT) を用いて粒子運動の解析を行った。データ処理の際には、円筒より約3cm領域を対象として粒子の周平均旋回速度を検討した。実験条件としては、ジェット設置本数、ジェット噴出速度、流動化空気速度を変化させて行った。

3. 旋回流層の基本特性（単一粒子層）

単一粒子層においてジェット設置本数の変化で旋回流がどのように得られるか実験を行った。Fig.2 は例として小径

PLST 粒子層に円周方向ジェット3本で旋回流を試みた際の、粒子運動を表した平均ベクトル線図である。層の抵抗が大きいため十分な旋回流が得られていないことが分かる。このような状態はジェット設置本数が2本の場合、また大きな粒子で構成された層においても同様な結果を示した。安定な旋回流を得るには、ジェット設置本数は少なくとも6本は必要であった。

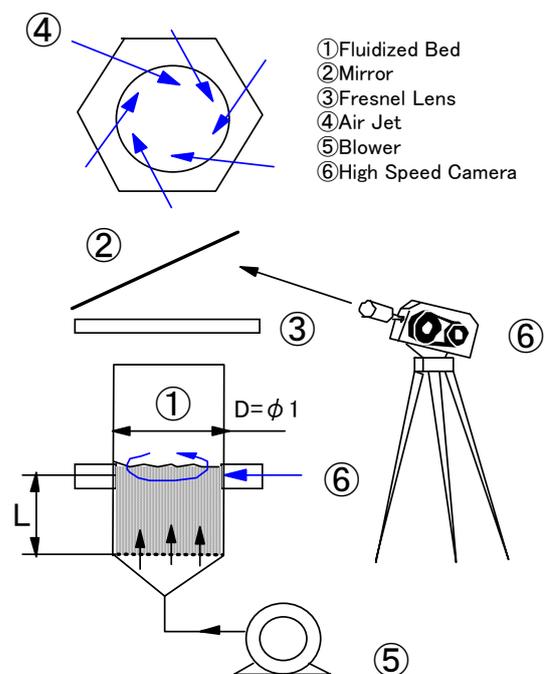


Fig.1 Experimental set-up (Fluidized bed with particle)

Fig.3 に噴流ジェットを6方向より与えた旋回流の、ベクトル線図を示した。外周部分が旋回速度が高く、中央部分が

旋回速度が小さな旋回流が示されている。Fig.4 にはジェット出口速度 U_{jet} に対する大, 小 2 種類の粒子の旋回速度 V_p の結果を示した。大小 2 種類 ($\phi 6$, $\phi 3.2$ mm) の PLST 粒子において V_p は U_{jet} に比例するがその影響度は小さい (V_p の値は U_{jet} の値の 1/100 程度) ことが分かる。

