

SVミキサーの新用途とシステム

New Applications and Systems of SV MIXER



(化)技術部 設計第2課
和田 雅之
Masayuki Wada

SV MIXER has been widely used as mixing and drying equipment for powder, and is expanding its applications.

This paper describes some test results for new applications, some actual uses for reaction/concentration/drying process, and an outline of such applications as extraction/drying and filtering/drying processes.

Weighing/mixing/pneumatic conveying and drying/pneumatic conveying/weighing systems including SV MIXER are also described.

まえがき

SVミキサーは、逆円錐形容器内に自公転するスクリューを持ち、粉粒体に三次元的な対流運動を与える構造で、主として粉粒体の混合機として用いられてきたが、ここ数年、その独自の混合機構を有効に利用して、ファインケミカル、医薬品、合成樹脂、農薬、染料・顔料、窯業、食品などの広範囲において真空乾燥機として数多く使用されている。

粉粒体混合機としてのSVミキサーの機構、混合特性およびそのスケールアップについてはすでに述べた¹⁾²⁾

また、SVミキサーの応用としての真空乾燥操作³⁾や新しい用途として、PET樹脂チップの結晶化・乾燥およびPPS樹脂の熱処理についてはすでに報告した⁴⁾。

本稿では、SVミキサーの最近の用途の中から、液体状有機化合物の反応・濃縮・乾燥を1台で処理した例をとりあげ、実験結果と実機への適用について紹介する。

また、抽出・乾燥、汙過・乾燥等をSVミキサー1台で処理した例についても概要を紹介する。

SVミキサーを中心とした粉粒体の真空乾燥システム、混合システム、液体から粉体への反応・汙過・乾燥システム等の中から、その一例として計量・混合・空気輸送システムと乾燥・空気輸送・計量システムの適用例についても紹介する。

1. SVミキサーの特長

いままでに報告されたSVミキサーの特長をまとめる。

SVミキサーは、容器固定形混合機の一つで、第1図のような粉粒体に三次元的な対流運動を与える独自の混合機構とその構造により次のような優れた特長をもっている。

1) マイルドな混合状態が得られる。

スクリューはゆるやかに自公転するため、粉粒体粒子を破壊することがほとんどなく、柔らかい結晶の混合・乾燥にも適している。

2) 伝熱効率がよい。

原料全体を対流混合させながら伝熱面近くの原料を強制的に攪拌するため、伝熱効率がよく、均一な乾燥が容易に達成できる。

3) 消費動力が少ない。

容器内の原料を全部同時に機械的に攪拌しないため、

消費動力が少ない。

4) 減圧操作により比較的低温で乾燥できる。

熱的に敏感かつ不安定な原料に対して、比較的低温で乾燥することができる。

5) 原料の仕込み・排出が容易である。

容器固定式のため原料の仕込み・排出が容易であり、自動化することができる。また、容器形状が逆円錐形であり、スクリュー翼による攪拌によってブリッジングを起こすことなく、容易に排出できる。

6) クローズドシステムで操作することができる。

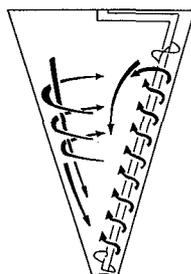
危険な溶剤の回収に適するとともに、外部からの異物混入によるコンタミを防止することができる。

7) 自動化が容易である。

容器固定形であるため、機器へのアクセス、計装化が容易であり、操作性がよく、自動化が容易である。

8) 容器内に軸受がない。

スクリュー軸にかかる荷重はすべて公転軸アーム部にて受持ち、軸下端は荷重的にまったくフリーの状態となっている。なかでも、Vタイプは容器底部に付属物はまったく無く、容器直下への排出も可能である。Rタイプには、ラジアルローケータ(R/L)が付属するが、これは容量増加に伴い長くなったスクリュー軸の軸端振れ止めである。ラジアルローケータは、従来の軸受に比べその接触部における発熱が非常に少なく、操作上のトラブルが少ない。熱に過敏な粉粒体に対しては、さらに安全をみて水冷式タイプも用意されている。従来、スクリュー軸端がまったくフリーのVタイプは、2000ℓ以下が標準であったが、かさ比重、流動性等の粉粒体の諸物性および攪拌動力によって、混合機として8000ℓ、乾燥機



