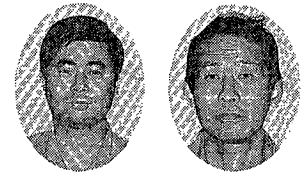


ヤコブソンミルの基本性能とその適用例

The Grindability of JACOBSON MILL and Its Application



技術開発本部 粉体技術室
田 中 英 美
Hidemi Tanaka
(化)大阪営業部
谷 口 十 一
Toichi Taniguchi

An experimental study was conducted on the grindability of the JACOBSON MILL, an air-swept pulverizer. The median diameter of pulverized material depends on the mill tip speed and throughput. The net power consumption is in proportion to the mill tip speed, and a large quantity of material to be ground requires power at the rate of 20 to 70 kg/KW·h. An example of extrapolation of the grindability of the commercial type machine from the test result obtained with a test machine is shown. Some test results are also given as an application of the JACOBSON MILL.

ま え が き

ヤコブソンミルとは、アメリカJACOBSON社で開発されたエアースエプト方式の軸流型高速回転式衝撃粉碎機であり、分級機構を内蔵した分解、洗浄性の良い乾式微粉碎機である。ヤコブソンミルの概要については前報¹⁾で既に報告したのでここでは、当社テストセンターに設置したテスト機12-H型（写真1参照）により行った粉碎特性に関する基本的な実験と、種々の試料に対する粉碎テスト結果を報告する。

ヤコブソンミルの機構

ヤコブソンミルは、粉碎機内に空気を取り入れ、粉碎物とその空気の流れにのせて、輸送しながら機外へ取り出すエアースエプト方式の粉碎機である。

第1図によりミルの機構を説明する。粉碎室中心には主軸②が通っており、その主軸にはランナ④のついた複数のビータープレート(粉碎板)③と、ミルプレート(分級板)④が取り付けられている。粉碎原料は、供給フィーダ等により量的にミル入口①より粉碎室⑦に供給され、遠心力によ

り回転板の円周方向に進み、ランナ④で衝撃作用を受ける。また、粉碎室内壁に取り付けられたライナ⑧とランナとの間で剪断作用を受け、粉碎される。さらに、高速回転するランナの後に生じる渦流中で、粒子同士の摩擦による粉碎が進行する。

ライナは軸方向に歯形状の多数の溝を有し、ランナの回

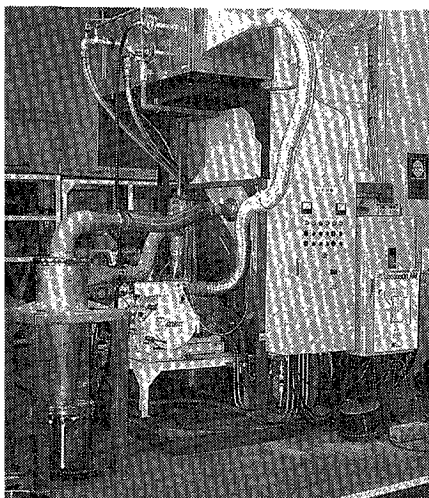
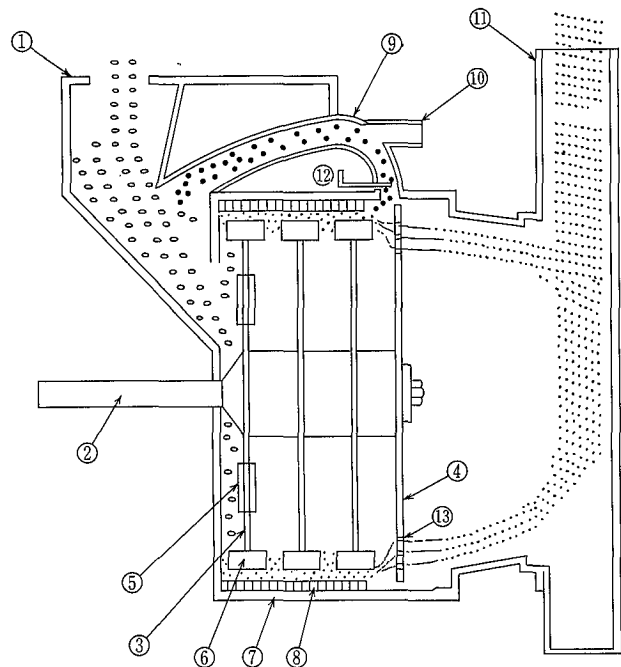
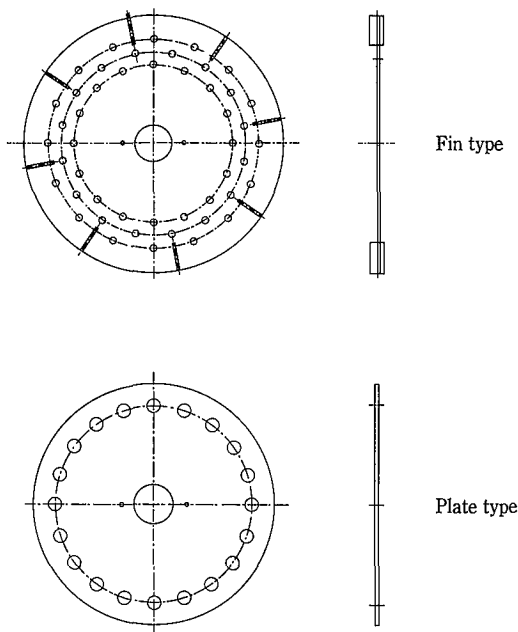


