

最新の造粒技術

Latest Granulation Technology

岩田 敏昭

Toshiaki IWATA

ホソカワミクロン株式会社 粉体システム事業本部

Powder Processing System Division, Hosokawa Micron Corporation, JAPAN

抄 録

近年、タルクやカーボンブラックなどの微粉のハンドリング性向上を目指した減容化や後工程の性能アップの為に、ロール型圧縮造粒機の導入を検討するユーザーが増え、引合が増えている。2013年に、当社ホソカワアルピネコンパクションからロール型圧縮造粒機を導入後、高強度な成形物が得られる「せん断型ブリケットマシン」を開発した。当社のロール型圧縮造粒機の実証テストは、「ホソカワアルピネコンパクション（ドイツ、ラインガルテン）」と「ホソカワミクロン（日本）」の2拠点で実施可能であり、ユーザー用途に最適な造粒条件の見極めと過去実績をベースに、大型機へのスケールアップを行っている。

本報では、当社の乾式造粒のロール型圧縮造粒機の概要、原理、構造ならびにせん断型ブリケットマシンの特徴、用途例をまとめている。

ABSTRACT

In recent years, for the purpose of bulk reduction to improve the handleability of fine powder (talc, carbon black) and performance in the post-process, many users are considering introduction of roller compactor and their inquiries are increasing. In 2013, after introducing a roller compactor from our Hosokawa Alpine Compaction, we developed a “shear-type briquette machine”, to produce compacts with high-strength. Our roller compactor can be tested at two locations: “Hosokawa Alpine Compaction (Leingarten, Germany)” and “Hosokawa Micron (Japan)”. We are scaling up to a large machine based on our test data etc. This report summarizes the outline, principle, and structure of our roller compactor, and the features and application examples of the shearing briquette.

1 はじめに

一般的に粉体は微粉化すると流動性が悪くなる。また、見かけ密度が軽くなるため、カサ高くなり、分散しにくくなる。これらの粉体特性を改善するために用いられるのが造粒操作である。目的に応じ、圧縮造粒、湿式造粒、押し出し造粒、攪拌造粒といっ

た方法がある。

インスタント食品には即溶性、農薬や肥料には徐放性、カーボンブラック、タルクには分散性の向上など、材料と用途によって特性改善の目的が異なるため、それぞれに適応した造粒操作が必要とされる。目的に応じた造粒品を得るために、大きく湿式造粒、乾式造粒（ロール型圧縮造粒（図1））に区分けさ



図1 ロール型圧縮造粒機の外観写真
Fig. 1 Photograph of Roller Compactor.

れる。目的のかさ密度や粒子径分布によって適正な造粒技術を選択する必要がある。本報では、客先要望の多い当社の乾式造粒（ロール型圧縮造粒機）について説明する。

2 ロール型圧縮造粒について

2.1 概要

圧縮造粒法は、粉体に強い圧縮力を加えて成形する方法である。原料は、乾燥した状態又は僅かに水分を含んだ状態のため、圧縮造粒法を乾式造粒法と呼ぶこともある。

ロール型造粒機（ブリケットマシン、コンパクタ）は、回転する2個のロール間で粉体原料を圧縮成形し、密度の高い成形物をつくる機械である。操作は連続的で大量処理に適しており、10 kg/h~30 t/hの処理が可能である。化学、鉄鋼、肥料、石炭、ミネラル、薬品などに、幅広い産業分野で採用されている。近年は、肥料の飛散防止、ハンドリング性向上や見掛け密度向上、リサイクル分野での造粒にも導入されている^[1-5]。

2.2 原理

① 縦スクリュにより供給された粉体は、回転するロール表面と原料間の摩擦により、ロール間に導かれ、ロール間隙が狭くなるにつれ圧縮力とせん断力が強くなる。この間に粉体粒子間の空気が逃げ、粒子間の間隙が縮まり粒子が互いに

密着し、硬い成形物を作る。

- ② ロール負荷力（ロール間の圧縮力とせん断力）は、縦スクリュでの押し込み力とロール支持圧力によって決まり、縦スクリュ回転速度と造粒機の油圧シリンダの油圧の増減で調整される。
- ③ 図2に示すように回転する2個のロール間では、ロール表面と原料粉体との間の摩擦によって、原料粉体が食い込んでいき、ロール間隙が最小となる2個のロール中心を結ぶ位置で、最大圧縮力を受け成形される。

滑り領域

粒子とロール表面との摩擦により互いに滑りながら密度を高める。

圧縮領域

原料の流れがロールの回転とほぼ同速になり、圧縮される。

圧縮力の増大により、粒子が移動し空隙を埋め、さらに粒子が変形して、一部が砕かれ、その微粒子が空隙を埋め、互いに密着し成形される。

- ④ 図3に示すように、原料粉体は、圧縮とせん断作用を同時に受け、圧縮力がブリケット内部に効果的に伝わる。圧縮ブリケットティングでは、

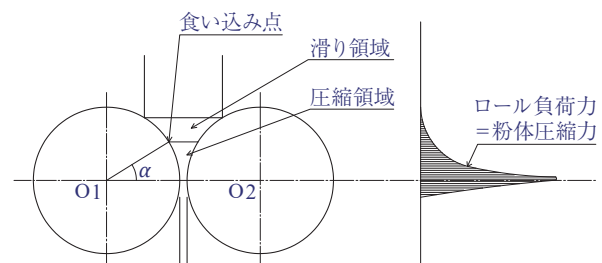


図2 ロール間圧縮成形の原理
Fig. 2 Principle of Roller Compactor.