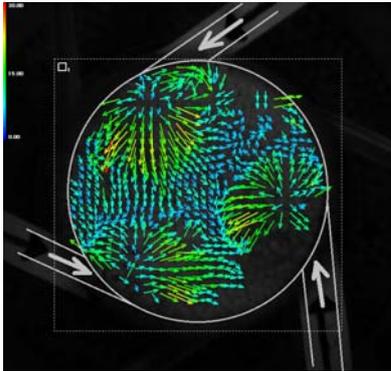


Fig.2 Vector diagram for typical particle-swirl

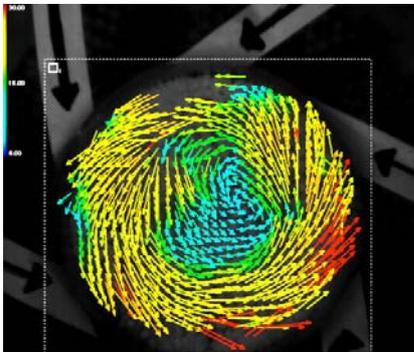


Fig.3 Vector diagram for typical particle-swirl

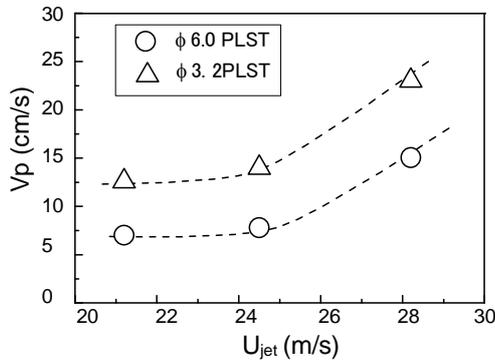


Fig. 4 Vector diagram for typical particle-swirl

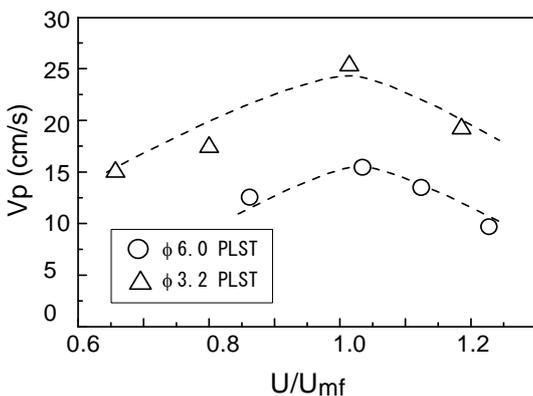


Fig.5 Vector diagram for typical particle-swirl

Fig.5 には, V_p へ及ぼす流動化速度 U の影響を示した。大小 2 種類の PLST 粒子とも上下方向の流れの変動の小さな、つまり気泡の影響の少ない $0.9 < U/U_{mf} < 1.1$ 辺りの速度域で最大の粒子旋回速度が得られている。

4. 2 成分系旋回流層での粒子分離

Fig.6 (粒子旋回速度のベクトル線図) と Table1 (分離度, 集積面積率) には, $\phi 6$ mm PLST 粒子を層流動化粒子, $\phi 3.2$ mm PLST 粒子を少量の添加粒子とした 2 成分系流動層での粒子分離結果を示した。

実験では, 同一密度で径の異なる上記 2 種類の PLST 粒子を均一に混合した後, 流動加速度を落とし先の結果の $1.1U_{mf}$ 程度におくと数分以内で粒径差により浮上性粒子 (flotsam) [3] となる小径粒子が層表面に現れ, それに旋回流を付加することにより小径粒子群が層中央部へ集積する結果となった。噴出ジェット速度の速いほうが粒子の分離度や集積の程度が強くなる結果となっている (Table 1)。

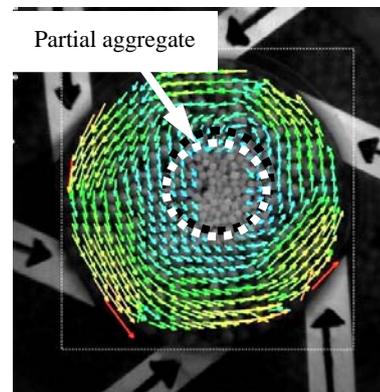


Fig.6 Vector diagram for typical particle-swirl

Table 1 Aggregate ratios for particle-swirl velocity

	U_{jet} (m/s)	
	28.2	24.5
Particle vel. (cm/s)	13.9	6.78
Aggregate area(mm) D_c/D_0	52.0/110	65.0/110
Aggregate ratio (%)	51.3	34.8

5. 結 言

層表面近傍に旋回流を付与した旋回流層を考案し実験的な検討を行った。結果として, 旋回流の影響や旋回流を得る最適条件といった基本特性を単一成分流動層で示すとともに, 2 成分系流動層においては旋回流を付与することによる粒子分離の可能性を示した。

謝 辞

本研究はその一部を H22 年度岩谷直治記念財団研究助成金ならびに科学研究補助金 (基盤 C: 24560248) の助成を得てなされたものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

[1] Y. Tanabe et al., Powder Technol., (2004) 171-176.
 [2] J.D. Wild et al., Fluidization XII, Ed. X. Bi et al., Eng.Conf.Intl., New York (2007) 577-584.
 [3] P.N. Rowe et al., Trans. IChemE, 50, (1972) 310-323.