

ミネラル業界向け高性能分級機ツインターボプレックスTTC

High performance Classifier, Twin Turboplex “TTC”, for Mineral Industry

須原 一樹^{a)}・井上 義之^{b)}

Kazuki SUHARA, Yoshiyuki INOUE, Dr.

ホソカワミクロン株式会社

a) 海外事業本部新製品・新技術推進室・b) 粉体システム事業本部大阪営業部

a) International Division New Products/New Technologies Dept.,

b) Powder Processing Systems Division, Osaka Sales Dept.,

Hosokawa Micron Corporation

1. はじめに

粒子をその大きさにより選別する分級操作は、粉碎工程と同時あるいはその後工程として広く使用されている粉体単位操作の一つである。とくに乾式の場合、気流によって粒子を搬送する事が多く、これを気流(式)分級と呼ぶ。分級を実現する為には、粒子に様々な外力を作用させる必要が有るが、なかでも遠心力を利用する分級機は数百マイクロメートルから数マイクロメートルの粒子を分級する為に広く用いられている。ホソカワミクロングループではこのタイプの分級機を開発・販売しており、なかでも数マイクロメートルサイズの微粉を精度よく、また効率よく処理できる分級機としてターボプレックス ATP が多くの業界で使用されている。

さて、ミネラル分野では多種類の原料を分級することは少なく、したがって品換えに伴う清掃工程の簡易化のための機器開発に注力するよりもむしろ、「より微細な分級点」「より高い処理能力」「より低いエネルギー消費量」といった要求を満たすことが望まれていた。この要望に応えるべく、また従来用いられてきたマルチロータ型 ATP (後述) の更新をも視野に入れてドイツのホソカワ/アルピネにおいて開発・販売が行われたのが、今回紹介するツインターボプレックス“TTC”(図1)である。



図1 TTC 外観

2. ツインターボプレックスTTCの特長

2.1 微細な分級点を実現するために

遠心力式分級機では分級点を小さくするために、一般に遠心力を増加させる、すなわち分級ロータの回転数を増加させ旋回流速を高める方法が用いられている。しかしターボプレックス ATP は分級ロータを片側で支持する、いわゆる片持ち構造(図2(a))であるため最高回転数の増速化が困難である。そこでツインターボプレックス TTC では分級ロータの回転軸を両端で支持する、いわゆる両持ち構造(図2(b))にすることによって、より早い回転数での運転を可能に

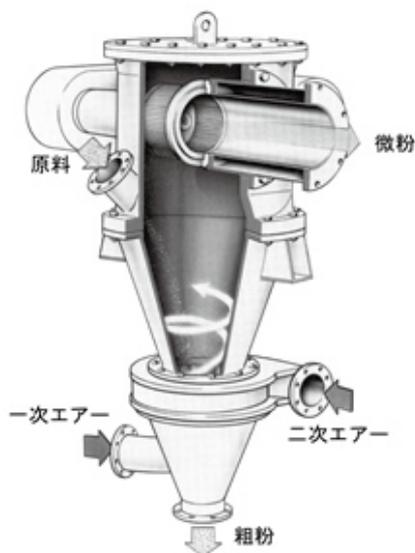


図 2 (a) 片持ち構造の例 (ATP)

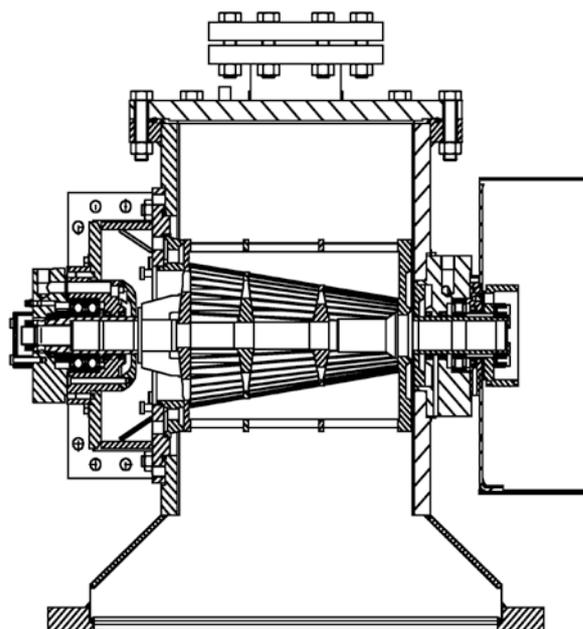


図 2 (b) 両持ち構造の例 (TTC)