写真1 テスト機 12-H型システム
Photo. 1 Jacobson Mill 12-H test machine.

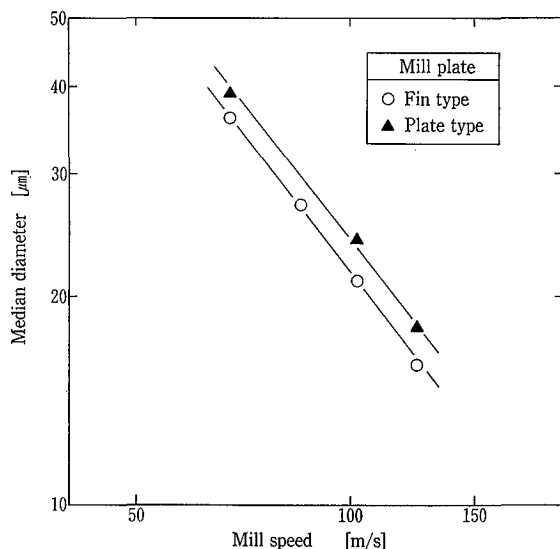


- | | |
|-----------------|-------------------|
| ① Mill inlet | ⑧ Liner |
| ② Shaft | ⑨ Recycle housing |
| ③ Beater plate | ⑩ Air inlet |
| ④ Mill plate | ⑪ Product outlet |
| ⑤ Primary angle | ⑫ Recycle opener |
| ⑥ Runner | ⑬ Hole |
| ⑦ Chamber | |

第1図 ヤコブソンミル概念図
Fig. 1 Schematic diagram of Jacobson Mill.



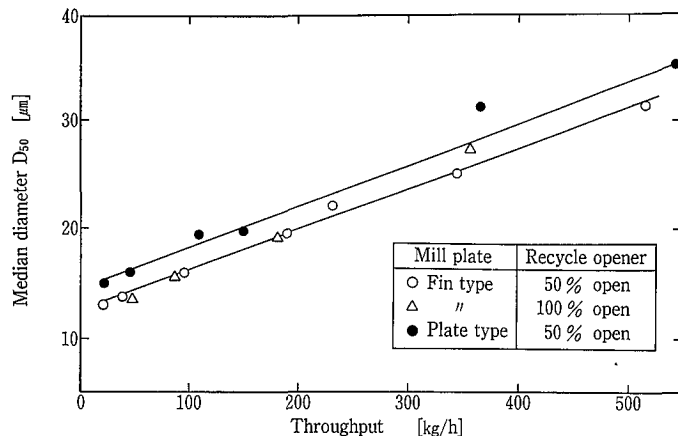
第2図 ミルプレート
Fig. 2 Mill plate.



第3図 ミル周速と平均粒径の関係
Fig. 3 Mill speed vs median diameter.

転により溝内に生じる乱流内で粒子が互いに磨砕しあい粉砕効果を高める働きをしている。このライナは、円周一ヶ所をカットしてあり（C形となっている）、楔により壁面に押し広げるように固定されている。このため楔をはずせば容易に取り替えられる。

粉砕された粒子は、気流によってミルプレート方向へ進み、ミルプレート上を遠心力の作用で円周方向に移動し、微粉はミルプレートに設けられた孔⑩を通り、ミル出口⑪から排出され、その下流に設置されたバグフィルタ等により製品として捕集される。粗粉は、孔⑩を通過せずにさらに円周方向に移動し粉砕室先端付近の開口部から空気取り



第4図 処理量と平均粒子径 D₅₀ の関係
Fig. 4 Throughput vs median diameter.

