

造粒技術紹介 The Art of Granulation Technology

須原 一樹^{a)}・小西 孝信^{b)}
Kazuki SUHARA, Takanobu KONISHI

ホソカワミクロン(株)

a) 国際管理本部グローバルマーケティング室 室長 b) 東京本社営業本部 部長
a) Manager, Global Marketing Division, International Dept.,
b) Manager, Process Engineering, Tokyo Sales Dept.,
Hosokawa Micron Corporation

1. はじめに

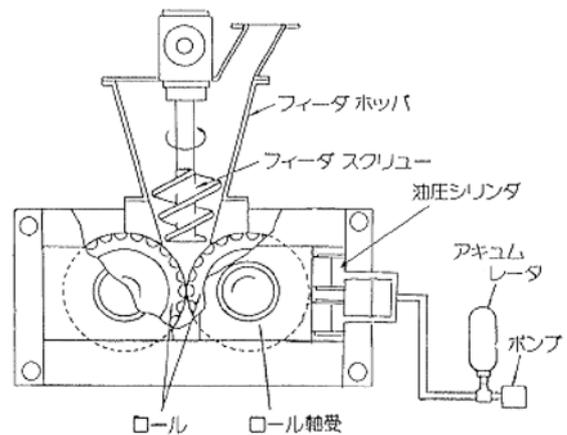
扱いにくい微粉末の性状を改善（流動特性改善，排出特性改善，偏析防止，親水性や分散性の向上，溶解性の制御，見かけ密度改善，作業環境の浄化，粉塵爆発防止，打錠機やニーダーへの予備造粒など）するための操作として造粒操作が重要です。オランダにあるホソカワミクロン HMBV やドイツのホソカワミクロンビーボックスは造粒システムの数多くの納入実績があります。日本のホソカワミクロンもこのたび世界的に有名なシュギのフレキシミックスの日本国内での販売権を得たことで，従来の技術に加え，発展させて造粒技術を高めたいと考えています。ここでは私達の従来の造粒技術とベクストルーダ，フレキシミックス，ボックスローラなどの海外造粒技術とをまとめて紹介いたします。

2. 造粒法と造粒装置の紹介

ここでは，ホソカワミクロンにある造粒機やシステムの特徴を示す。基本的には，目標造粒品の密度や粒度，必要能力，構造形状などにより，造粒方法を決定する。

- i) 見かけ密度が高い大粒径（2 mm 以上）
 - a) 圧縮成型による高密度粒子製造目的とした乾式造粒は，コンパクトリングマシンやブリケッティングマシンを選定する。

内回りに廻るロール間に粉体を押し込みロール間で強い圧縮を与えて成型する方法で比較的密度の高い製品を得る造粒機である。乾式なのでエネルギーが必要



型式：MS-50～600（型式数値はロール圧力 t）

図1 ブリケッティングマシン構造図

な乾燥操作がなく，効率の良い造粒機と言える。数 10kg/h オーダーから 30t/h の処理機がある。農業や肥料などは密度改善と飛散防止を目的に，後段に解砕機や篩機を配置し微粉のない揃った粒（数 mm 程度）に成型する。樹脂や医薬などでは打錠機やニーダーの前段機として，流動性や供給定量性向上，ハンドリング性向上や搬送コスト低減のために見かけ比重向上（例：タルクは 0.1-0.2g/cc の見かけ密度を 0.6-0.8 に向上）を目的に利用される。食品や医薬用として，分解・清掃が簡単な多品種少量生産に適したファーマパクタ型（ロール径 $\Phi 200$ ）もある。

ブリケットはロールに基石状やアーモンド状などの窪みを多数配列し，数 mm 以上の比較的大きな成型品を作る操作で，バイオコルなどエネルギー関連の高密度化（低容量化し，搬送コスト低減や貯蔵を容易にする）に使用する（図 2 参照）。



図2 ブリケット造粒品形状

ii) 見かけ密度が中程度の押し出し式造粒機

a) エクストロードオーミックス EM型

前面へのスクリーンへパドルにて混練しながら押し出しペレットを得る機械で、湿式中圧の造粒機である。径1.2mm-6mmの円柱状の製品が得られる。EM-6～EM-15（Φ150 7.5kW- Φ380 45kW）の型式がある（図3参照）。

