

分級操作の実際

2-4. 旋回気流式分級機 —エアロファインクラシファイア—

吉田 結城*

1. はじめに

昨今、電子部品の高機能化と小型化に伴い、材料粉体である粒子の微小化が進んでいる。そして均一な大きさの微小粒子を得るための分級の要求が高まっている。特に2000年以降、分級径の微小化（ナノ～サブミクロン領域）の要求が増え、さらには今まで以上に高い分級精度が望まれている。このようなニーズに応えられる装置として、当社では新型の旋回気流式分級機「エアロファインクラシファイア」を開発したので、本稿において紹介する。

2. 開発経緯

数 μm から数 μm の分級では、ローターを高速で回転させて粒子に遠心力を与える遠心分級機が広く用いられており、当社でも、ロータータイプの分級機ターボクラシファイ

アを販売している。このような分級機でサブミクロン領域に対応するためには、ローターをさらに高速で回転させる必要がある。しかしローターの周速はすでに100 m/sと高速で運用されており、さらなる高速化は軸受部品の寿命低下、振動、発熱のリスクが大幅に増大するため難しい。そこで当社では、サブミクロン領域に対応できる分級機として、サイクロンのようなローターレスの旋回気流式の遠心分級機に着目した。旋回流すなわち渦は比較的容易に高速にすることができ、風速200～300 m/sまでは大きくすることができる。したがって旋回流を用いた分級機は、微粉化にとっても適した特徴を持っている。一方、分級機内の旋回流は成り行きで形成されるため、分級径の精密制御は困難であること、また旋回流は外乱に弱いため粉体の影響を受けやすく、特に装置内への粉体の

付着が分級性能の大幅な悪化を引き起こすなどの課題があった。そこで「旋回流の強化と安定、制御」「付着させない構造」に重点を置き、新しい分級機の開発に取り組んだ。

3. 構造およびメカニズム

図1に開発したエアロファインクラシファイアの装置写真、図2に概略図を示す。本装置はプロアの吸引によって大気中から（メイン）空気を取り込み、装置外周部の傾斜させた複数の羽根の間に空気を通すことで、装置内部に旋回流を発生させている。また羽根の上下に2次空気（圧縮空気）を噴射して遠心分級に必要な旋回流の高速化と安定化を図った。なお上部の2次空気には「粒子の分散」を、下部の2次空気には「再分級」の働きも持たせている。また分級場の形状も、流体シミュレーションを活用しながら、空気流れが粉体の影響を受けにくく常にきれいな旋回流を形成する構造かつ粉体の付着の少ない構造としている。

4. 分級事例

本装置では、分級径の調節方法が2通りある。1つは、渦を発生させるために設けた複数の羽根の角度を

*Yuki YOSHIDA ;
日清エンジニアリング株式会社
粉体事業部 機器販売センター
〒356-0045
埼玉県ふじみ野市鶴ヶ岡 5-3-77
TEL : 049-264-3148
FAX : 049-264-9367
E-mail : yoshida.yuki@nisshin.com

図1 エアロファインクラシファイアの写真

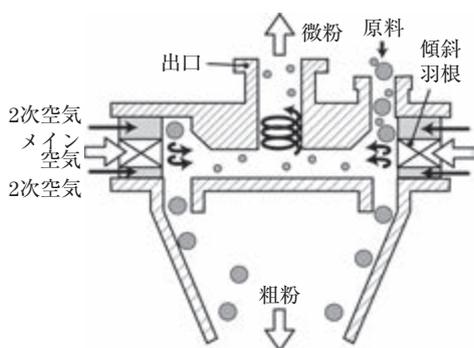


図2 エアロファインクラシファイアの概略図

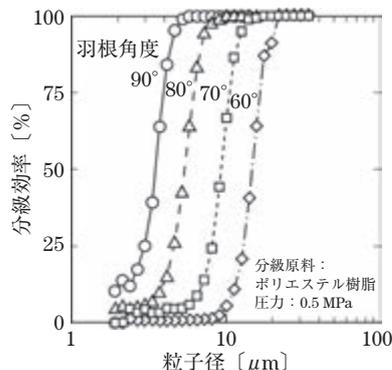


図3 羽根角度による分級径の調節

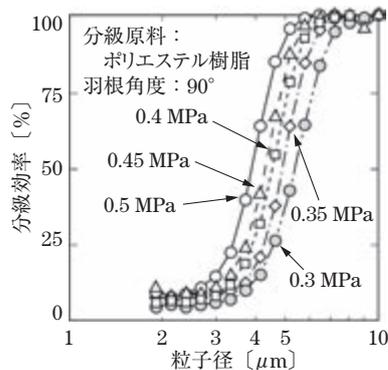


図4 圧縮空気圧力による分級径の調節

変化させること、もう1つは羽根の上下から噴射している圧縮空気の圧力を変化させることである。中位径 $5\mu\text{m}$ のポリエステル樹脂を用いて、羽根角度を変化させた場合の部分分級効率を図3、圧縮空気圧力を変化させた場合の部分分級効率を図4に示す。分級径は

羽根角度を変えることによって大きく変更することができ、また圧縮空気圧力によって精密に調節することができる。特に着目すべきは、高い精度を保ちながら、分級径を変化させていることである。これはロータレス分級機では難しかった旋回流の制御が、エアロファインクラシファイアでは精密にコントロールされていることを意味している。また本装置でターゲットとしていたサブミクロン領域の分級についても、図5のセラミック粉の粗粉除去結果に示すとおり、 $0.8\mu\text{m}$ 以上の粗大粒子を完全に除去するなど、高い精度で分級できていることがわかる。

