

【特集】製造現場からの期待
「こんな化学機器・装置が欲しい」

マイクロビーズの ハンドリング技術

日本コークス工業(株)
栃木工場 粉体技術センター 飯塚 秀明*

*Hideaki IITSUKA, Tel.: 0282-28-1161
h.iitsuka@n-coke.com
〒328-8503 栃木県栃木市国府町 1

1. はじめに

近年、ナノテクノロジーの発展に伴いサブミクロン～ナノレベルの粉碎・分散処理が求められている。例えば、各種インキ、特殊インキ、塗料、顔料、カラートナー、PZT、ITO、酸化チタン、チタン酸バリウム、各種金属酸化物、各種金属、ガラスなど多種多様な材料を、ナノ粒子に分散するため0.1mm以下のマイクロビーズを使用した湿式ビーズミルが採用されてきている¹⁾。

しかし、マイクロビーズは見た目「粉」そのものであり、簡単に飛散して手や衣服に付着するばかりでなく、製品中への混入の可能性も高いため、今まで使用されてきたビーズに比べ取扱いが非常に悪く、ラボレベルでは問題にならなかったが、生産レベルでは問題が発生してきている。そのため、当社では

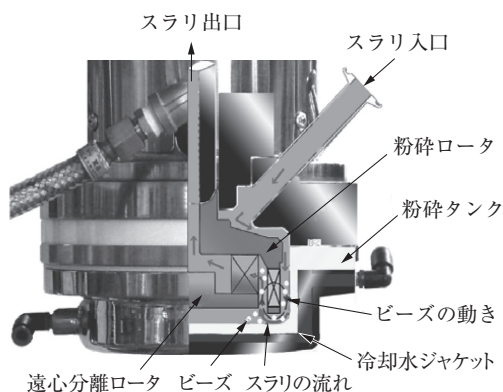


図1 MSCミルの構造

マイクロビーズを使用したビーズミルのハンドリング性を改善するため、周辺機器の開発を進めてきた。

本稿ではマイクロビーズのハンドリングを工夫して作業効率が向上した事例としてMSCミルと組み合わせたビーズの充填・回収方法と手間のかかるマイクロビーズの選別、洗浄作業を全自動で行うことが可能なビーズセパウォッシュを開発したので紹介する。

2. マイクロビーズ対応「MSCミル」

MSCミルは、マイクロビーズを利用した湿式ビーズミルで、ナノ粒子の分散を必要とするユーザーに数多く使用されている。

MSCミルの構造を図1に示す。スラリは粉碎タンクの上部からポンプで押し込まれ、ロータ外側の媒体と接触して粉碎、分散される。そして、図中の矢印のようにスラリに同伴されたビーズは、粉碎ロータの内側に到達すると、粉碎ロータ循環通路を通じて、再びロータの外側へ引き戻され、そこで一つの循環系を作る。また、その中の一部は系外に出ようとするが遠心分離ロータで完全に分離されて、スラリのみ中空の回転シャフトを通して系外に排出される。その後、スラリはホールディングタンクに戻り、再び粉碎室に送り込まれる²⁾。

3. ビーズのハンドリング

MSCミルはマイクロビーズの取扱いを容易にするための周辺機器を準備している。

3-1. ビーズの充填方法

従来のビーズミルのビーズ充填方法は、ロートなどを使用して粉碎室に充填する方法やビーズを溶媒と同時に入れる方法があった。乾いたビーズを充填するのであれば、遠心分離方式のビーズ分離方法を採用しているビーズミルの場合、アジテータを回転させながらビーズを充填しなくてはならないためビーズの空振りなどで摩耗が増えてしまう。濡れたビーズの場合は溶媒と一緒に入れるため、アジテータを回転させずに充填する必要があるが、運転初期にビーズの初期流出を防ぐことが難しい。また、ビーズ径が小さくなるほど沈降速度が遅くなるためビーズの充填時間が多くかかってしまう。

そこで、当社では図2に示すような、ビーズ充填方法を開発した。ビーズ充填用のポンプユニットを使用しビーズと溶媒を同時に供給しながら、アジテータを回転させて充填するため、ビーズの摩耗や初期流出を防ぐことができ、簡単確実に粉碎室にビー

ズを充填することが可能である。しかも充填時間はビーズ径に依らず変わらないため、マイクロビーズの充填時間を従来と比較して大幅に（当社比：約1/3）短縮することが可能になった。

3-2. ビーズの回収方法

図3に示すような従来の回収方法ではビーズの飛散などの問題から作業性、安全性に課題があった。そこで当社ではMSCミル独自のビーズの回収方法を開発した。MSCミルの粉碎ロータは遠心ポンプと同じ作用があり、アジテータを回すとスラリの入口ノズルより液とビーズが排出される（図4）。この方法により粉碎タンク内のビーズは99%以上排出でき、粉碎タンクを分解することなくビーズを回収することが可能である。すなわち、直接マイクロビーズに触れることなく、簡単確実に回収することが可能となった。