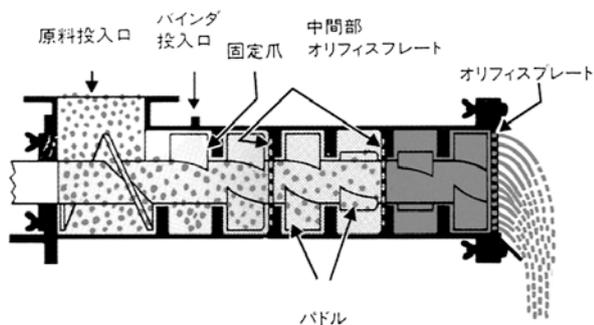


図3 エクストロードオーミックス構造

b) ギヤペレタイザ GCS型

2つのギヤロールの間の供給された原料は、ギアの噛みこみにより圧縮されギアの歯底部に設けられたスクリーンから順次押出されて、ギヤロールの内側にあるスクレーパで切断されてΦ1-5mmペレット状の製品に成型できる（図4参照）。中圧または低圧の造粒機で大口径のペレットに向く。ノズル交換が容易であるので、製品径と硬さが調整しやすく、多品種のペレット製品が得られる。

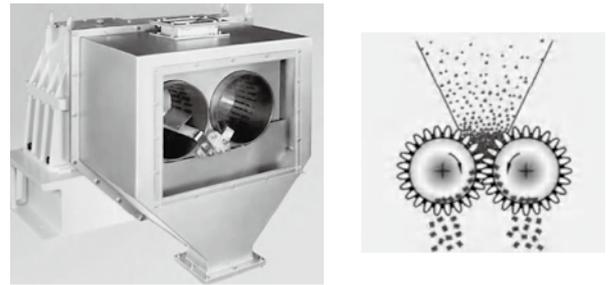


図4 ギヤペレタイザ 外観, 構造

iii) みかけ密度が小の押し出し造粒機ベクストルーダ

Φ0.3から1.5mmの比較的小粒径のペレット顆粒を作る低圧押し出し造粒で、溶けやすい性状が好まれる食品などに使われる（図5参照）。水分を添加しての比較的弱い造粒であるので、後段には流動乾燥機で水分調整する。

iv) 湿式造粒機



図5 ベクストルーダ 外観, 構造

a) フレキシミックス

連続式の混合機・造粒機のひとつで、滞留時間が1秒以内でのロータ周速度20-50m/sの瞬時混合機である。機械サイズのわりに処理能力の大きな混合機である（図6参照）。斜めブレードによる旋回運動と回転運動ならびに重力による圧密がからみあい、混合する（図7参照）。周囲に取り付けられたゴムローラにより、ケーシングを脈動させ、付着に強い自己洗浄機構を持つ。多孔質粒子の造粒になりやすく、インスタント食品や澱粉の改質、合成洗剤、顔料、殺菌剤（水和性顆粒）などの造粒に用いられる。医薬などでは打錠前の安定した製品前の顆粒製造にも用いられている。

縦型であるので、滞留するところがなく、清掃も容易である。一般には粉と液を定量的にフレキシミックスに供給することによって、その粒子間の液架橋を生成し、粒子が結合し造粒が成長する。ある水分までは分散状態で粒子は凝集せず、分散状態である。水分混合割合が増えてくると造粒され始め、造粒径も大きく