入れ口⑩につながる循環路⑨を通り、吸引される一次空気とともに入口側へ戻り、再び粉砕される。このように、分級のための二次空気を必要としない。

粉砕により試料は発熱するが、粉砕機内へ排風機によって主に空気取り入れ口より吸引される空気により冷却される。また、プラスチックの粉砕等では、水の蒸発潜熱を利用して冷却出来るように、粉砕室に液添加用ノズルが付属している。なお、ミルプレートは、第2図に示すフィン有するフィンタイプと、フィンの無いプレートタイプがある。

処理対象物の種類や粉砕条件に応じてビータープレートの枚数と、ミルプレートの種類を選ぶが、シャフト端部の締付けナットをはずすことにより、容易に構成を替えることが出来る。

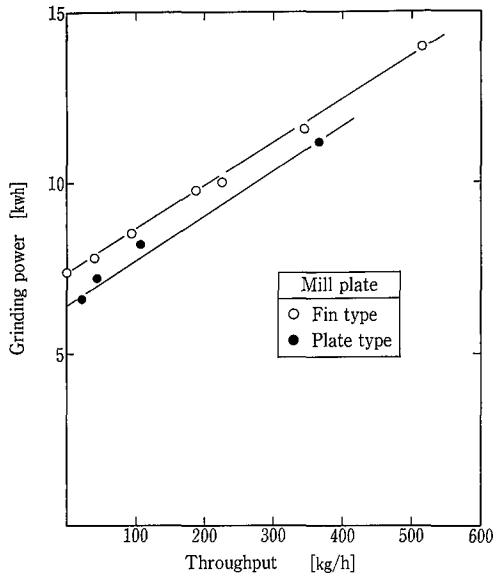
当社テスト機（12-H）では、ミルに碎料を供給するスクリーフィーダ用のモータと、ミル用のモータに各タイムバタを設けており、回転数を変化出来るようにしている。

また、ミルの空気入口に熱交換器を取付けることにより加熱、あるいは冷却した空気を取り入れることが可能で、加熱あるいは、冷却雰囲気で行粉砕することが出来る。

2. ヤコブソンミルの特長

粉砕システムを構成する上で、ヤコブソンミルは次の大きな特長を有している。

- 1) ミルの構造が横軸型で、粉砕板片持構造のため、ミル前面扉を開けて、極めて容易に点検、清掃等のメンテナンスが出来る。
- 2) 分級用の二次空気の必要がないためミル排風量が少なく、経済的なシステムで設計が出来る。
- 3) 熱感性材料の粉砕に対しては、冷風を使って低温度で粉砕が出来る。
- 4) 熱ガスを導入することにより乾燥操作が粉砕と同時に出来る。
- 5) 粉砕室に水を添加して蒸発潜熱で粉砕温度を低くする方法も可能である。
- 6) 粉砕品を強制的に排出するため、原料の内部への付着、生成を抑えることが出来る。



第5図 処理量と粉砕動力の関係
Fig. 5 Throughput vs pulverizing power consumption.

7) ビータープレートの枚数, ミルプレートの種類, ミルの回転数等を変化することにより, 種々の砕料及び要求粒度に対応することが可能である。

3. 基本的な粉砕特性

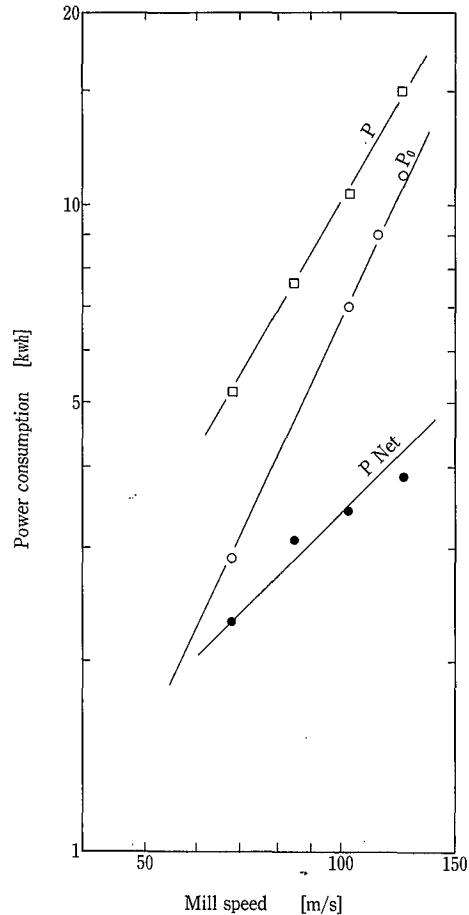
種々の砕料に対して要求される粒度が異なるため, 全ての砕料に適合する操作条件をあらかじめ決定することは難しく, 経験や実粉体でのテストにより条件を見い出している。そこで一例として, 重質炭酸カルシウム (砕料平均粒子径 d_{50} = 約 250μ) に対する操作変数の粉砕に与える影響の実験結果を紹介する。

