

省エネルギーのための粉砕プロセスの開発

Development of Grinding Process for Saving Energy

猪木 雅裕^{a)}, 吉川 雅浩^{b)}, 柴田 高志

Masahiro INOKI, Masahiro YOSHIKAWA, Takashi SHIBATA.

ホソカワミクロン(株) 大阪本社営業本部 技術開発部

a) 統括部長 b) 室長

Technical Development Department, Hosokawa Micron Corporation

a) General Manager b) Manager

1. はじめに

粉砕プロセスにおいて、年々、粒子径は小さく、粒度分布はシャープなものが要求されてきています。粉砕操作に投入されるエネルギーは殆どが熱になると言われ、物質を粉砕するには大きなエネルギーが必要になります。さらに、細かさを追求すればするほど、そのために必要とするエネルギーも大きくなります。反面、粉砕機は、CO₂を大幅に削減できる省エネルギー型の装置であることも強く求められてきています。ここでは、粉砕プロセスの中核となる粉砕装置にて、大幅な省エネルギーを目標に開発を行った新たな2機種を紹介いたします。

2. ACMパルペライザH型

ACMパルペライザH型は、国内外で2000台を超える納入実績をもつ風力分級機内蔵の衝撃式微粉砕機ACMパルペライザをさらに進化させた新世代の粉砕機です。製品粒度を容易に調整でき、しかも過粉砕が少ないという従来の特徴に加え、高能力・省エネルギー・簡易分解・低騒音を実現しています。汎用性の高い性能は、樹脂・金属・鉱物・農薬・食品などさまざまな分野の粉砕に適用されています。

2.1 構造

ACMパルペライザは、グラインディングディスクとライナからなる粉砕部と、セパレータからなる分級部で構成され、粉砕部と分級部を区別するガイドリングを有しています。スクリュフィーダにより粉砕部に

投入された原料は、高速回転するグラインディングディスクとライナとの間で衝撃・剪断作用を受け粉砕されます。粉砕された原料はガイドリングにより分級部に導かれ、高速回転するセパレータの遠心力と吸引される気流の向心力とのバランスによって、分級作用を受け、微粉はセパレータを通過して機外へ取り出されます。一方、セパレータで分離された粗粉はガイドリングの内側から粉砕部に戻り、再度、粉砕されます。このように、分級機構を内蔵した粉砕機であるため、過粉砕することの無い、シャープな粒度分布の製品を効率的に得ることができます。また、分級セパレータの回転速度、及び風量の調整により粒度調整が容易に行えます。(図1)

2.2 標準フロー

ACMパルペライザとサイクロン、捕集機、ブロウを組み合わせた標準的なフローを図2に示します。ACMで粉砕された粒子は、ブロウにより吸引された

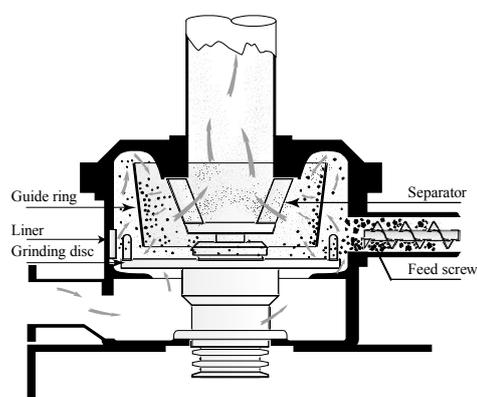


図1 ACMパルペライザの構造

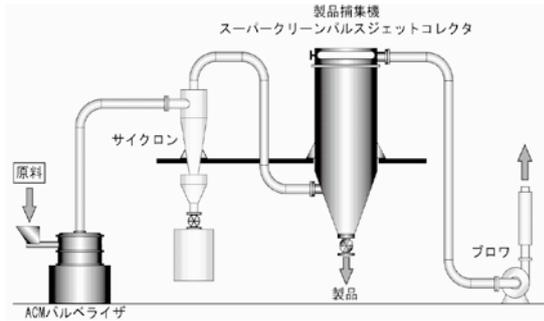


図2 ACM パルペライザの標準フロー

エアに導かれ、サイクロン、または、捕集機で回収されます。

2.3 ACMの納入事例

表1に、ACMパルペライザの納入事例を示します。当初粉体塗料用の粉砕機として開発されたACMパルペライザは、後にその優秀性が認められ、各種原料の粉砕用に適用されるようになりました。更に多様なニーズを反映して随所に改善が行われ、現在では樹脂、農薬、化学製品、食品、鉱産物など広い分野で用いられています。

