

メカニカルシール省略型ビーズミルの開発

株式会社広島メタル&マシナリー 北川 章次、平田 大介、棗田 和之、千田 浩司
Akitsugu KITAGAWA, Daisuke HIRATA, Kazuyuki NATSUMEDA, Koji SENDA

Key Words: ビーズミル、シールレス構造、分散、粉砕、部材摩耗

1. はじめに

ビーズミルは、ミクロンからナノサイズの粒子を含むスラリーの粉砕・分散処理に用いられる装置であり、回転軸の密閉化のためにメカニカルシールが採用されている。しかし、メカニカルシールは、モノマー添加スラリーやナノ金属スラリーなどでは損耗が激しく処理できない、もしくは、処理できたとしても短期間で故障するといった問題がある。さらに、医薬品などではメカニカルシールからのコンタミネーションを嫌うスラリーもあるため、ビーズミルの適用範囲を狭める原因となっている。これらの問題を解決するため、当社ではメカニカルシールを省略した「シールレスビーズミル」の開発を行った。

2. シールレスビーズミルの設計思想と構造

2-1 設計思想

従来のビーズミルでは、スラリーをポンプで押し込むことでミル内が加圧されるため、回転軸と固定部の間隙を密閉化し、ミル内からのスラリー漏洩を防止する必要がある。そのため、回転軸にメカニカルシールを設置することで、ミル内を密閉化している。

当社が開発したシールレスビーズミルでは、**図-1**の基本概念図に示すように、回転軸と固定部の間隙からのスラリー漏洩を防止するため、ビーズミル上部にスラリーを貯留する空間（貯留槽）を設置した。さらに、回転軸にポンピングリングを設置することにより、貯留槽中のスラリーを回転軸と固定部の間隙に押し込むことで、ミル内を加圧する構造とした。この構造を採用することで、ミ

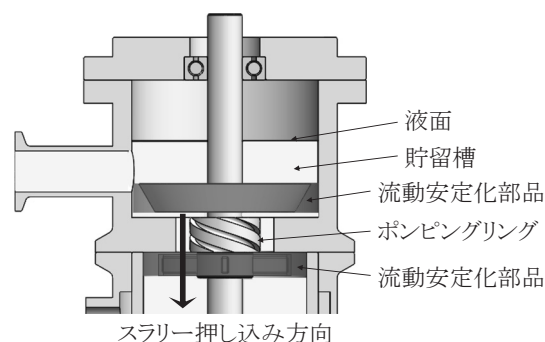


図-1 シールレスビーズミルのメカニカルシール省略部の基本概念図

ル内からのスラリー漏洩を防止でき、メカニカルシールを省略することができる。

ただし、このような単純な構造ではミル内、および貯留槽内のスラリー流れの変動によるビーズ流出やミル内でのビーズ偏在といった問題が生じる。その対策のため、流動安定化部品を設置しているが、その詳細は省略する。

当社では、異なるビーズ径での処理に対応するため、スリット式ビーズ分離方式のアベックスミル（AM）と遠心式ビーズ分離方式のウルトラアベックスミル（UAM）において、メカニカルシールを省略したシールレスビーズミルを開発した。

2-2 シールレス・アベックスミル

「シールレス・アベックスミル（SL-AM）」は、0.3 mm 以上の中径、および大径ビーズの使用を想定したビーズミルであり、スリット式ビーズ分離装置を採用している。このビーズ分離装置はミル底部にあり、ビーズ径に合わせてスリット幅を自動調整できる構造である。