第3図は, 処理量を 200 kg/H で一定にしてミルのビータープレート回転数を変化させ, 周速と粉砕物の平均粒子径 (d_{50}) の関係をみたものである。また第4図は, ミル回転数 (周速 100 m/s) を一定とし, 処理量を変化させて処理量と平均粒径の関係を調べたものである。これらのデータから一定の相関が得られ, 同一処理量に対しては, ミル周速を早くすることにより粉砕粒度は小さくなり, またミル周速一定でも処理量を減らすことにより粉砕粒度が小さくなることわかる。

ただし, このようなことは炭酸カルシウムの場合には顕著であるが, 非常に粉砕容易な塩や, 逆に粉砕が極めて困難なグラファイトのような物質の場合には, 処理量を変化させても粉砕粒度はそれ程変化しない。一般的に, 種々の砕料に対して, その粉砕粒度に一番影響を与えるのはミル周速であるといえる。

次にミル動力について調べたのが第5, 6図である。動力消費量は, 処理量とミル周速が大きくなる程, ミルの動力は大きくなる。ミルの運転動力 (P) と処理量 (Q) との関係は, 第5図に一例を示すように $P \propto Q$ となる。

第6図は, 処理量 200 kg/H におけるミル周速と運転動力及び無負荷動力の変化を示したものである。無負荷時の動力 (P_0) と周速 (V) の関係は, およそ $P_0 \propto V^2$ となっている。図には同時に運転動力 (P) から無負荷の動



P : operating power consumption
P₀ : power consumption with no load
P_{net} : net power consumption

第6図 ミル周速と動力の関係
Fig. 6 Mill speed vs power consumption.

力 (P_0) を差し引いた正味の粉砕動力 (P_{NET}) と周速 (V) の関係を示したが P_{NET} はほぼ周速に比例している。

これらのデータから運転動力はミル回転数の $1 \sim 2$ 乗に比例することがわかる。小型テスト機では, 高速回転になる程, 無負荷動力値がモータ容量に占める割合が大きくなり, 実際に粉砕仕事に寄与出来る動力が少なくなる。

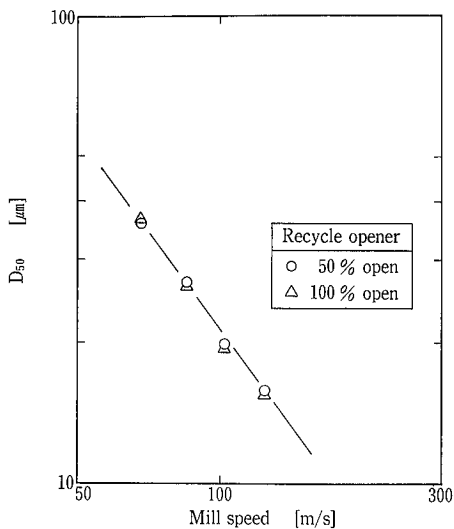
ミルプレートは, フィンを有するフィンタイプと, フィンの無いプレートタイプのものがあるが, その特性については, 第4, 5図から, フィンタイプの方が若干粉砕動力が大きくなるものの, 粉砕品の平均粒度は微粉側にシフトしており, リサイクル効果が大きいことを示している。