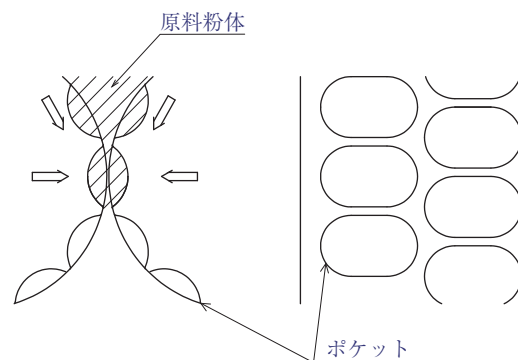


図3 ブリケットティングの圧縮
Fig. 3 Briquetting press.

縦スクリュで原料粉体を強制的にロール間へ供給するので、小ロール径でも、原料の食い込み量を多くすることができ、強い圧縮力がかかることができる。ロール間の圧縮力は、縦スクリュでの押し込み量によって決まり、縦スクリュ回転速度の増減で成形圧を調整する。

2.3 構造

図4に示すように、ロール型圧縮造粒機の構造は以下の特長を含む：

- ① 縦スクリュは、ロール間へ粉体原料を強制的に供給する。
- ② 2つのロールは内回りに回転し、ロール間の強い圧縮力で粉体原料を成形する。
- ③ 2つのロールの一方の軸受はフレームに固定され、他方のロール軸受は油圧シリンダで支持されており、摺動できる。
- ④ 油圧シリンダは、窒素ガスを封入したアキュムレータに接続されており、油圧緩衝機構を持っている。この油圧装置はロール間での成形圧力を適正に維持し、過負荷の際は、油圧側ロールが摺動し、安定した成形物を得ることもでき、機械本体を保護している。
- ⑤ ロールを支持する機構は、片持型と両持型の2つがある。
片持型 (CS タイプ) は、ロール軸の先端にロールを取付け、ロール軸の片側だけに軸受を持っている構造である。ロールの清掃や交換は容易である。

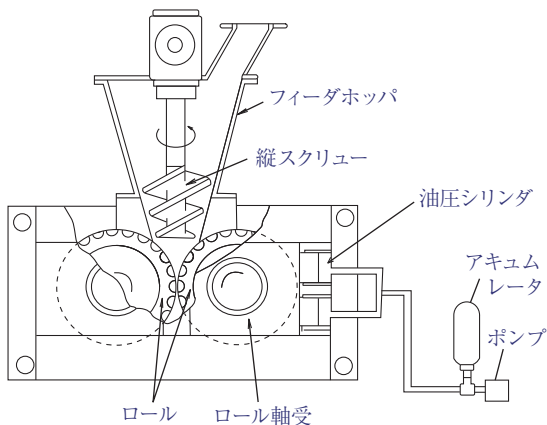


図4 ロール型圧縮造粒機の構造
Fig. 4 Structure of Roller Compactor.

両持型 (MS タイプ) は、ロール軸の両端に軸受を持っている構造である。大型機 (処理能力が大きい場合) は一般的にこちらの構造となる。

- ⑥ ブリケットマシンとコンパクタの違いは、2つのロール表面の形状のみであり、その他は同じ構造である。
- ⑦ ブリケットマシン (図5)
 - 1) 2つのロール表面には、成形物 (ブリケット) の型が彫られている。
 - 2) ブリケットの大きさは、4~120 mmL 程度である。
 - 3) ブリケットの形状は、図6に示すように、ピロー型、アーモンド型、レンズ型、プロファイル型などがある。
 - 4) 実用化されている最大ブリケットマシンは、型式 MS-600, ロール径 $\phi 200 \sim \phi 1120$ mm, ロール支持圧力 Max 6000 kN である^[5]。

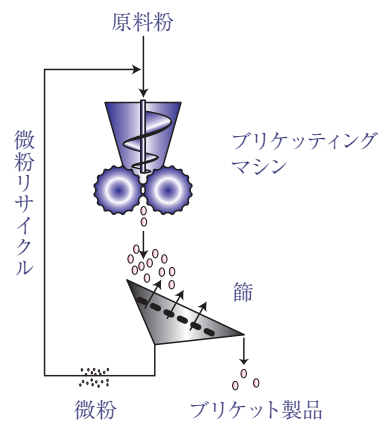


図5 ブリケットの設備フロー
Fig. 5 General flow of briquetting.



図6 ブリケットサンプル品
Fig. 6 Photo of briquette samples.