した。その結果、ATPでは分級ロータの先端部（円周部）における最高速度は約55～65m/s（分級ロータの径により異なる）であったが、TTCでは約100～120m/s（分級ロータの径により異なる）になっており、大幅な高速化と、それに伴う分級点の微細化を実現することができた（結果は3章1節で示す）。ただし、両持ち構造は分級ロータへのアクセスがATPに比べて困難であるため、清掃に手間がかかると問題がある。このためTTCは煩雑な品替えが要求される分野に適用する事が難しい。

2.2 高い処理能力を実現するために

処理量は分級ロータを通過する含塵空気量または含塵濃度に依存する。含塵濃度を増加すれば処理量は向上するはずであるが、実際には分級ロータの負荷の上昇、粒子間衝突と再凝集による分散不良、それによる製品の粒度分布のズレあるいはワイド化（標準偏差が大きい粒度分布になる）といった現象が発生し、望ましくない場合が多い。そこで濃度ではなく風量を増加させることが考えられるが、そのためには微粉を多く含んだ含塵空気を系外に排出する為に分級ロータの開口面積を大きくする必要がある。このために分級ロータの内部構造、例えば分級ブレードの厚みなどを変更すると強度が足りなくなる、通過風速が変わるため分級機の性能が変化してしまうといった問題があるため、分級ロータそのものを大きくすることが望まれ

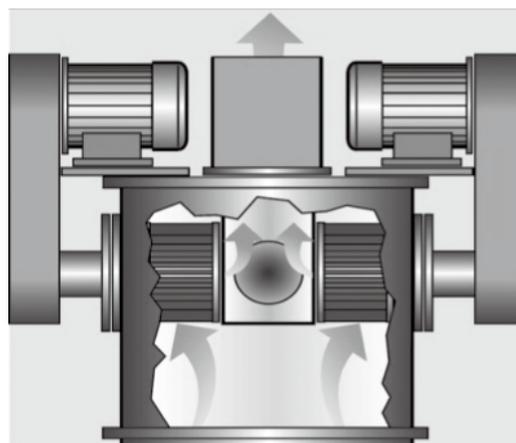


図 3 マルチロータ型

る。例えば大きな分級ロータを利用すれば、それに伴い大量の含塵空気を流すことが可能になるため処理量が増加する。しかし、ロータ径を大きくすると高速回転させることが難しくなる、乱れの少ない流れ場を形成することが難しくなるなどの理由によって、粗粉の微粉への混入など、望ましくない現象が多発するようになる。このため従来のATPでは、比較的小型で性能の良い分級ロータを複数、一台の機械に取り付けることによって、空気の通過量を増加させる方法をとっていた。これをマルチロータ型（図3）と呼んでいるが、この方法では複数台のロータが作り出す旋回流同士の間での干渉による分級性能への影響、分級ロータの台数分だけのメンテナンスが必要となる、といった問題も

また存在していた。

このため、次の選択肢は分級ロータの軸方向長さを増加させることになる。しかしATPのような片持ち構造では、ロータ径と軸長さのアスペクト比を高くすると安定した高速回転を実現することができず、両持ち構造を採用することになった。この変更により分級ロータを通過する最大流量は同一径のATPとTTCで約1.3倍になっている。

2.3 エネルギー消費の低減を実現するために

環境問題、特に二酸化炭素排出量の低減はCOP3(京都議定書)批准以来、先進諸国に突きつけられた命題である。また本原稿執筆時においては原油価格の高騰によるランニングコストの増加といった問題も発生してきている。先ほど述べたTTCの高い処理能力は投入エネルギーあたりの生産量を増加することに繋がるため、使用エネルギーの低減、ランニングコストの低減という面から見ても優れた機械であると考えている。