リサイクルバルブの開度は, 全閉にするとリサイクル効果が無くなり粗粒が増加するが, 第4, 7図に示すように開度50%以上では大差ない場合が多い。

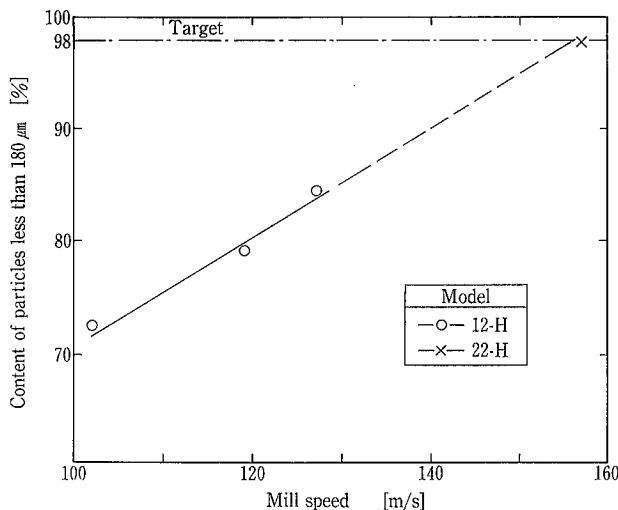
4. 粉砕例

各種の試料を処理した実施例を第1表に示す。この表に示す様に, ヤコブソンミルは, いろいろな分野に適用することが出来る。

原料の種類, 原料サイズ, 要求粒度が各々異なっているが, 単位動力当たりの処理量から物質の粉砕の難易度を比



第7図 リサイクルバルブの影響
Fig. 7 Effect of recycle opener.



第8図 CMC粉砕における目標粒子の割合と周速の関係
Fig. 8 Relationship between particle size and mill speed for pulverizing CMC.

較すれば、難粉砕性のものとしては、ゴム質、天然の繊維質のものが、正味単位動力当たりの処理量は、1~10 kg/KWh 程度、また、易粉砕性のものとして塩、顔料等は 100~300 kg/KWh 程度の処理が出来る。一般的には、正味単位動力当たりの処理量として20~70 kg/KWh 程度のものが比較的多い。

第1表に示した試料の多くは、現在主として他形式の軸流衝撃式ミル、ハンマーミルあるいはジェットミル等にて粉砕されており、ヤコブソンミルがこれらの代替として使用可能なことが確認出来た。

一方、テスト機(12-H)は、ベアリングの限界回転数が最高8000 RPM(周速130 m/s)となっている。第3図に示したように粉砕操作は、ミル周速を大きくする程、微粉砕が可能となる。

テスト機としての上限周速で粉砕を行っても、その粉砕がまだ十分でない場合には、周速と粒度の関係から外挿す

第1表 ヤコブソンミル粉砕例

Table 1 Examples of pulverized material by JACOBSON MILL

Name	Material size	Product size
Powder coating	Flake 10*20*1 mm	Av. 35 μ
Toner	Less than 2 mm	Av. 20 μ
Engineering plastics	Flake 20*40*1	Av. 350 μ
Phenol resin	5~10 mm	Less than 150 μ
Melamine resin	Av. 26 μ	Av. 6 μ
PVC	5~10 mm	Less than 1 mm
Rubber hose	Less than 8 mm	Less than 1 mm
Salt	Av. 400 μ	50~100 μ
Spice	Miscellaneous	Av. 60 μ
Rice	Grain	Av. 40 μ
Calcium silicate	Av. 100 μ	Av. 50 μ
CMC	Max. 3 mm	Less than 180 μ
Toner additives	Av. 20 μ	Av. 8 μ
Herbal medicine	10*10 mm dia	Less than 150 μ
Cellulose	Cotton-like	Av. 20 μ
Organic pigment	Av. 20 μ	Av. 1 μ
Mirabilite	Av. 400 μ	Av. 50 μ
Fish meal	Av. 200 μ	Av. 70 μ

ることにより、大型機で実現出来る最大周速の範囲(150~160 m/s)で得られる粒度を推測することが出来る。次に一例を紹介する。

第8図はテスト機と中規模生産機(22-H)を用いてCMCを粉砕した例であり、180 μm以下の粒子が98%以上という目標に対して、12-H型の上限周速近くでの粉砕品の180 μm以下の粒子割合とミル周速の関係をプロットした。この関係を外挿すると周速150~160 m/sで目標を達成出来ると推測される。これを確認するために、22-Hを用いて周速157 m/sで粉砕テストを行い、その粉砕品の180 μm以下の粒子割合を同じく第8図に示した。この結果から、周速の外挿により粉砕粒度を推測することが実機の周速範囲内で可能であると判断出来る。

むすび

ヤコブソンミルは上市以来、粉砕性能はもちろんのこと、メンテナンス性の良い微粉砕機として広く認められてきた。このヤコブソンミルについての基本性能と粉砕例を紹介した。当社の技術研究所には12-H型粉砕機が用意され、粉砕試験を通じ、適用分野拡大へのお手伝い出来ることを念願しています。

〔参考文献〕

- 1) 谷口：「ヤコブソンミルの紹介」, 神鋼パンテック技報 Vol. 36, No. 3 (1992)