ローラミルの一次および二次分級特性

Characteristics of Primary and Secondary Classifications of a Roller Milling System

廻 信 康*、正 路 一 紀*、佐 藤 一 教*、田 岡 善 憲**
Nobuyasu MEGURI, Kazunori SHOJI, Kazunori SATO, Yoshinori TAOKA

Key Words : Roller Mill, Classification, Air Classifier, Centrifugal Force, Air Elutriation

1. 緒 言

ローラミルは、粉碎、分級および乾燥の操作を同時に行うもので、石炭焚きボイラにおける微粉炭機などの大容量粉碎装置として工業的に広く使用されている。石炭焚きボイラにおける微粉炭機としてのローラミルは、200 メッシュパス(75 μm 通過の割合)70%程度の粒度で運用されてきたが、石炭焚きボイラにおける低 NO_x 高効率燃焼および難燃性石炭の利用などの要求に対して、微粉炭粒度の向上の要求が強まってきている。また、セメント製造における原料ミルでは、チューブミルに比べて動力が小さいなどの理由によりローラミルへの転換¹⁾が行われている。従来、サイクロン型分級器²⁾がローラミルに内蔵されてきたが、粒度向上に際してサイクロン型分級器より分級点が小さい回転羽根の遠心力を利用した回転式分級機³⁾が採用され始めている。

筆者らは、先にサイクロン型分級器を内蔵したローラミルの静特性を記述できるシミュレーションモデル^{4,5)}を開発した。その結果、ミルの粉碎部を通過する粒子は、製品として系外へ取り出される粒子量の5倍前後⁶⁾であることを明らかにした。しかしながら、回転式分級機内蔵のローラミルでは、粉碎部を通過する粒子量は、製品量の10倍を越え、ミル内の粒子濃度が

高くなることが予想される。

したがって、ミル内の高い粒子濃度条件における分級性能について調べた。まず重力分級により粗粒子を分離するミル内の一次分級については、風篩装置を用いて分級性能に与える粒子濃度の影響を基礎的に調べた。また、回転式分級機の性能(二次分級性能)については、要素実験装置を用いてその基本特性を調べ、さらにパイロットミルにおける高い粒子濃度条件での分級性能を測定した結果について報告する。

2. ミル内の石炭、空気の流れ

ローラミルは、底部に粉碎部を備え、上部には分級機が内蔵されている。石炭は、ミル中央の給炭管から粉碎部へ導かれた後に粉碎される。粉碎された石炭は、ミル下部より供給された空気によって吹き上げられ、そのうちの一部は、重力により気流から分離され、再び粉碎部へ戻される(一次分級)。分級機まで運ばれた石炭のうち粗い粒子は、遠心力により分離され、粉碎部へ戻される(二次分級)。

石炭種が一定の条件では、微粉炭粒度は粉砕量および分級性能等により影響されるが、一般に、分級機性能(二次分級性能)を調節することにより微粉炭粒度の調整を行っている。

3. 実験方法

3.1 一次分級

図1に風篩実験装置を示す。実験装置は、供給ホッパ、風篩部($\phi 80 \times 1,800$)、サイクロンおよびバグフィルタなどより構成されている。粒子は、供給ホッパからスクリーフィーダへ送られ、スクリーフィーダ

平成元年3月6日受付
第26回粉体に関する討論会(1988年10月、金沢)および
粉体工学会昭和63年度春期研究発表会(1988年5月、大阪)にて一部発表

* バブコック日立(株)呉研究所 (〒737 呉市宝町 3-36)

TEL 0823-21-1161 内線 505

** バブコック日立(株)呉工場 (〒737 呉市宝町 6-9)

TEL 0823-21-1161 内線 337

図1 風節実験装置

で供給量を制御された後、風節部へ供給される。一方、空気は風節部ホッパの上部にある空気の供給口より系内へ導入される。

風節部において、粒子は粗粒子と細粒子とに分級され、粗粒子は風節部を落下し、風節部ホッパに貯蔵される。細粒子は空気とともに風節部を上昇し、サイクロンおよびバグフィルタで全量が捕集される。