第1図 SVミキサーの混合原理
Fig. 1 Mixing principle of SV MIXER

として5000ℓまで対応した実績がある。

2. 有機化合物の反応・濃縮・乾燥

液体状有機化合物の反応から乾燥粉化の工程は、従来、反応機、脱水機、乾燥機の3台で行われ、つぎのような問題点があった。

- 1) 反応機、脱水機、乾燥機と3台必要であり、インシヤルコスト、ランニングコストとも高つく。
- 2) 各装置のつなぎにおいて、多くの人力、手間がかかることがある。
- 3) 各装置のつなぎにおいて、異物混入の恐れがある。

そこで、真空乾燥型SVミキサー1台で、大気圧下での反応後、引き続いて真空下で濃縮・乾燥を行い、乾燥粉を得ることを目的としてテストを行った。

次にその概要を述べる。

2.1 テストの方法

テスト装置は、100ℓSVミキサー真空乾燥ユニットを使用し、反応・濃縮・乾燥状態の確認、スケールアップデータの測定を行った。テスト装置の概略フローを第2図に示す。また、テストユニットの各機器の仕様を第1表に示す。

1) 反応工程

SVミキサーに反応媒体として水を仕込み、原料粉体である弱酸性有機化合物を溶解させながら外套にスチームを供給し加温する。次に弱アルカリ性の原料液体を投入し、約95℃に保持することによって中和反応を進める。

2) 濃縮・乾燥工程

反応終了後、外套にスチームを供給し、加熱しながら容器内を真空引きすることにより、真空下で濃縮・乾燥を行い内容物を粉化させ、水分0.1%以下とする。

2.2 テストの結果

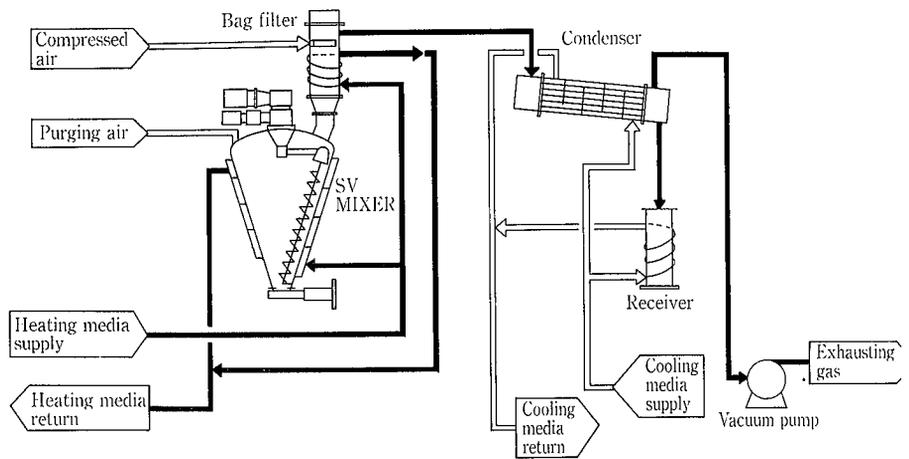
テスト結果を第3図に示す。

水への原料粉体・液体の溶解により内容物は高粘度化し均一な混合・加熱状態が持続され、良好な反応物を得ることができた。

その後の真空下での加熱で、内容物からの脱気、水分蒸発が行われ、高粘度液体状から泥状となり、やがて湿粉から乾粉へと状態が変化していった。泥状から湿粉状に至る過程において、内容物がねばねばした状態となり徐々に造粒され、撹拌トルクが増大した。これはこの過程で内容物の固・液・気系構造が造粒物が生じやすい状態となり、加熱、撹拌によって促進されたためと考えられる。