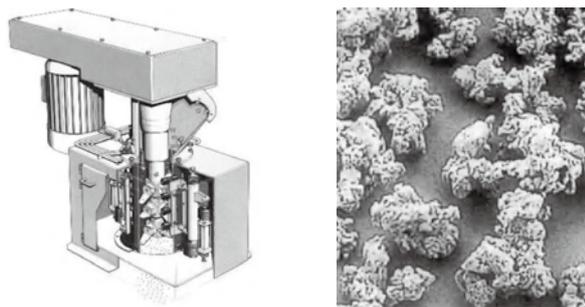


図6 フレキシミックス外観と造粒品（多孔性粒子）

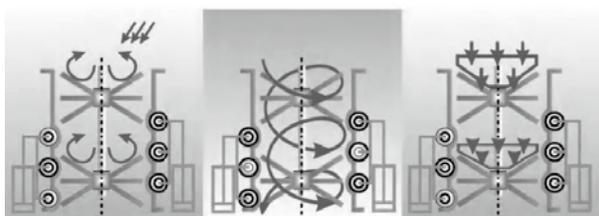


図7 斜めブレードによる旋回運動（左図）、回転運動（中央）、重力による圧密（右図）

なってくるので、水分量により、造粒径を調整できる（回転数やブレード形状も造粒径調整の因子である）。液添加して造粒した場合は後段に乾燥機が用いられる。

フレキシミックスはその他には、吸水ポリマー加湿処理、澱粉改質、加水反応、小麦粉への加湿や造粒、フィルターケーキの解砕など分散機、代用乳混合装置としても使われている。

b) タービュライザ TCX 同様の機種としてホソカワミクロンでは横型のパドル式のせん断力の強いタービュライザがあり、ケーキミックスや液添加に用いられている。

c) パン型転動造粒機 球形の中程度の見かけ密度をもつ処理能力の大きな機械である。たらい状の容器を傾斜させて回転させ、その中で液体を噴霧させて、転動造粒させる方法で数 mm- 数十 mm オーダーの製品が得られる。

d) ナウタミキサなど混合機による造粒技術もあげられる。液状の原料を乾燥中に攪拌条件を調整しながら固め、それを攪拌力により粉碎造粒する操作が実績としてある。比較的高密度になる。また混合攪拌操作中に液を添加し、転動造粒させ、そのままジャケットから加熱し、乾燥製品を得る方法など、混合機も使い方によっては、造粒機として、利用できる。

v) 流動式乾燥機による粒子設計

造粒主体あるいは強い力をかけずに粒子設計する方

法として流動式乾燥機がある。見かけ密度は比較的小さい範囲ではあるが、比重調整や粒径調整が滞留量や噴霧の仕方、分散機構の有無などで調整しやすく、活用範囲も広い機械である。

図8のように液体原料から乾燥し、流動層のなかで転動造粒させ、さらに噴霧を続けることでレイヤリング造粒・乾燥する方式がアグロマスタ AGM-SD 型である。軽質な顆粒品から重質なレイヤリング造粒まで可能である。また AGM-PJ 型は、対向式のパルスジェット分散機構を付加してマスキングやコーティングなど新しい製剤も製作でき、乾燥と同時に粒子設計（1-100 μm 程度の微細粒子の造粒やコーティング）としても利用できる。攪拌造粒は一般的に球形で緻密になりやすく、成形用造粒物、打錠用顆粒に向く（図9参照）。最小2L から容器径 Φ 2000までの大型機まで実績がある。

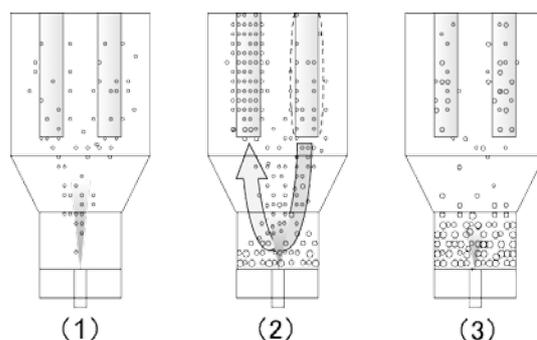


図8 AGM-SD による造粒

- (1) 瞬間固化乾燥による顆粒品造粒
- (2) 転動造粒させ、凝集粒子の成長
- (3) レイヤリング造粒（液体原料が粒子表面に付着し、固化するコーティング）