実験は、空気流量設定後にスクリュウフィーダを起動して粒子を一定時間供給する。実験終了後は、捕集した細粒子および粗粒子の重量測定と粒度分析を行った。

3.2 二次分級

図2に分級機実験装置を示す。実験装置は、ホッパ、回転式分級機本体、サイクロンおよびバグフィルタなどより構成されている。バルブAにおいて供給量を制

図2 分級機実験装置

御されたホッパ内の粒子は、インゼクションフィーダにより吸引され、インゼクションフィーダへ導入された空気とともに分級機入口へ運ばれる。分級機において、気流に乗りやすい微粒子は回転羽根の間を空気とともに通過する。一方、粗粒子は回転羽根の遠心力によって分級機外周へ運ばれ、分級機下部へ落下する。分級された微粒子および粗粒子は、それぞれの輸送管を経て合流する。合流した粒子はサイクロンおよびバグフィルタにおいてその全量が捕集され、再びホッパ内に戻される。このように本装置は粒子循環式になっており、操作が容易かつ少人数で稼働できる。なお③は粒子の補給管である。

実験は、条件設定後にサンプリングライン①および②より、微粒子および粗粒子をそれぞれ全量、同時に一定時間採取する。採取した粒子はその重量を測定した後に粒度分析を行った。

4. 実験結果

4.1 一次分級

(1) 観察結果

風節部の輸送管内の現象は、一般に鉛直管内の流動様式⁶⁾として報告されているものとほぼ同じである。

図3に輸送管内の粒子の流動様式を示す。本研究で検討した流速範囲(1~2 m/s)においては、輸送される粒子量 F と輸送用空気量 A の比である輸送粒子濃度 F/A が1以下では、粒子が一部凝集するものの、輸送管断面はほぼいっばいにわたって分散される。 F/A が増加するにつれて凝集する粒子の割合が増え、 F/A が5を越えると粒子の分散は悪くなり、凝集した粒子群が管壁に沿って加速、減速を繰り返しながら上昇するようになる。

(2) 分級性能

図4は、空気流速 $v = 1.0 \text{ m/s}$ の条件で輸送粒子濃度 F/A を変化させた実験結果の一例をRosin-Rammler線図にプロットしたものである。図4より部分分離効率 α'_i と粒子径 x はほぼ直線関係にあり、 α'_i は式(1)で近似できることがわかる。

$$\alpha'_i = a(1 - \exp(-bx))^n \quad (1)$$

図3 輸送管内の粒子の流動様式

図4 部分分離効率に与える輸送粒子濃度の影響(一次分級)

図4の直線の傾きより指数 n を求めた結果も図4に同時に示したが、 n は F/A が增大すると小さくなる。すなわち、 F/A の増大につれて細粒子の分離効率が増加し、粗粒子の分離効率は低下するので、分級性能は鈍くなる。ここで筆者らは指数 n を分級性能指数と呼ぶことにした。

輸送粒子濃度 F/A がほぼ3の条件において、空気流速 v による部分分離効率 c_i' の変化を調べた結果を図5に示す。図5は $v = 1.0, 1.5, 2.0$ m/s の分離効率を示しており、当然ではあるが、流速 v を大きくすると分離粒子径 x_{50} は増大する。また分級性能指数 n は流速 v が大きくなると増大し、分級は鋭くなる。

図4に示したように分級性能指数 n は、輸送粒子濃度 F/A が増大すると小さくなり、分級性能が鈍くなることが明らかとなった。そこで、分級性能指数 n と輸送粒子濃度 F/A の関係を調べた結果を図6に示す。図6より n は F/A が5までは緩やかに減少し、5を越えると急激に小さくなる。この結果は、図3に示した輸送管内の流動様式と対応しているものと考えられる。