さらに乾燥がすすむにつれ造粒物が徐々に崩壊し、粉状となり、撹拌トルクは減少した。結果として水分が約60%から40%の間が撹拌トルク最大となった。

水分約1%まで恒率乾燥が続き、つぎに減率乾燥域を経



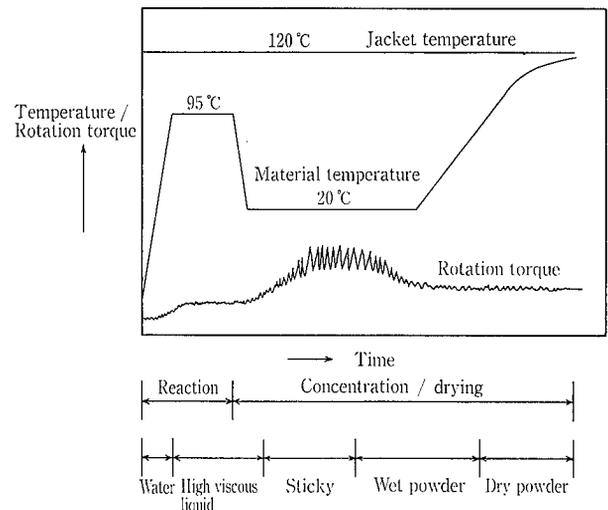
第2図 SVミキサー真空乾燥ユニット概略フロー

Fig. 2 Schematic flow of SV MIXER vacuum drying unit

第1表 SVミキサー真空乾燥ユニット機器仕様

Table 1 Equipment specification of SV MIXER vacuum drying unit

Equipment name	Equipment specification
SV MIXER	Effective volume : 100 ℓ Motor rated output : Screw : 1.5 kW Arm : 0.2 kW Rotation speed : Screw : 36~144 rpm Arm : 1~4 rpm Heat transfer area : 0.9 m ²
Bag filter	Cloth area : 0.4 m ²
Condenser	Type : Shell and tube
Vacuum pump	Type : Water-ring vacuum pump Pumping speed : 850 ℓ/min



第3図 反応・濃縮・乾燥曲線

Fig. 3 Reaction, concentration and drying curve

て目標の水分0.1%以下の良好な乾粉を得ることができた。

恒率および減率乾燥期間の平均総括伝熱係数 U_{av} は各々約130 kcal/m²・hr・°C, 10 kcal/m²・hr・°Cであった。

なお、水分約10%から1%までの間、粉の飛散が多くバグフィルタの逆洗(払い落とし)を行う必要があった。

各所要時間は、仕込・昇温・反応:約3時間、濃縮・乾燥:約7時間であった。

2. 3 実機への適用

テスト結果より実機へのスケールアップを行った。
 自転攪拌動力のスケールアップは、当社の次スケールアップ式を使った。²⁾

$$P_s = K_2 \cdot (V/V_0)^m \cdot (Q/Q_0)^n \cdot P_{s0}$$

ここに

- P_s : 自転攪拌動力 (kw)
- V : 装置有効容量 (ℓ)
- Q : スクリュー搬送量 (m³/h)
- 添字0: テスト機の値
- K_2 : スケールアップ係数
- m, n : 実験係数

テスト機の自転攪拌動力 P_{s0} は、造粒現象発生過程での攪拌トルク増大時の最大値を採用した。

実機の仕様の概要を次に示す。

- 称容量 : 3 000 ℓ
- 自転モータ: 18.5 kW
- 公転モータ: 1.5 kW
- 自転回転数: 59 rpm
- 公転回転数: 1.3 rpm

実機では、仕込・昇温・反応: 約4時間、濃縮・乾燥: 約17時間でオーバーロードすることなく水分0.1%以下の良好な粉体を得ることができた。

3. その他新しい用途の概要

その他のSVミキサーの新しい用途のうち、固液相処理装置としての適用例の概要を次に示す。

3. 1 抽出・乾燥

反応・晶析・脱水後の湿粉をSVミキサーに仕込み、抽剤を加えて攪拌・混合を行った後静置し上澄液を抜き取り、引き続いて真空乾燥を行う。危険な溶剤をクローズドシステムで取り扱うことができ、スラリー状からの乾燥が容易に行い乾粉を効率よく得ることができる。

3. 2 汙過・乾燥

反応後の比較的粒径の大きな固体を含む固液混合物をそのままSVミキサーに仕込み、缶底に設けられた金網によって汙過し、引き続いて真空乾燥を行う。汙過面積を大きくとることができないが、汙過性のよい粉粒体においては、固液分離機を省くことができるうえ、湿粉のハンドリング工程が減ることによる異物混入防止の点においてもメリットがある。