2.4 ACMパルペライザH型の開発コンセプト

ACMパルペライザH型は、新たなニーズに基づき、次のコンセプトにて開発を進めました。

(1) 粉砕性能の向上

①微粉化への対応のための粉砕力の向上。

粉砕ロータの周速を従来機A型115m/sからH型130m/sに増速しました。

②省エネルギーのための、消費されるエネルギー効率の向上。

従来と同じエネルギー消費でより多量の製品を得るために粉砕部のハンマ、ライナのデザイン

表1 ACMパルペライザの納入事例

電子・電気	黒鉛・炭酸リチウム・トナー・トナーキャリア・酸化アンチモン・炭化・珪素・電池材料（酸化金属）
塗料類	粉体塗料・塗料滓・顔料
食品	α澱粉・キトサン・茶葉アルギン酸・ナトリウム・唐辛子
飼料	大豆蛋白・魚粉・脱脂大豆・米糠
鉱産物	軽質炭酸カルシウム・硝酸ストロンチウム・水酸化マグネシウム・消石灰
医薬	漢方薬（甘草）・ソルビット・ブドウ糖
樹脂	CMC・PET・PVC・ポリ乳酸・メラミン樹脂・シリコン・セルロース・フェノール樹脂・フッ素樹脂・吸水ポリマー
化学	アルミナ・活性炭・酸化セリウム・コークス・ワックス・発泡剤・木粉

の最適化を行いました。

(2) 分解・清掃性の向上

多品種生産のための品種切替えの効率アップのため、装置の分解、清掃性の改善を行いました。

(3) 低騒音化

粉砕機は粉体機器の中でも比較的、騒音が大きい装置であり、特に本装置のような衝撃式粉砕機では高音域の発生音が大きいという欠点がありました。近年、作業環境および周辺環境に対する改善要求も高まってきており、85dB以下にすることが求められるようになってきています。そこでACM-Hでは粉砕性能を向上するとともに、この基準を目標として騒音の低減を図りました。

2.5 ACMパルペライザH型の特長

(1) 粉砕消費エネルギーの大幅な低減

図3、4に粉体塗料とカラートナーの粉砕例を示します。横軸は粉砕品の平均径を、縦軸は粉砕品単位質量当たりの粉砕消費エネルギーを表し、性能ラインが下にくるほどエネルギー消費が少なく効率が高くなります。ACM-Hでは、粉砕ロータの高速化と構造の最適化により、製品能力を従来の1.5～2倍向上させることに成功し、消費エ

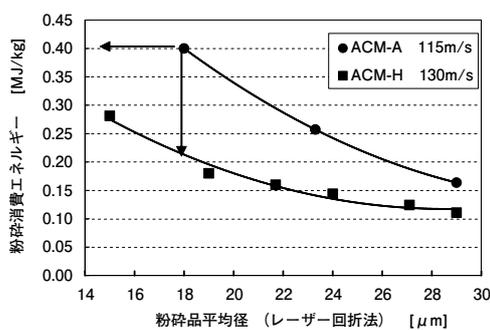


図3 粉体塗料の粉砕例

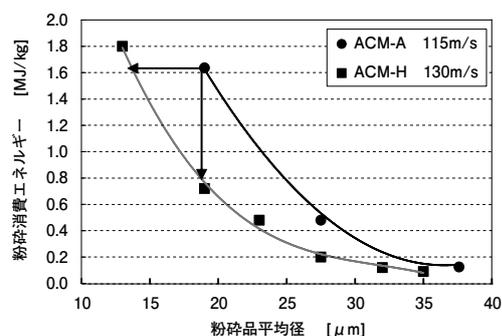


図4 カラートナーの粉砕例

エネルギーとしては3～5割程度の削減が可能になりました。

(2) 低騒音化

粉碎室を二重ケーシングとし、モータを架台内に収納することにより、騒音を低減させています。特に耳障りな高周波数帯域の音圧が大きく低減されており、作業環境に優しい微粉碎機を実現しました。(図5)

(3) 簡易分解、清掃性の向上

ケーシングを含めた粉碎機内の全ての部品を人手だけで容易に分解できるため、品替・色替などの頻繁な清掃が必要な用途に最適です。

2.6 ACM-H型のラインナップ

表2にACMパルペライザH型の標準仕様ラインナップを示します。処理能力のアップにより、粉碎機本体の型式を1ランク下げられるケースがあり、省スペース、コンパクトなシステムが設計可能です。