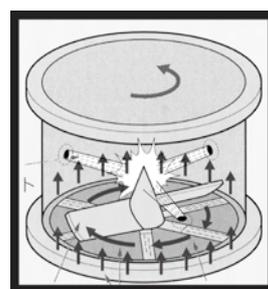


図9 攪拌造粒と分散パルス構造の複合化（AGM-PJ）

3. 周辺機器の紹介

2 - ii) ~iv) で示した湿式造粒では、水分を調整するために後段に粒子破壊しない流動乾燥機が採用されることが多い(図10参照)。またより球形化するために造粒品200 μ m以上のものを球形化するベックスローラがある(図11参照)。造粒操作は前後には解砕機あるいは篩機を設置し、乾式造粒、湿式造粒とも目標の粒度に揃えることもある。参考例として図12にインスタントココアのフローを示した。

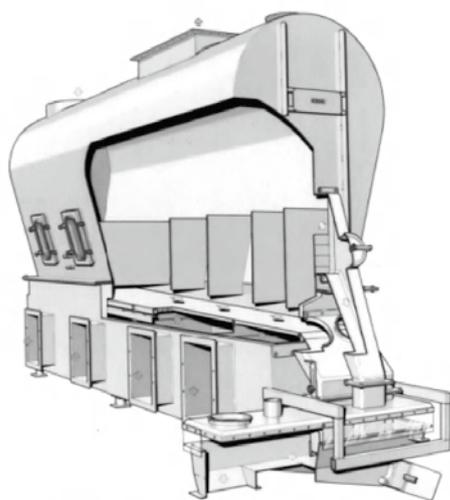


図10 流動乾燥機

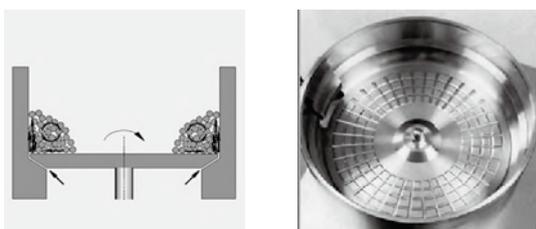


図11 ベックスローラ 構造と皿の形状, 製品形状

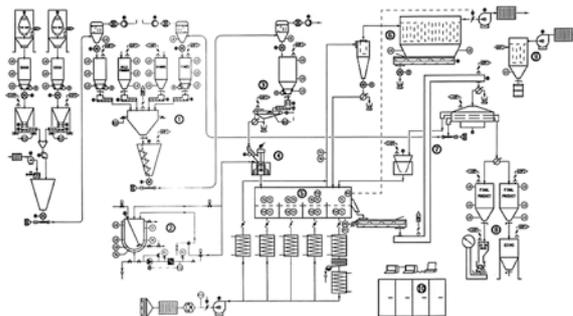


図12 フレキシミックスに前段混合機, 後段に流動乾燥や篩を組み合わせたインスタントココア製造設備

4. まとめ

簡単に現在ホソカワミクロンが販売する造粒機種を紹介してきました。造粒は粒子設計技術のひとつの分野であり、今後も高機能化や高付加価値に向けた応用技術が発展する可能性のある分野であると考えられます。粒子の性能改善, 異物の封じ込め, 流動性改善や飛散防止, 見かけ密度を大きくすることにより取り扱いを良くし, 後段の練りこみ改善や打錠の均一化, あるいは, 運送費削減などテーマは数多く存在します。粒子設計技術と組み合わせやすい技術でもありますので, 粒子設計機サイクロミックス CLX やメカノフュージョン, ノビルタ NOB, ファカルティや粉碎機関連も含めて造粒分野を拡大したいと考えています。今回, 販売権を得たフレキシミックスを中心に応用技術・適用範囲を見直し, 今後も多様化する造粒技術の高機能ニーズに対応して, 芸術的にまとめた提案をして, 実践していく所存ですので, よろしく願いいたします。

Captions

- Fig. 1 Briquetting machine construction
- Fig. 2 Briquetting product
- Fig. 3 Extrud-O-Mix construction
- Fig. 4 Gear Pelletizer construction
- Fig. 5 Construction of Low Pressure Extruder Bextruder
- Fig. 6 Flexomix (porous agglomerates)
- Fig. 7 Swivel, rotation and densification by gravity action by blade
- Fig. 8 Granulation by Agglomaster
- Fig. 9 Complex of agitation and dispersion
- Fig. 10 Fluidized bed drying

Fig. 11 Product spheronization by Bexroller

Fig. 12 Production systems for instant cocoa