4. SVミキサーシステムの紹介

システム化への対応の一例として、SVミキサーを中心とした、混合システムと乾燥システムの一例を紹介する。

4. 1 SVミキサー混合システム

第4図にSVミキサー計量・混合・空気輸送システムの概略フローを示す。

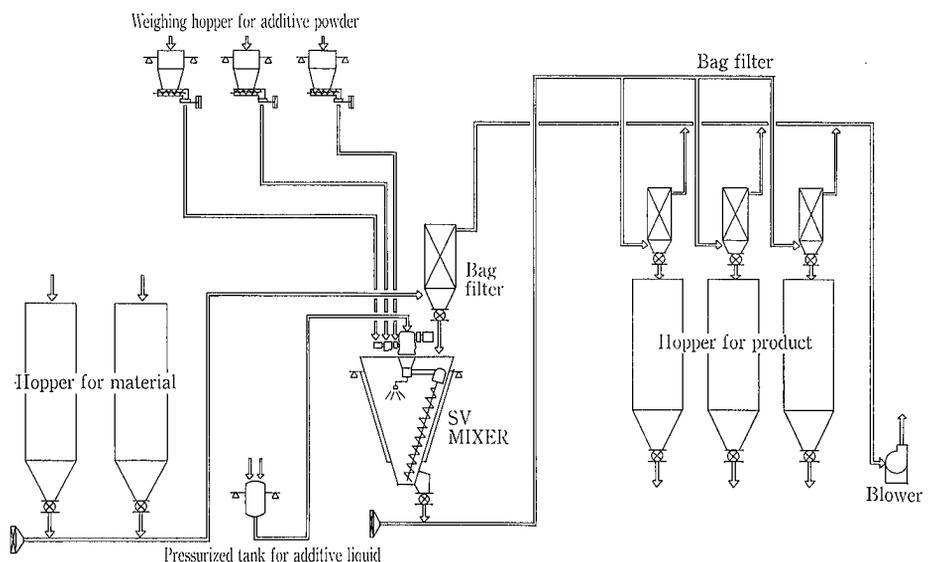
本システムは、樹脂系原料粉体に各種の添加物(粉体、液体)を計量投入後、混合する自動化システムであり、多品種製品での計量精度の向上・安定化、自動化による省人化・運転管理が目的である。

本プロセスの概要を次に示す。

- 1) 大型サイロに貯蔵された樹脂系原料粉体を吸引式空気輸送によりSVミキサーに仕込む。原料仕込量は、SVミキサーに取り付けられたロードセルにより重量で制御され、あらかじめ設定された所定重量だけ仕込まれた時点で空気輸送が停止する。
- 2) SVミキサーに仕込まれた原料重量値に応じた各添加物の仕込量がコンピュータにより演算され、自動的に各添加物の計量設定値が入力される。各添加物は、それぞれ別個の計量ホッパー・計量システムをもち、順次計量設定値に応じた重量だけSVミキサーに仕込まれる。
- 3) すべての原料、添加物がSVミキサーに仕込まれたのち、SVミキサーによってあらかじめ設定された時間だけ混合操作が行われる。超微量成分の混合が必要な場合には、高速剪断型混合機PSミキサーによって予備混合後のものを添加する場合もある。
- 4) SVミキサーにて混合された製品は、ブリッジングを起こすことなく自動排出され、次工程へ空気輸送される。

本プロセスにおける留意点は、次のとおりである。

- 1) 空気輸送
 粉粒体の空気輸送には、低濃度吸引(負圧)輸送、低濃度圧力(正圧)輸送、高濃度圧力(正圧)輸送の各方式が一般的によく使われ、下記条件によって輸送方式の選定、空気輸送設計(輸送用機器の仕様決定)が行なわれる。
 - (1) 被輸送物の安全性、付着性、流動性等の諸物性
 - (2) 単位時間当りの輸送量及びバッチ当りの輸送時間



第4図 計量・混合・空気輸送システム
 Fig. 4 Weighing/mixing/pneumatic conveying system

(3) 輸送距離（水平，垂直，
曲がり個数）

(4) 輸送形態（フロー）等
混合物の空気輸送においては，
空気輸送中において分級
してしまうことがあるので注
意が必要で，あらかじめテス
トを行うこともある。

また，連続して安定した空
気輸送を行うために，

- (1) 被輸送物の輸送ライン
への供給量
- (2) 輸送ラインの圧力
- (3) バグフィルタの差圧等
の制御・監視システムも非常
に重要である。

2) 計量精度

計量精度は，粉粒体のかさ比
重，付着性，流動性等の諸物
性，供給装置の選定，要求計
量時間によって大きく左右される。一般的に，付着性が少
なく，流動性のよい粉粒体で，供給装置の供給流量安定性
のよいものほど計量精度がよく，計量時間も短くてすむ。