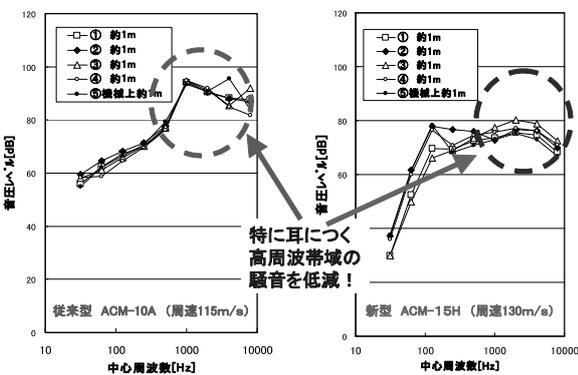


図5 騒音の周波数分析

表2 ACM-H型 標準仕様

型 式	ACM-15H	ACM-30H	ACM-60H
スケールアップ比	1	2	4
粉碎動力 [kW]	11	22	45
分級動力 [kW]	1.5	5.5	11
粉碎回転速度 (130m/s) [rpm]	7800	5800	3600
分級回転速度 [rpm]	7000	5400	3600
標準風量 [Am ³ /min]	15	30	
概略寸法 幅(W) [mm]	1350	1500	2040
奥行(D) [mm]	750	850	1240
高さ(H) [mm]	1075	1400	1680

注 表記した数値はお断りなく変更する場合があります。

3. プルビス

乾式の媒体攪拌方式と高性能風力分級機のマッチングにより、従来法では困難であったサブミクロン領域(1μm以下)の微粒子を低エネルギーで連続的に生産することが可能になりました。

3.1 構造

媒体ボールを攪拌する粉碎部が装置下部に設けられ、投入された原料は媒体ボールと共に強制的に攪拌されながら、衝撃力、圧縮力、せん断力、摩擦力の作用により微細化されます。粉碎された粒子は、底部から流入する気流により、装置上部の高速回転型風力分級機に運ばれ、所望する粒子径のものが分級ロータを通過し、製品として回収されます。(図6)

3.2 標準フロー

図7にプルビスの標準的なフローを示します。原料

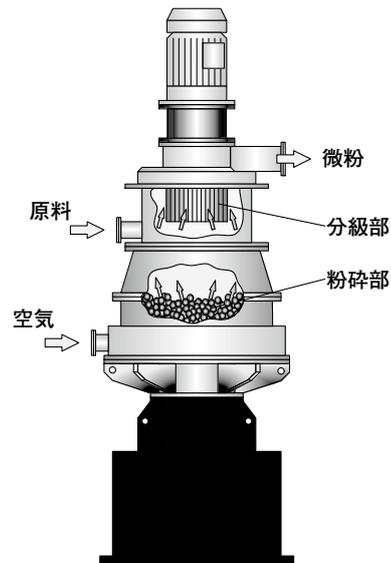


図6 プルビスの構造

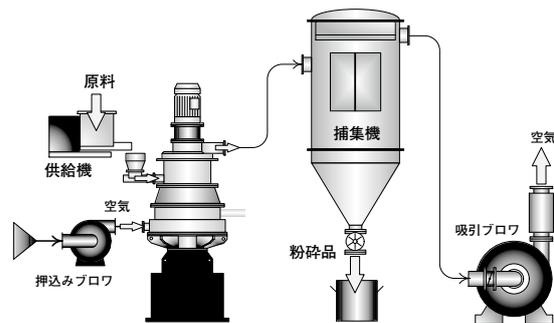


図7 プルビスの標準フロー

供給機、粉碎部への押込みブロワ、集塵機、全体のブロワ等で構成されています。不活性ガスや窒素ガスを使用した閉サイクル粉碎システムにより、酸化反応を防止した処理も可能です。

3.3 ラインアップ

表3にプルビスの標準ラインアップを示します。プルビスの処理能力は媒体ボールの投入量に比例し、ラボスケールのPV-150から、生産スケールのPV-1000までの6機種があります。耐磨耗仕様としては、セラミックス製の粉碎路ロータ、粉碎ケーシング、分級ロータなどが装備されています。

3.4 特長

(1) 驚愕の省エネルギー

数ミクロンクラスの微粒子を乾式法で製造する場合、これまでジェットミルが広く用いられてきました。ジェットミルは、コンプレッサによる空気の圧縮に多くのエネルギーを必要とします。これに対し、プルビスは、より少ないエネルギーにて、より細かい微粒子を得ることが可能です。シリカの粉碎例を図8に示します。プルビスの消費エネルギーは、ジェットミルの1/6までに削減されています。これは、媒体ボールの頻繁な衝突による効率的な粉碎と、高性能分級機の組み合わせ

による事が起因していると考えられ、同様の結果が多くの特例で確認されています。

(2) サブミクロン粒子まで微細化可能

湿式媒体ミルでは粒子径の分級操作が難しく、また、乾粉にする必要がある場合、再凝集は避けられません。乾式のプルビスでは、高速回転型風力分級機を内蔵することにより、サブミクロンから1μm程度の超微粒子を効率よく取り出すことが出来ます。(図9)

(3) 容易な粒度コントロール

分級ロータの回転数を変えるだけで、粉碎品の粒度を簡単に調整できます。(図10)

