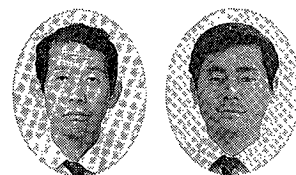


スケールアップしたコボール・ミルの性能

Grindability of Scaled-up CoBall-Mill



(化)技術部 製品開発課
谷 口 十 一
Toichi Taniguchi
田 中 英 美
Hidemi Tanaka

Stirred ball mills have drawn the attention and been used in several industries for ultrafine grinding of solids. CoBall-Mill is one of those mills with annular grinding chamber and have the most excellent grindability.

The influence of operating parameters on comminution results of small-scale CoBall-Mill is already reported. In this paper, the results of investigation for scaled-up CoBall-Mill are described.

The throughput to obtain the same mean particle size can be estimated by comparing the effective volume of grinding chamber.

The grindability of CoBall-Mill can be controlled not by processed passes but by residence time of the ground material in the mill.

まえがき

微粉碎，高分散の分野で注目されている媒体攪拌ミルについては，使用されている諸現場サイドでの評価も次第に固まりつつあると思われる。しかしその性能解明のための研究については，最近徐々に公表され始めてきたとはいえ，そのほとんどが小型の実験機のものであり，大型機において性能確認したデータについてはあまり目にしない。

アニュラー・タイプの媒体攪拌ミルの一種であるコボール・ミルも，本格的な販売開始以来，磁気塗料を始めとする塗料業界，情報用紙を中心とした製紙業界，メイクアップ化粧品を対象とした化粧品業界のほか，化学，農薬，食品，電子工業などの幅広い分野で，その特長を活かし実績を重ねてきた。

機種についても，ベンチスケールのテスト機 MS-12 型から大量生産用 MS-65 型まで，すべての機種が生産現場で稼働している。

コボール・ミルは，狭いアニュラー形状にて構成した粉碎室に，一様な高エネルギーを与え，その中で効果的にメディアを運動させている点に大きな特長を持つ媒体攪拌ミルである。この特長を大型機に対しても維持するために，MS-65型以上の機種にはメディア・リターン翼を装備し，MS-50以下の標準サイズの機種とはその機械的な構造を異にしている。

標準サイズでのコボール・ミルの性能についてはすでに¹⁾，二報告した²⁾ので，ここではその性能をスケールアップした大型機で確認する目的で比較実験を行ったので次に報告する³⁾。

1. 実験装置および方法

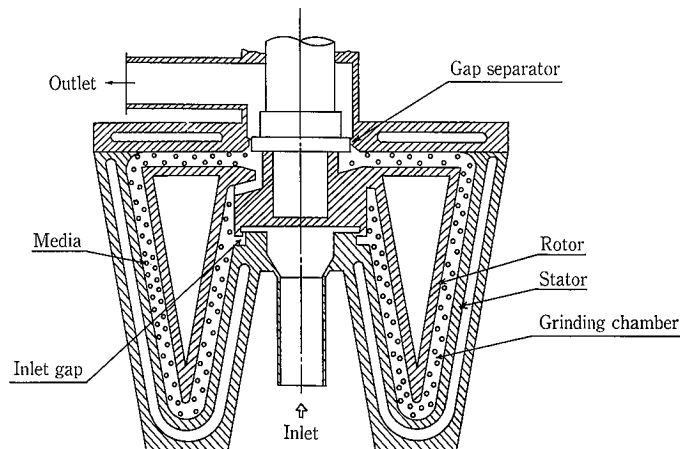
1.1 実験装置

標準サイズのコボール・ミルの構造を第1図に示す。断面が逆三角形をした環状の容器内部で，回転軸に取りつけられた同じ断面形状のロータが回転している。容器とロータとの間のW型のギャップを粉碎室として，ここに粉碎メディアを充填する。サスペンション化した碎料はポンプでミル