供給装置には一般的に，横型および立型スクリーフィー
ダ，テーブルフィーダ，ロータリフィーダ等がよく使われ，
その選定，運転制御がポイントとなる。

4. 2 SVミキサー乾燥システム

第5図にSVミキサー乾燥・空気輸送・計量システムの概略フローを示す。

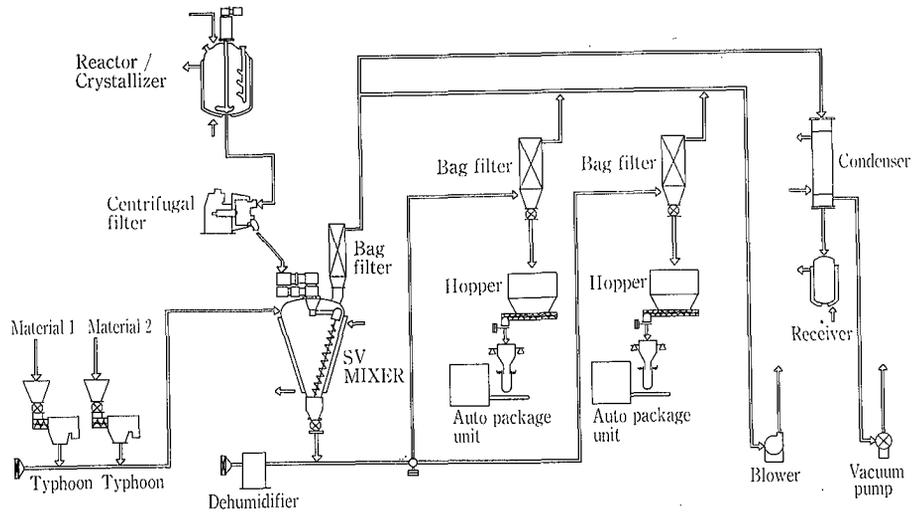
本プロセスの概要を次に示す。

- 1) 反応・晶析缶にて反応・晶析，遠心分離後湿結晶をS
Vミキサーに仕込み，SVミキサーで真空乾燥・溶剤回
収する。
- 2) 乾燥後の粉体に，保証ふるい機タイフーンによって粒
度調整，異物除去された別粉体を空気輸送によりさらに
加え，混合する。
- 3) 乾燥・混合された粉体を空気輸送後，計量・袋詰する。

危険な溶剤を取り扱う乾燥工程がクロードシステムで
あること，乾燥後同一機器で混合ができること，および比
較的低温での真空乾燥のため内容物に熱的な悪影響を及ぼ
さないことが特長である。

乾燥後に造粒物が生じる場合や粒度調整の必要性に応じ
てSVミキサーの後工程に粉碎機や篩機をいれるケース，
ロット調整のために，後工程にさらに大容量の混合型SV
ミキサーを設け，そこへ空気輸送するケースなどとする場
合もある。

本プロセスにおける留意点は，前述混合システムと同様
であるが，乾燥前の粉体のハンドリング，乾燥によって物
性変化を伴う粉体の空気輸送・計量袋詰等の各種操作にお



第5図 乾燥・空気輸送・計量システム

Fig. 5 Drying/pneumatic conveying/weighing system

ける粉体のハンドリングが，混合システムのような乾燥粉
体と異なり困難な場合が多く，ハンドリング技術がシステ
ムの成否を左右する。

5. その他のシステム

高速剪断型混合・造粒・乾燥機PSミキサー，湿式超微
粉碎機コポール・ミル，汎用乾燥機ハイロフライヤー及
びフィルタ・ドライヤー，ユニカル・ドライヤ・ブレンダー
（CDB），保証ふるい機タイフーン等の当社粉体機器
を含む乾燥，混合，粉碎等各種システムについても，ユー
ザニーズに応じて対応している。

む す び

本稿では，SVミキサーの新用途の一例として，SVミ
キサー1台による有機化合物の反応・濃縮・乾燥につい
て，テスト結果と実機への適用について述べた。また，S
Vミキサーを中心とした混合システム，乾燥システムの例
を紹介した。SVミキサーは今後さらに，その独自の混
合機構を有効に利用して，固液相処理装置として用途を拡
げていけるものと確信している。ユーザ各位のご要望に応
えて，さらに用途開発を進めていきたいと考えている。ま
た，長年にわたって蓄積された粉体ハンドリング技術に，
攪拌槽をはじめとする種々の化学プロセス機器の設計・製
作ノウハウを生かし，粉粒体プラントの設計，機器の製作
などを行い，ユーザ各位のご要望に応えたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 神鋼ファウドラ・ニュース Vol. 25, No. 3 (1981/9), p. 1
- 2) 神鋼ファウドラ・ニュース Vol. 27, No. 2 (1983/5), p. 31
- 3) 神鋼ファウドラ・技報 Vol. 27, No. 3 (1983/10), p. 15
- 4) 神鋼ファウドラ・技報 Vol. 31, No. 1 (1987/3), p. 17