(4) 実機レベルの試験設備

弊社の試験センターには、PV-150からPV-800までの試験機を備えており、実機レベルでの粉碎品性状やスケールアップの確認などが行えます。図11にジルコンサンドを中型機から、大型機にて粉碎した結果を示します。各機種ともに同一のライン上にプロットがあり、スケールアップが適正に行われている事を示しています。

(5) 万全の摩耗対策

粉碎部・分級部とも、耐磨耗を考慮したオールセラミックス製の採用も可能です。

(6) 分解・組立・洗浄が容易

分級部の昇降装置など、分解・組立・洗浄が容

表3 プルビス 標準ラインアップ

型式	PV-150	PV-250	PV-450	PV-600	PV-800	PV-1000
粉碎モータ [kW]	0.75	2.2	11	18.5	37	75
分級モータ [kW]	1	1	3.7	7.5	15	30
媒体投入量 [ℓ]	1	5	25	50	100	200
処理風量 [m ³ /min]	0.7	1~1.5	6~9	10~15	18~28	30~40

性能の向上・改良等の為 予告無しに仕様・寸法等を変更させていただく事がございますのでご了承下さい。

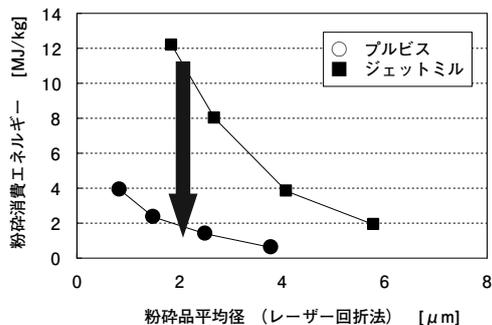


図8 シリカの粉碎例 (PV-600)

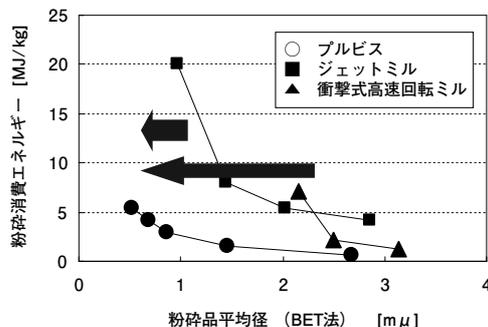


図9 アルミナの粉碎例 (PV-600)

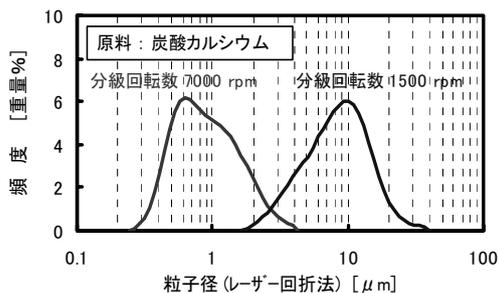


図10 炭酸カルシウムの粉碎例

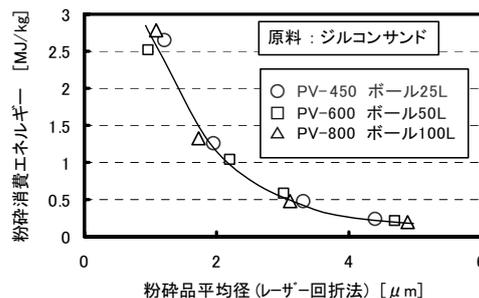


図11 ジルコンサンドの粉碎例

易に行えるように設計されており、少量多品種の生産にも対応できます。(図12)

4. おわりに

本報で報告しました、分級機内蔵型の衝撃式粉碎機 ACM パルペライザH型、及び、乾式媒体攪拌ミルプルビスは、省エネルギー、粒子の微細化、多品種生産にも対応できる装置として開発を行いました。特にプルビスでは、生産効率の低下から、実用化できなかった超微粒子域での粉碎プロセスへの応用が期待されています。

ホソカワミクロングループは、今後も引き続き、粉体に関わる技術を追求め、粉体技術を通じて世界の産業に貢献する所存です。



図12 プルビス PV-600外観

Captions

Fig. 1. Structure of ACM Pulverizer

Fig. 2 Flow sheet of ACM Pulverizer

Fig. 3 Grinding results of powdered paint

Fig. 4 Grinding results of color toner

Fig. 5 Frequency analysis of noise

Fig. 6 Structure of PULVIS

Fig. 7 Flow sheet of PULVIS

Fig. 8 Grinding results of SiO_2

Fig. 9 Grinding results of Al_2O_3

Fig. 10 Grinding results of CaCO_3

Fig. 11 Grinding results of zircon sand

Fig. 12 Appearance of PULVIS PV-600

Table 1 Examples of installation of ACM Pulverizer

Table 2 Standard specifications of ACM-H type

Table 3 Standard specifications of PULVIS series