4.2 二次分級

サイクロン型分級器では、ベーン出口流速を上げすぎると粗粒の部分分離効率が低下する⁹⁾ので、微粉炭の粒度がかえって粗くなることが明らかとなった。さらに、分級点は分級器入口粒子濃度 F/A により影響される⁹⁾。そこで従来より一段と細かい粒度を必要とする場合には、前述したように回転式分級機が採用されている。

図7は、回転式分級機の性能を調べたときの要素実験結果の一例である。回転数 N を上げることで分離粒子径 x_{50} が小さくなり、分級性能を調節できることを示している。なお本実験範囲では、回転数を上げて性能の低下は見られず、また、分級機入口粒子濃度

図5 部分分離効率に与える空気流速の影響(一次分級)

図6 分級性能指数と輸送粒子濃度の関係

図7 回転式分級機の性能(要素実験装置)

F/A が $0.1 \sim 1.2$ の範囲では F/A の影響は、ほとんど見られなかった。

図8に回転式分級機を備えたパイロットミルにおける性能の一例を示す。分級性能指数 n は回転数 N により異なっている。部分分離効率 c_i は分級機の周速 v_0' と分級機通過空気流速 v' の関数として次式で整理できる。

$$c_i = a_3 [1 - \exp\{- (k_3 x v_0' / \sqrt{v'})^n\}] \quad (2)$$

図8 回転式分級機の性能(パイロットミル)

ここで k_3 は分級機の大きさ、粒子の密度等によって決定される定数である。また、 ω と n は、分級機の回転数 N および分級機の入口粒子濃度 F/A によって変化する。分級機の回転数を上げてミル出口の粒度を細かくする場合には、ミル内を循環する石炭粒子量が増大する結果、分級機入口の粒子濃度 F/A が10を越えることもある。この場合には、分級機性能が極端に低下す

る。これは、分級機で分離され粉碎部へ戻る粒子と、粉碎部から分級機入口へ運ばれた粒子とが相互に干渉し、分級機入口付近における粒子の流れが整流されなくなる⁷⁾ことに関連しているものと考えられる。

5. 結 言

ローラミル内の一次および二次分級特性について、要素実験装置などを用いて以下のことを明らかにした。

- (1) 一次分級(重力分級)は、 F/A が増加するにつれて鈍くなり、特に F/A が5を越えると顕著になる。
- (2) 一次分級部の空気流速 v を大きくすると x_{50} は増大するものの、分級は鋭くなる。
- (3) 回転式分級機の性能(二次分級性能)は、 N によって変化する。また、 F/A が2以下の範囲では、 F/A の影響は小さいが、10を越えると、分級機入口付近の粒子の流れが乱れ、性能は大きく低下する。

引 用 文 献

- 1) 例えば粉体工学会編：粉体工学便覧，p.834，日刊工業新聞社(1986)
- 2) 例えば長井 次男，石井 敬二，幸田 文夫：日立評論，64，(No.10)，18(1982)
- 3) 例えば日本粉体工業協会編：分級装置便覧，p.276，産業技術センター(1978)
- 4) 廻 信康，正路 一紀，長谷川 忠：第25回粉体に

- 関する討論会要旨集 p.174，札幌(1987)
- 5) 廻 信康，正路 一紀，長谷川 忠：粉体工学会誌，25，430(1988)
 - 6) 例えば 辻 裕：空気輸送の基礎，p.60，養賢堂(1984)
 - 7) 例えば日本国特許：特公昭62-11902

英 文 誌 購 読 申 込 書

所 属			
所 在 地 (連絡先)			
氏 名		会員資格	
送金方法	☐ 現金書留 ☐ 銀行振込	送 金 額	円

以下はVSPよりの送付に使いますので、ローマ字でタイプ打ちして下さい。

Name : _____ ☐ Vol. 1, ☐ Vol. 2

Affiliation : _____

Address : _____

Phone : _____ Fax : _____