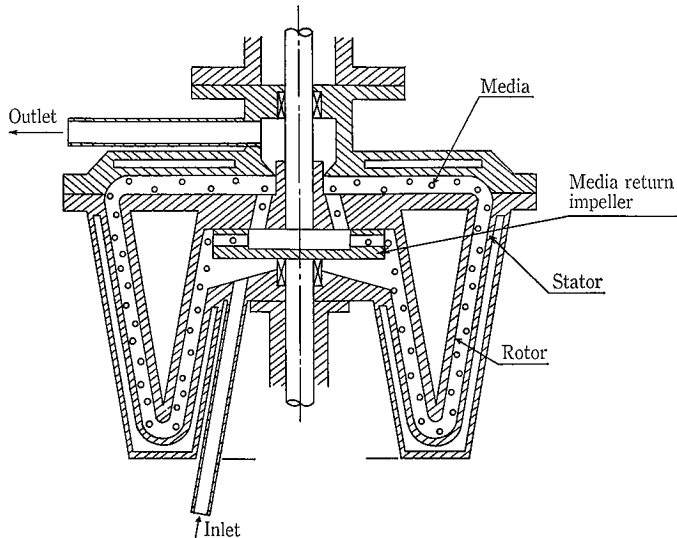
下部の入口ギャップを経て粉碎室へ送液され，その中で粒子が粉碎，または分散される。処理された碎料はギャップ・セパレータでメディアと分離され，ミルから排出される。メディアはW型の粉碎室を順次移動していき，ロータ・ハブ部のメディア循環用の孔からミル内の粉碎室入口に返還され，再び循環していく。メディアの循環は遠心力とポンプの送液圧力およびメディア循環用通路によるポンプ作用により行われる。

第2図にコボール・ミル MS-65 型を示す。コボール・ミルを大型機にスケールアップするに当たっては，粉碎室のギャップ幅をできるだけ保ちながら，そのW型の通路を長く取るようにしている。このためロータ径が大きくなり，その結果上部水平部分でのメディアの返還速度が遅くなることが考えられる。この返還速度を調整する目的で第2図のメディア・リターン翼と呼ぶ，一種のメディア吸込用インペラーを設けている。このメディア・リターン翼は MS-65 型以上の機種に採用している。

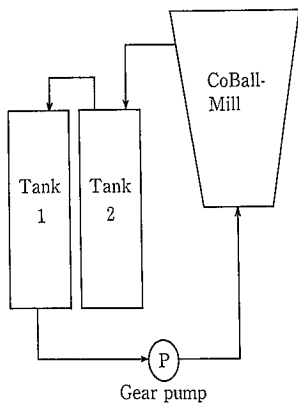
ここではロータ径 65 cm の MS-65 型とメディア・リターン翼のないロータ径 18 cm の MS-18 型を使用し，同一碎料を用い粉碎能力を比較した。



第1図 コボール・ミルの構造
Fig. 1 Schematic construction of CoBall-Mill



第2図 MS-65型の構造
Fig. 2 Schematic construction of MS-65



第3図 実験方法
Fig. 3 Experimental method

1. 2 砕料

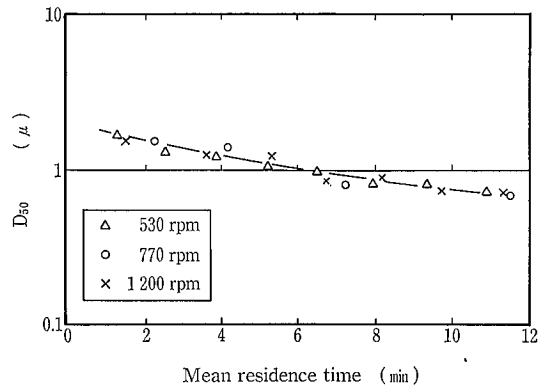
砕料としては重質炭酸カルシウム（丸尾カルシウム 株式会社商品名スーパー S $D_{50}=20 \mu\text{m}$ ）の同一ロット製品を用い、固体濃度が 30 % となるように水道水に分散しスラリー化したものを使用した。