また、回収容器にビーズセパウォッシュの選別タンクを使用することにより、タンクをそのままビーズセパウォッシュに取り付け選別洗浄を開始ができることから、ビーズ回収時の飛散防止と作業効率の向上を図れる。

4. ビーズセパウォッシュ

ビーズミルによる粉碎・分散処理では、使用するビーズの管理がその処理の善し悪しを決定する重要な因子である³⁾。仮にビーズの管理をせずに作業を続けたならば、ビーズには摩耗したビーズの破片や残留処理物などが含まれていく。このようなビーズや異物が含まれていると、ビーズとスラリの分離にセパレータを使用しているビーズミルではスクリーンなどに詰まりが生じ連続運転が出来なくなる。また、摩耗して小さくなったビーズをそのまま使用す

ると、初期に比べ処理時間が長くなるケースや、最悪であれば同じ処理が出来なくなるケースもある。さらに、ビーズの小径化が進みビーズの管理は非常に困難になってきている。ビーズセパウォッシュは、これまで技術的に難しかったマイクロビーズの選別洗浄作業を全自動洗濯機のように全自動で簡単に行える装置である。また、洗浄槽には超音波を使用していることからビーズ表面に付着した処理物も超音波で洗浄することが可能である。

ビーズセパウォッシュはメッシュを交換することで0.015mmのマイクロビーズから1mm程度のビーズも効率的に選別洗浄できるのも特徴である。

4-1. 原理と構造

図5に、ビーズセパウォッシュの構造を示す。傾斜させたメッシュ付きのタンクにビーズを入れて洗浄槽内で回転させながら超音波を加えることで、ビーズを効果的に振動させて摩耗したビーズやビーズ破片、残留処理物などの異物を効率的に除去する。また、超音波による洗浄効果によりビーズ表面に付着した汚れを落とすことも可能である。

4-2. 処理例

ビーズセパウォッシュの処理例を写真1～3に示す。写真1(a)～(b)のように摩耗ビーズを選別した例では、篩い上に0.03mmビーズが、篩い下には摩耗したビーズや破片が確認できる。

写真2のように処理物の残骸等の異物が混入している場合でも、篩い上と下で綺麗に選別できていることが分かる。わずかでもコンタミを嫌うような処理において製品の品質向上に効果が期待できる。

写真3は0.1mmビーズの洗浄前後のSEM画像である。洗浄前ではビーズ表面に汚れ層が吸着していたのに対し、洗浄後は汚れ層が除去されているこ

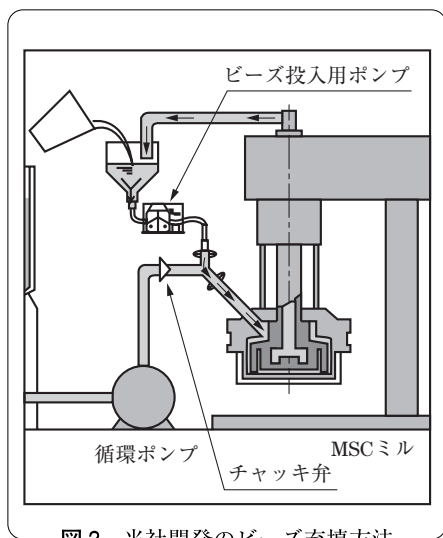


図2 当社開発のビーズ充填方法

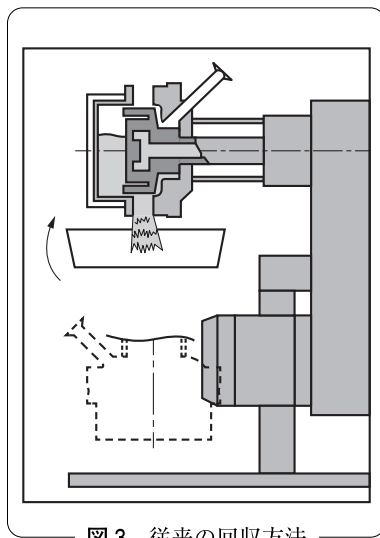


図3 従来の回収方法

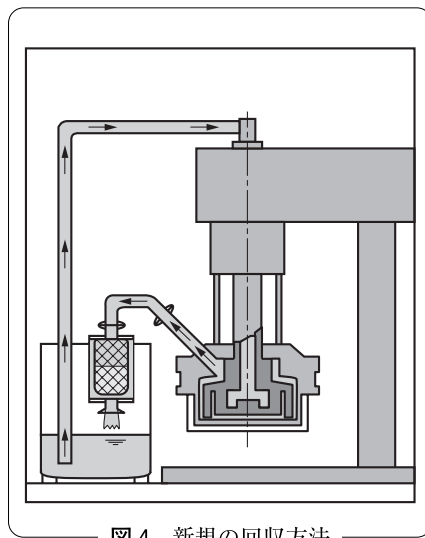
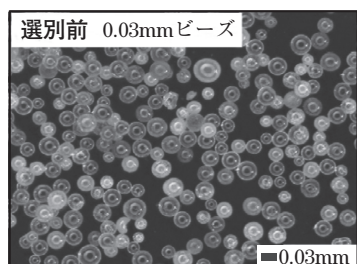
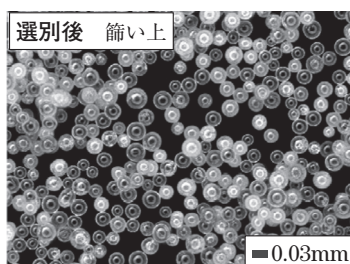