SL-AM の構造イメージ図を**図-2**に示す。なお、スラリー流れを明確にするため、流動安定化部品の記載は省略した。SL-AM 内のスラリーは、ミ

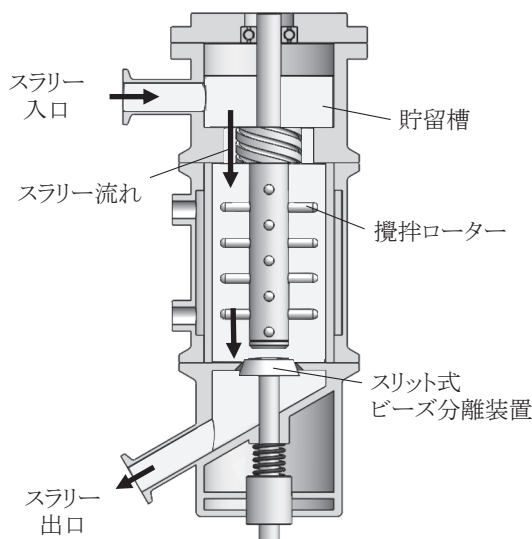


図-2 シールレス・アベックスミルの構造イメージ図

ル上部の貯留槽からミル底部に下降し、ビーズ分離装置でビーズと分離された後にミル外に排出される。このスラリーの本来の流れとポンピングリングによるミル内へのスラリー押し込み流れが同じ方向であるため、比較的単純な構造の流動安定化部品でも、回転軸と固定部の間隙からのスラリー漏洩を防止できる。

SL-AMはサブミクロンからミクロンサイズの粒子を製造することができるビーズミルである。スリット式ビーズ分離装置を採用しているため、低速攪拌でもビーズ漏洩を防止できる特徴がある。低速回転することで、部材とビーズからの摩耗粉を抑制でき、医薬品粉碎などの低コンタミネーション処理に最適である^{1),2)}

2-3 シールレス・ウルトラアベックスミル

「シールレス・ウルトラアベックスミル (SL-UAM)」は0.1~0.5 mmの比較的小径のビーズ使用を想定したビーズミルであり、遠心式ビーズ分離装置を採用している。SL-UAMでは、回転停止時のビーズ漏洩防止対策として、ビーズ分離装置をミル上部に設置している。

流動安定化部品の記載を省略したSL-UAMの構造イメージ図を図-3に示す。SL-UAM内のスラリーは、ミル底部からミル上部のビーズ分離装置へ上昇し、ビーズ分離装置でビーズと分離された後に、貯留槽を経由してミル外に排出される。この結果、このスラリーの本来の流れとポンピングリングによるミル内へのスラリー押し込み流れが逆方向になっている。このように、SL-UAMには2つの異なる方向のスラリーの流れが回転軸周辺に

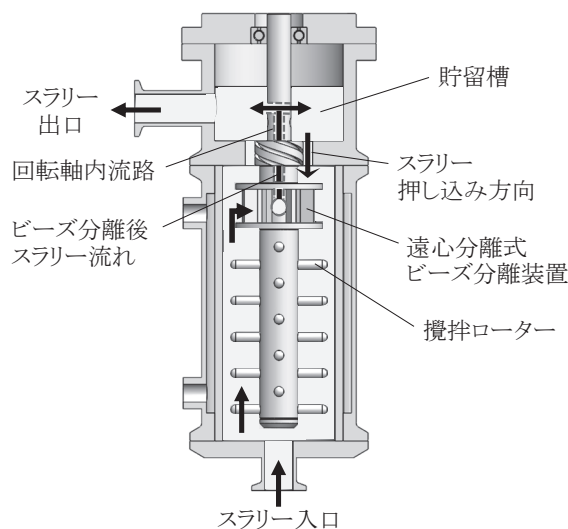


図-3 シールレス・ウルトラアベックスミルの構造イメージ図

存在するため、ポンピングリングでミル内を加圧するには、SL-AMよりも複雑な構造が必要である。それに対応するため、回転軸を中空軸とし、軸内にビーズ分離後のスラリー上昇流を通過させることで、異なる方向の2つの流れを分離した。ただし、この構造ではスラリーの押し込み圧力が低くなり、ミル内の流れの変動影響を排除しづらいため、ビーズが漏洩しやすかった。これに対応するため、SL-AMのものよりも複雑な構造の流動安定化部品を設置しているが、その詳細は省略する。

SL-UAMはナノからミクロンサイズの粒子を製造することができるビーズミルである。遠心式ビーズ分離装置を採用していることで、0.1 mmの小径ビーズも使用できるため、スリット式では対応できないナノ粒子の製造も行うことができる。

3. 試験結果

性能確認試験では、医薬品原料であるフェニトイン粉碎をAM (メカニカルシール有)、SL-AMで、また、化粧品材料である酸化チタンの分散をUAM (メカニカルシール有)、SL-UAMで行った。