1. 3 実験方法

MS-18型およびMS-65型とも第3図に示す循環スタイルにてテストを行った。スラリー化した砕料をタンク1に入れ、この砕料をギア・ポンプにてコボール・ミルに送液し、処理されたスラリーをタンク2に受ける。タンク1の砕料がなくなる寸前にコボール・ミルから吐出される処理品をサンプルとして採取した。タンク1の砕料がなくなるとポンプの送液を止め、タンク2の処理品をタンク1に移し、必要なパス回数だけ同じ手順を繰り返すことによりテストを行った。各パスごとにサンプリングをした、処理品の粒度を光透過式遠心沈降法粒度分布計（(株)島津製作所製 SA-CP 2）により測定した。

1. 4 実験条件

コボール・ミルの粉碎粒度に寄与する因子としては、砕料の種類、粒度、固体濃度、みかけ粘度、製品温度など砕



第4図 MS-65メディアリターン翼回転数比較
Fig. 4 Effect of rpm of media return impeller

第1表 実験条件

Table 1 Experimental condition

Type of CoBall-Mill	MS-18	MS-65
Media diameter	$\phi 1.5 \sim 1.9$	
Material	Glass (Toshiba)	
Filling rate	70 %	
Grinding chamber gap	8.5 mm	9 mm
Volume	1.53 ℓ	22.2 ℓ
Rotor speed	13 m/s (1 300 rpm)	12.1 m/s (360 rpm)
rpm of media return impeller	—	530, 770, 1 200 rpm
Feed rate	0.8~1 kg/m	7~10 kg/min

料側の因子のほか、機械側として処理量、ロータ周速、メディア比重、メディア径、メディア充填率などが考えられる。MS-18型とMS-65型との性能比較を行うため、これらのうち処理量以外は、ほぼ同一の実験条件とした。第1表に実験条件を示す。

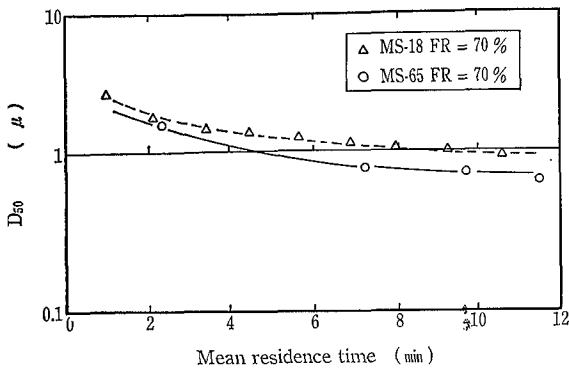
2. 実験結果

2. 1 性能比較

コボール・ミルは、主としてメディア間に作用する剪断応力により砕料を粉碎するミルである。この剪断応力はメディア間の相対速度差に比例するからギャップ幅をほぼ一定にし、しかもロータ周速を同じにすれば、その剪断強さは変わらない。したがってコボール・ミルのスケールアップにあたっては、大型機においても粉碎室のギャップ幅をほぼ一定としているため、処理量はミルの有効粉碎室容積に比例するものと考えられる。この有効粉碎室容積は、W型の粉碎室のうち粉碎室下部底から上部水平部分の中央近辺程度に至る部分と考えられる。このためMS-65型の粉碎性能はMS-18型の約9倍程度と推定してきた。

第4図にMS-65型のメディアリターン翼の回転数を三水準変化させた時の粉碎度とミル内滞留時間との関係を示した。

これはMS-65型に付属しているメディアリターン翼の特性を見るために行った実験である。メディアリターン翼とロータとの相対速度差を変化させることにより、粉碎室



第5図 MS-18とMS-65の性能比較
Fig. 5 Grindability of MS-18 and MS-65

のメディアの流動パターンが変化するため、粉碎効果に相違が現れることを期待したが、今回の結果からは顕著な差は認められなかった。メディアリターン翼によるメディア運動のコントロールについては今後の研究課題としたい。