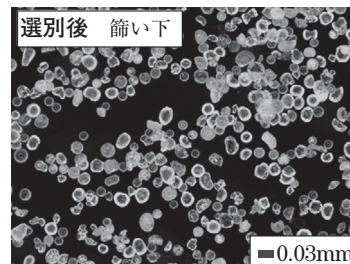
図4 新規の回収方法



(a) 摩耗ビーズの選別(選別前)



(b) 摩耗ビーズの選別(選別後篩い上)



(c) 摩耗ビーズの選別(選別後篩い下)

写真 1

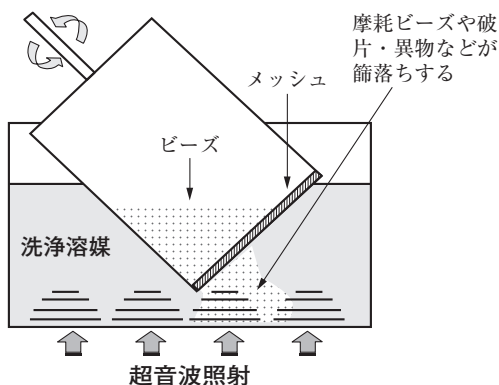


図 5 ビーズセパウォッシュの原理と構造

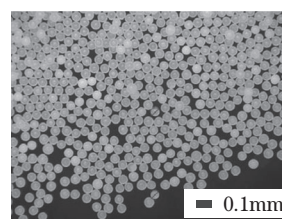
とが分かる。

このようにビーズセパウォッシュを利用し、ビーズ管理が容易になることで高品質な製品を安定して生産することが可能になる。

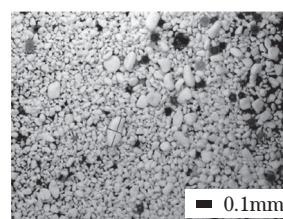
また、今回はビーズミルで使用されるビーズのテスト結果を紹介したが、ブラスト処理や鋳物砂に使用されるビーズなどの選別洗浄などにも使用することができる。

5. 終わりに

本稿では近年、ナノ粒子を製造するため、マイク



(a) 異物除去例 (篩い上)



(b) 異物除去例 (篩い下)

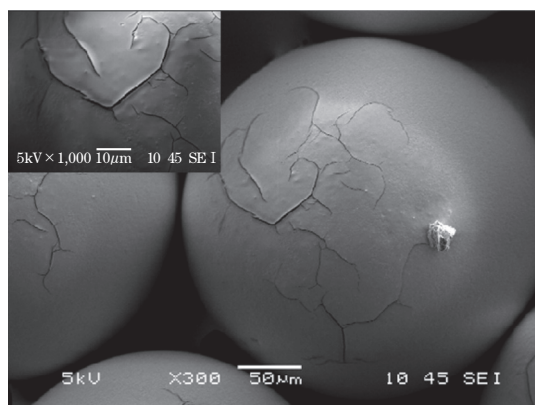
写真 2

ロビーズの利用が増えてきたことから、生産レベルで問題になっているビーズのハンドリングに関する技術について紹介した。当社が開発した MSC ミルやビーズセパウォッシュを利用したビーズ管理を行うことで、マイクロビーズを効果的に利用することができ、安定な品質を保ちながら生産性やランニングコストを改善できると考える。

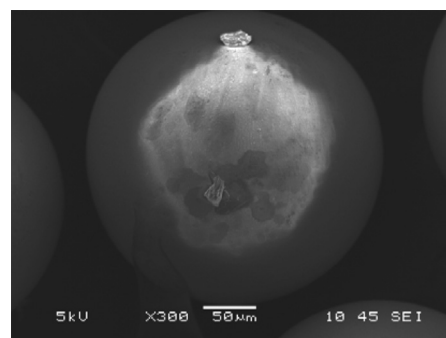
マイクロビーズを利用したナノ粒子の製造技術の発展が今後のナノテクノロジーのさらなる進歩に寄与できれば幸いである。

〈参考文献〉

- 1) 郡司進：最新ビーズミルと高度な粉体処理技術，顔料，55，3405-3414（2011）
- 2) 関根靖由：ビーズミルを利用した粉碎・分散技術，化学装置 7 月号，501-505（2012）
- 3) 粉体技術総覧 63（2012）



(a) 0.1 mm ビーズ表面 (洗浄前)



(b) 0.1 mm ビーズ表面 (洗浄後)

写真 3