一方、処理能力の向上だけではなく、分級プラント全体として消費エネルギーの絶対値を低減するということもまた重要なことであると考えている。例えば分級装置では圧力損失の低減が大きな問題として挙げられる。气流分級機は圧力損失が発生しやすい機構であるため、大きなブロアを使う必要があり、その結果としてインシヤルコストだけではなく、ランニングコストにも影響を及ぼす。そこでTTCでは図4のイラストに示すような、放射状に延びる分級ブレードの途中に枝が生えているような特殊なロータを採用している。この構造はCFD(計算流体力学)を用いて最適化されている(図5)。図5(a)はロータ内部における空気の流れを示したものであり、ロータ回転軸は画面左の垂線(一点鎖線)である。図から空気はブレード間で一部渦を巻きつつも(左右に振動する流線として示されている)全体的には均一に流れている様子が示されている。図5(b)は分級ロータを回転軸直上から

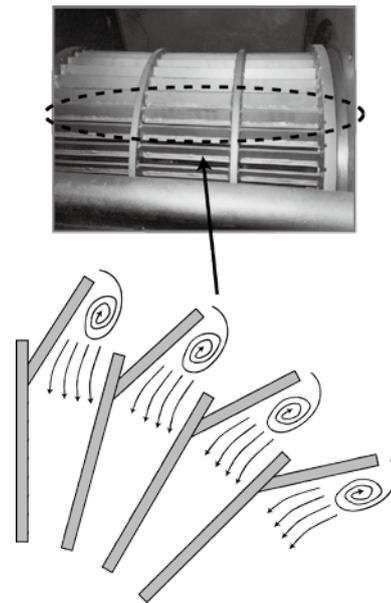


図4 分級ブレードの構造模式図

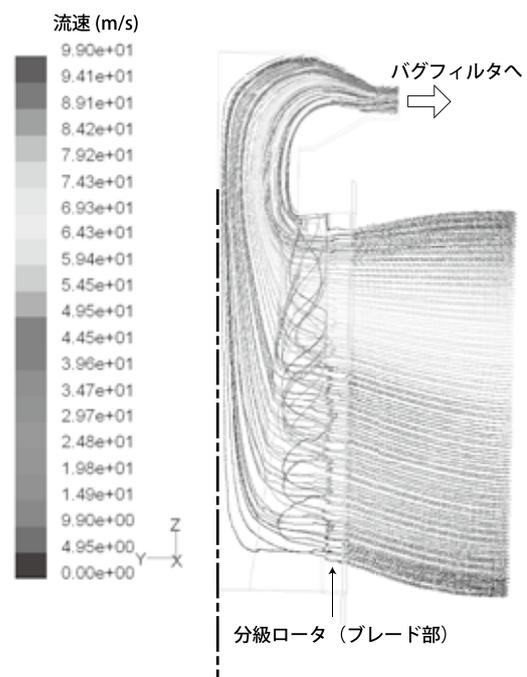


図5(a) 空気流れ

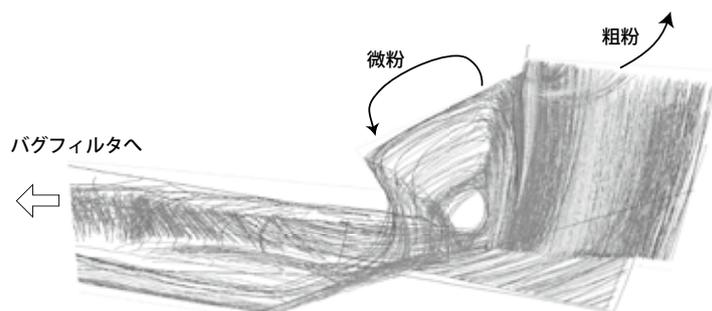


図5(b) 粒子の軌跡

見たときの、二枚の分級ブレード間における粒子の軌跡を示したものである。グレースケールで表示されているためわかりにくいですが、粗い粒子は壁に衝突してはじかれ外側（図の右側）に移動し、細かい粒子は渦を描きながらブレードに沿って吸引されていく（画面左側）様子がわかる。このような工夫によって設計されたTTCの分級ロータでは、97%粒子径が同じである場合、ATPの約1/3~1/4の圧力損失にまで低減する事に成功している（図6）