フェニトイン粉碎は、0.3 mmビーズを使用し、周速2 m/sで行い、酸化チタン分散は、0.1 mmビーズを使用し、周速10 m/sで試験を行った。各粉碎・分散処理におけるメジアン径の経時変化を図-4、5に示す。いずれの場合でもメカニカルシールの有無による粉碎・分散速度に差はなく、メカニカルシールを省略したことによる処理能力の低下は認められなかった。このように、本研究で開発したシールレスビーズミルは従来のビーズミル

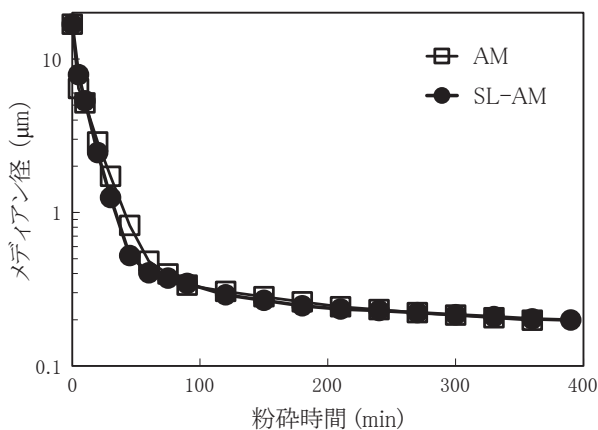


図-4 アベックスミルにおけるメカニカルシール有無でのフェニトイン粉碎の処理速度比較

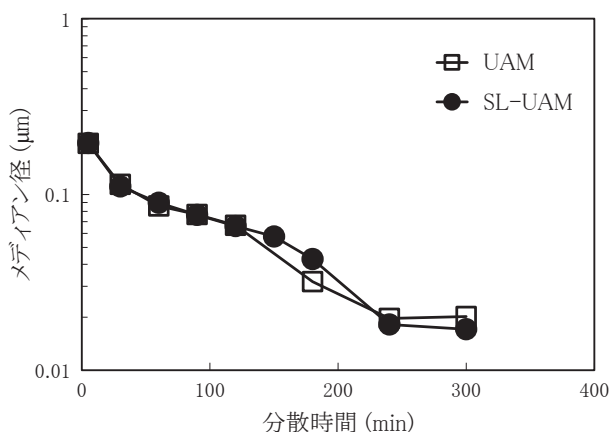


図-5 ウルトラアベックスミルにおけるメカニカルシール有無での酸化チタン分散の処理速度比較

と同等の微粒化能力があることが認められた。

4. おわりに

(株)広島メタル&マシナリーでは、2020年に業界初のメカニカルシールを省略したシールレスビーズミルを開発した。当社で開発したメカニカルシール省略型ビーズミルの外観を写真-1に示す。この開発により、従来はビーズミルで処理できなかったスラリーにも適応することができるうえに、コンタミネーション抑制やメンテナンス負荷の大幅な低減などのメリットが享受できる。



写真-1 シールレスビーズミル外観写真

当社は、今後も湿式粉碎やナノ分散などの分野を中心に、ビーズミルの多様化するニーズに応えるべく、更なる新機能の装置および処理技術の開発を行っていく所存である。

引用文献

- 1) 茨城哲治、平田大介、田中宏典、落井裕也：“シール装置省略型ビーズミルの開発とナノ薬剤粉碎への適応”、化学装置、11、p. 32 (2020)
- 2) 茨城哲治、平田大介、田中進也、千田浩司、山口郁：“ビーズミルによる医薬向け超低コンタミのナノ結晶製造技術”、化学装置、7、p. 33 (2021)



きたがわ あきつぐ
北川 章次
(株)広島メタル&マシナリー
ケムテック事業部 課長代理

〒737-0144 広島県呉市広白岳1丁目2番43号
TEL: 0823-73-1135 FAX: 0823-73-1182
E-mail: a.kitagawa@hiroshimamm.com

ひらた だいすけ
平田 大介
同上

なつめ だ かずゆき
森田 和之
同上

せんだ こうじ
千田 浩司
同上