5. 微粉領域分級におけるトラブルおよび対策事例

5-1. 付着防止

粉末は微小化するにつれて装置への付着性が増加する傾向にある。これまで困難であったさまざまな高付着性粉体において、当社では、装置形状の改良やいくつかのオプションを用いることにより、付着のない分級加工を実現した。その結果、これまで困難であった連続製造も可能となり、24時間運転も実現している。

5-2. 飛び込み防止

近年、大粒子群と小粒子群のグループとして分けるのではなく、粒子径分布測定装置では検出されないような非常に数少ない大粒子を確実に取り除きたい(スカルピング)といった要望がある。各業界で、評価方法はさまざまだが、ppmからppbオーダーでの管理と、かなり厳しい要求仕様となっている。当社のエアロファインクラシファイアにおいて、粗大粒子の挙動、製品への混入レ

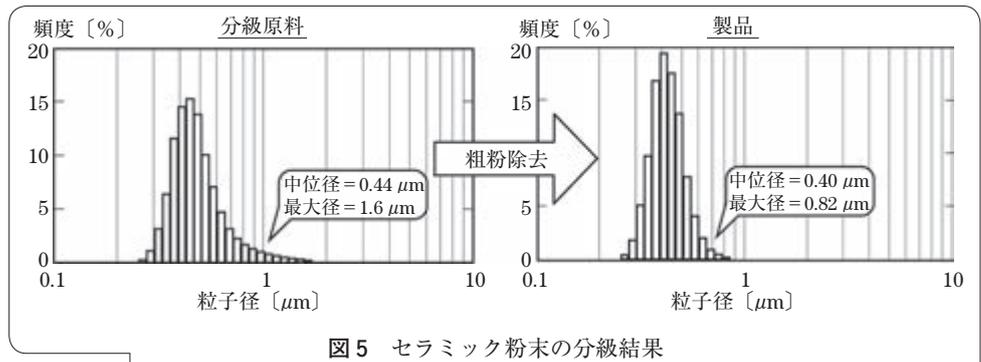
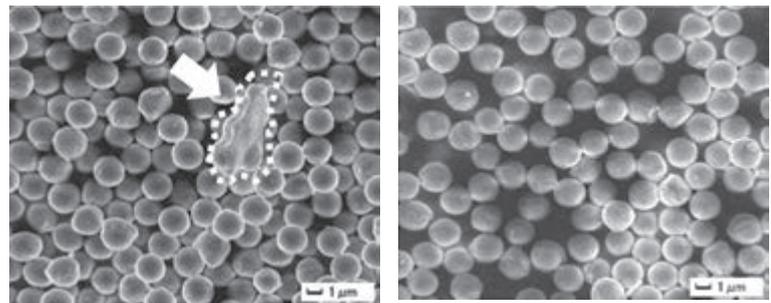
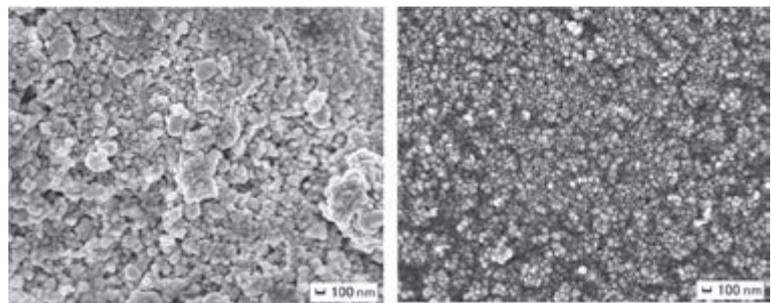


図5 セラミック粉末の分級結果



従来装置 エアロファインクラシファイア

図6 樹脂粉分級時のスカルピング性能比較



分級原料 (BET径: 100 nm) 分級後微粉 (BET径: 45 nm)

図7 銀粉分級前後のSEM写真比較

トを解析し、開発を行った結果、分級微粉中の粗大粒子混入率を大幅に減らすことが可能となった。ここで分級例を示す。図6に樹脂粉の粗粉除去結果を示すが、写真の通り、従来装置においては、粗大粒子がどうしても製品中に混入していたが、エアロファインクラシファイアを用いることで、粗大粒子飛び込みを抑えることが可能となっている。

5-3. さらなる微小化への挑戦

お客様からの粒子微小化のご要望に応えられるよう、エアロファインクラシファイアはさらなる微粉対応を目指し継続して開発・改良を行っている。結果、最近では、BET径が 100nm 程度の銀ナノ粒子の分級を行い、BET径 45nm 程度まで小さくすることが可能となっている。

図7に分級前後のSEM写真示す。

6. おわりに

今回、旋回気流式分級機「エアロファインクラシファイア」について分級実例を交えて紹介した。私がこの機器の開発販売業務に携わる前までは、乾式分級技術ではナノ～サブミクロン領域の高精度分級は不可能と言われていた。しかし、お客様からの微小化という強い要望もあり、各分級機メーカーはこぞって開発に注力し競争しあえたことで、ここ10年足らずで急速な進歩を遂げていると実感することができる。今後もお客様のニーズを真摯に受け止めて、機器開発に反映し、注力していくことで、将来さらなる高付加価値の粉末を見られるだろうことは、分級機メーカーの一員としても楽しみである。