3. 適用例

重質炭酸カルシウムの原料粒度と機械の運転条件を変えて分級操作を行った事例を以下に示す。

3.1 微粉分級への適用

TTCの特長の一つに微粉域での分級が挙げられる。そこで微細な原料を用いて、その中からさらに微細な粒子を取り出すテストを試みた。使用した分級機は500TTCであり、原料および得られた微粉（製品）と粗粉の粒度分布を図7に示す。原料は4.5t/hで供給され、微粉側の能力は0.7t/hであった。また500TTCの

運転条件は回転数4300rpm、風量11,500m³/hであった。得られた微粉側製品は平均径がサブミクロン領域に有り、また97%粒子径d₉₇も3.4μmと非常に微細な粒子が得られている事がわかる。なおこのときの単位質量あたりの消費エネルギーは220kWh/tであった。

3.2 大量処理への適用

TTCのもう一つの特長に高い処理能力が挙げられる。そこで500TTCを使用して原料を8t/hで供給し、分級を試みた結果を図8に示す。微粉側の能力は3.8t/hであり、このときの500TTCの運転条件は回転数3,800rpm、風量12,600m³/hであった。得られた微粉側製品は平均径2.45μm、d₉₇が19.6μm、消費エネルギーは37.6kWh/tであった。従って、このような領域の粉体においても大量処理が可能である事がわかる。

4. TTCの諸元

本装置TTCは大きさ別に5機種存在する。それぞれの装置の諸元を表1に示す。最大機においてもd₉₇が5μm（真密度2,700kg/m³の粒子）と微細な製品を得ることが可能である。

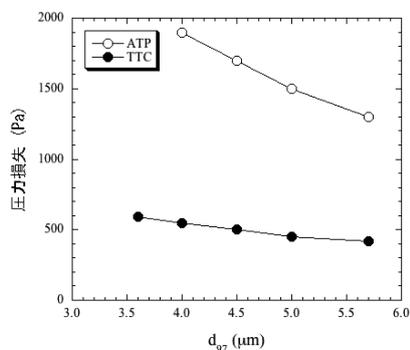


図6 圧力損失の低減

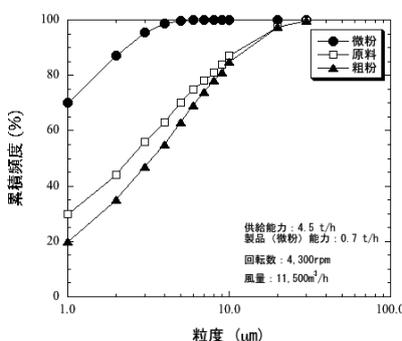


図7 微粉分級の例

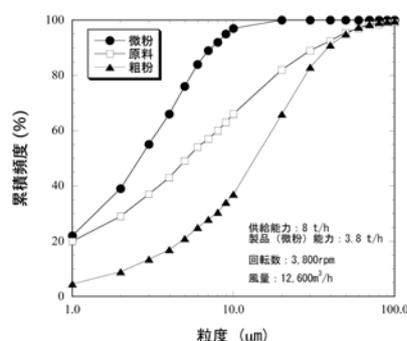


図8 大量処理の例

表1 TTC 諸元

モデル	200TTC	315TTC	500TTC	630TTC	710TTC
スケールアップファクタ (-)	1	2.5	6.25	10	12.5
回転数 (rpm)	10,000	7,300	4,600	3,650	3,250
圧力損失 (Pa)	800	1,000	1,000	1,000	1,000
標準風量 (m ³ /min)	17	45	110	170	210
最大風量 (m ³ /min)	27	75	165	270	330
標準処理量 (kg/h)	500	1,250	3,150	5,000	6,250
最大処理量 (kg/h)	800	2,000	5,000	8,000	10,000
微粉粒度 d ₉₇ (μm)	2.5	3.0	3.5	3.8	5.0
製品(微粉)能力 (kg/h)	105	260	650	980	1,300

5. まとめ

両持ち構造の分級ロータを持つ、ツインターボプレックス TTC について紹介した。本装置は2003年以降、欧州やアジアにおけるミネラル業界向けの高性能微粉分級機として最小機、最大機ともに実績がある。

なお TTC は ATP よりも圧力損失が低いために、既に ATP、特にマルチロータ型を御使用されている場合、ブロワやバグフィルタなどを変更することなく TTC に入れ替えることも可能であるため、処理能力の向上やカットポイントの微細化などをご要望の場合、当社までご相談いただければ幸いである。