強制渦型遠心式微粉体分級装置の開発と応用

山田 幸良**
Yukiyoshi YAMADA

1. まえがき

筆者が分級装置の開発を手掛けたのは、入社して2年目(1975年)で、すでに20年間この分野に携わっている。分級性能の良い装置を如何にして開発するかが目的で、大部分は現場的な開発であったが、幸いにも比較的基礎的な検討をする機会もあり、この度学位論文として仕上げる事が出来たことに喜びを感じている。

学位論文の作成に当たって最も苦労したのは、全体の構成でした。時間的な制約も原因の一つではあるが、企業研究では結果がまず求められ、その経過あるいは結果の解析や考え方の確認など後回しにされることがある。解明されないで残される技術も多いとは思いますが、経験的な技術として処理されてしまい突込みが不足しがちである。筆者自身も論文の作成過程でこのような突込み不足を何度も味わった。企業では、その時々ニーズに合わせた研究開発目標を設定し、それを達成することに全力を上げるため、なかなか技術全体を見渡した継続あるいは一貫性のある研究がやりにくいこともある。また、筆者のテーマは実用機を中心とした開発的な研究であったので、費用を含めて何度も繰り返すことが難しい。特に、テーマが終了してからの再試験はほとんど絶望的となる。このような背景から用意周到な計画と実行、そして思索が重要で、筆者自身は十分出来なかったが、これからの研究者は

非ここを考慮にいれて研究活動にいそしんでほしい。

企業活動の最大の目的は利益を挙げることにあるが、それを生むものあるいは支えるものは技術であると信じている。技術は世の中に出して評価されて初めて生を与えられる。その意味で論文は重要な役目を担っている。良い論文は技術を高め、良い技術は高い論文の価値を含んでいる。なお、今後の技術の発展を思うと、企業研究者は考え方、原理的なものにもっと目を向ける必要があるし、大学や研究機関の研究者は応用にもより目を向ける必要があるように感じている。

2. 研究内容

強制渦型遠心式の流体分級装置(主として空気)の微粉領域における分級精度向上にかかわるもので、精度に影響を及ぼす要因を解析、実験両面から確認し、高精度化への指針を提案している。図1に対象とした分級装置の構造断面図を示す。装置中央に供給された原料粉末は内蔵の分散機構を通過した後、分級室で分級され、粗粉は外側に微粉は内側へと運ばれる。分級点は分級ロータの回転数あるいは通過流速によって調整される。以下に主として検討した分級機構の解明、供給粉体の分散および再回収について紹介する。

図1 研究の対象とした強制渦型遠心式分級装置

1995年 3月 28日受付

* 日清製粉(株)生産技術研究所
(〒356 埼玉県入間郡大井町鶴ヶ岡 5-3-1)
TEL. 0492-64-6211

〈著者紹介〉

昭和48年東京工業大学工学部機械工学科、修士課程を終了し、日清製粉(株)技術部に入社。その後生産技術研究所に所属し、現在に到る。

専門: 大学においては高速回転体の振動の研究、日清製粉(株)においては粉体の貯槽排出、空気分級、粉碎、超微粒子など粉体に関する研究を行っている。

2. 1 分級機構

内部流れをポテンシャル流と仮定し、粒子の運動方程式から粒子軌跡を求め、分級機構の理論解析を行った。解析と実験結果は良く一致したため、この手法を用いて分級精度に影響を及ぼす因子を抽出し、分級羽根間隔と羽根角度の因子が大きいことを明らかにした。特に羽根間隔は、製品が粗粉であるか微粉であるかによって大きく異なり、微粉製品では羽根間隔が狭いほうが、粗粉製品では広い方が良い分級精度を示すことが分かった。この結果は、粒子軌跡から想定できる。例えば、図2に示すように羽根間隔が狭い分級ロータを用いると、分級径近傍の粒径をもつ粒子は、複雑で長い軌跡を持ち、分級室に長いあいだ留まり、本来は微粉側に回収されるべき粒子であっても、粗粉側に紛れ込む確率が高くなり、微粉側には分級径近傍の粒子が含まれにくく、微粉の粒度は細くなる。図3は、羽根間隔を変えた場合の微粉側製品の収率を示し、間隔が狭い方が収率が高くなる。

2. 2 分散

分級場において分級される粒子が凝集していると、粗粉とみなされ分級精度が低下する。特にサブミクロ

図3 羽根間隔と微粉収率の関係
(微粉粒度を一定とした場合)

ン粒子を多く含む微粉は凝集性や付着性が大きく、分級精度の低下が著しい。そこで、気流分散器を開発し、その分散特性を解明するとともに分級装置の予備分散器として使用した場合の分級特性を調べた。この方式は、狭いノズル部へリング状に高速気流を流し、そこに投入された凝集粒子を剪断力、壁面衝突および粒子相互衝突の作用で物理的に分散させる方法である。分散器内部の粉体濃度とノズル部の見掛け風速が分散度に影響を及ぼすことが分かり、実用の完全分散を達成する条件を図4の限界線図として示した。ま

図2 羽根間隔が6°と狭い場合の粒子軌跡計算例
P: 粒子投入位置, T_f : 微粉側捕集, T_c : 粗粉側捕集
DC, GF: 分級羽根, Ψ : 慣性パラメータ

図4 アルミナ(質量中位径 $1.0\mu\text{m}$)の分散器による分散限界図(分散度 $\beta=95, 90, 85, 80\%$)

た、この分散器を設置すると、分級精度が改善されることがわかった。

2.3 再回収

分級後の粗粉中には、大粒子に付着した微粒子あるいは凝集微粒子が混入することは避けられない。この微粒子を本来の微粉として回収し、分級精度を向上させるためのメカニズムを開発した(図5)。すなわち、装置内部に設置された戻し機構を利用して、粗粉排出口からすべての粗粉を排出させず一部を再び分級場に導き、繰返し分級を行うことで微粒子を本来の微粉側へ回収させる機構である。この機構は付着凝集性の大きい微粉ほど顕著な性能改善を示し、図6に示すように質量中位径 $0.6\mu\text{m}$ の微粉アルミナでは、分級精度指数 κ 、分割率 α とも向上する。

3. 今後の展開

流体分級装置への要求は近年益々広範で厳しくなっている。その代表的なものはサブミクロンを含む微粉領域での分級で、ラボスケールの小型機の段階から進んで工業レベルの処理速度で確実に分級できることが望まれているが、これを達成するための課題は分散を始めとして多く残っている。一方、狭い粒度分布を持った粉末の製造装置としての要求も強く、 $10\mu\text{m}$

図5 分級装置の再回収メカニズム

図6 再回収メカニズムの有無による部分分級効率の比較(質量中位径 $0.6\mu\text{m}$ のアルミナ微粉)

以下で分級精度の極めて高い装置も求められている。これらの要求を達成するために、従来に無い新しい原理の分級機構の開発や微粒子の分散を画期的に行うことができる手法あるいは装置の発明および開発が必須であり、今後ここを中心として多くの努力が成されると考えられる。もちろん、既存の装置を改善して課題を解決しようとする努力も積極的にされており、ここからのブレークスルーも期待したい。

4. おわりに

学位論文を紹介したが、これらの成果が自分一人のものとは思っていない。親身のご指導をいただいた京都大学増田教授をはじめ研究を支えてくれた会社の方々の協力があってこそと感謝する次第です。筆者らが行った研究が少しでも分級技術の発展に貢献できれば幸いです。(学位取得は1994年11月 京都大学)