ただしメディアリターン翼の回転数を上げると、メディアリターン翼回転用のモータ電流値が不安定になったことから、メディアリターン翼のポンプ作用が強すぎ、メディアが粉碎室内できわめて不規則な分布をしていると推定された。これらの結果からメディアリターン翼の回転数としては 770 rpm 一定にて以降の実験を行った。

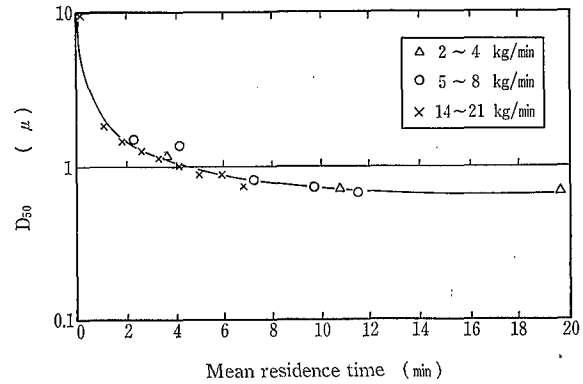
MS-18型とMS-65型の操作条件をほぼ一定として、その性能比較を行った実験結果を第5図に示す。性能を碎料粒度で $d_{50}=1 \mu\text{m}$ とするための可能処理量で比較してみる。図より $d_{50}=1 \mu\text{m}$ となるのに要するミル内滞留時間はMS-18型では9分、MS-65型では5分であるから、処理量で考えると

$$\frac{\text{MS-65型の処理量}}{\text{MS-18型の処理量}} = \frac{\text{MS-65型の容積/MS-65型のミル内滞留時間}}{\text{MS-18型の容積/MS-18型のミル内滞留時間}} = \frac{22.2/5}{1.53/9} = 26$$

となり、MS-65型にスケールアップしても、同一操作条件のもとでは、粉碎室有効容積比以上の性能を発揮することが確認できた。

2. 2 処理量の影響

MS-65型に対する処理量を三段階にてテストした結果



第6図 MS-65における処理量の影響
Fig. 6 Effect of throughput

を第6図に示した。結果はほぼ一本の直線上にのっており、MS-18型で確認した結果²⁾と同じ傾向を示した。すなわちMS-65型においても、コポール・ミルの粉碎性能は途中のパス回数に関係なくトータルのミル内滞留時間で管理できるといえる。

むすび

アニュラー・タイプの媒体攪拌ミルの一種コポール・ミルについて、大型機にスケールアップした時の粉碎性能に関しMS-65型を用いてMS-18型との比較実験を行い、その実験結果から、

- (1) 同一粉碎粒度を得るための処理量は、メディア材質、直径、充填率、ロータ周速などの操作条件が同一ならば粉碎室の有効容積比で考えておけば安全サイドである。
- (2) 粉碎性能はミル内のトータルでの滞留時間で管理できる。

ことを確認することができた。

コポール・ミルは大型機においてもメディア・リターン翼の採用により、上述した粉碎性能以外に、標準タイプ同様、粉碎室容積に対する冷却表面積の比が大きい、メディアが粉碎室内を循環するため高粘度域のサスペンションの処理が可能、サスペンション粒子の粉碎室内でのショートパスがない、洗浄性に優れるなどの特長を有するすぐれたミルとして、今後ユーザ各位の期待に応えていきたい。

【参考文献】

- 1) 谷口, 平尾, 田中: 粉体工学会誌, 22, 6, 376 (1985)
- 2) 谷口: コポールミルの活用, 顔料講座にて発表 (1986. 10. 03)
- 3) 谷口, 田中: 平成2年度春期研究発表会講演要旨集, 粉体工学会 (1990)