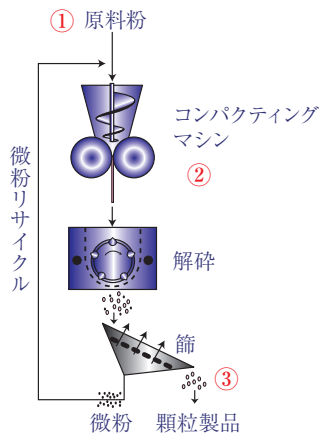


図7 コンパクタの設備フロー
Fig. 7 General flow of compactor.



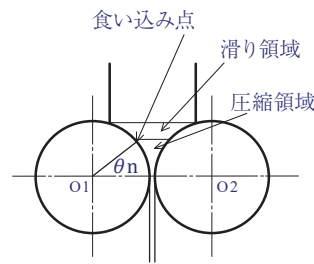
図8 コンパクタ用①原料粉, ②成型物, ③造粒製品のサンプル品
Fig. 8 Photo of feed, compacted and product samples.

⑧ コンパクタ (図7)

- 1) 2つのロール表面は、平滑状又は浅い溝が彫られている。
- 2) 板状の成型物(フレック)を作る。この成型物を解碎機(フレッククラッシャ等々)で解碎し、さらに篩い分けし、顆粒品をつくる。
- 3) 顆粒品サイズが0.5~10 mmの不定形成形物をつくる場合に用いる。(図8)

2.4 せん断型ブリケットマシンについて^[6]

- ① 従来の造粒機では、ロールからの排出後、成型物の弾性変形により強度が低下する。従来機より高強度の成型物を得るために、「せん断型ロール型圧縮造粒機」を開発した。
- ② せん断型ロール型圧縮造粒機



滑り領域:
粒子の移動、密度上昇が加速され、滑り領域が少なくなる。食い込み角度 θ_n が大きくなり、圧縮領域が増える。

圧縮領域:
粒子間の激しい滑り、移動が起こり、圧縮力が深部まで伝わり、粒子の変形、粒子の一部の粉砕が増大する。

図9 せん断型圧縮造粒機の原理
Fig. 9 Principle of shear type roller compactor.

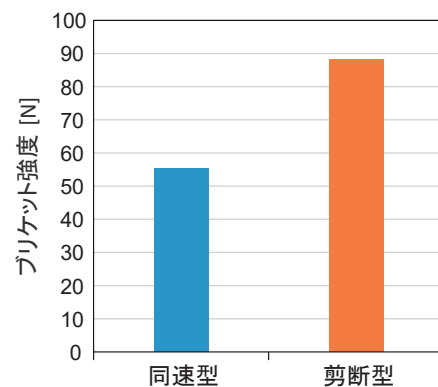


図10 ブリケット強度の比較
Fig. 10 Comparison of briquette strength.

- 1) 従来型(同速型)は、2つのロールの周速度は同じであるが、せん断型は、片側のロール速度を上げ、2つのロールの速度差をつけている。
- 2) せん断型圧縮造粒機の原理を図9に示す。
従来型(同速型)造粒機より
 - ・粒子間の空隙が密に埋まり、成型物密度、粒子間の結合力が増大する。
 - ・成型物の粒子は、弾性変形から塑性変形に代わり、ロールからの排出後、成型物の膨張による強度の低下、破損がなくなる。
- 3) 成型物は「せん断型ブリケット」と称する。
- ③ 従来型(同速型)とせん断型圧縮造粒機の比較テスト結果
 - 1) 原料: 混合物(石炭+木粉)
 - 2) 成型テスト結果
同造粒条件(ロール回転速度, 成型圧力)の下、従来型(同速型)とせん断型造粒機で試作したブリケットサンプルの強度を図10に示す。

図10より、ブリケット強度は、せん断型(せん

断型ブリケット)の方が高強度になっていることがわかる。

2.5 特徴

- ① 大型機 (MS タイプ) は、成形圧の 5 t/cm² 以上の高圧縮力を加えることが可能である。
- ② 連続操作のため、処理能力が大きい^[5]。
(型式: MS-600: Max 30 t/h)
- ③ 強い圧縮力とせん断で高密度の成形物が得られる。(粒子の接点では強い圧縮力とせん断力を受けけるため、一部が溶けて成形後に新しい組織ができ、硬い結合の成形物になることがある。)
- ④ 原料が乾燥状態のため、原料の付着による機器

トラブルがない。

- ⑤ バインダ (結合剤) 無しで成形可能である。
- ⑥ マイナス数十度の冷却原料や数百度の高加熱原料の成形も可能である。
- ⑦ 数 μm の微粉原料の場合、縦スクリュ部に脱気装置を導入することで、大きな処理能力を得ることができ、実機型式のスペックダウンが可能である。
- ⑧ せん断型ブリケットの成形が可能である。

2.6 用途例

ブリケットマシン、コンパクタの納入事例を表 1 に示した。

表 1 納入事例
Table 1 Application reference.

原料名	用途	型式	処理能力 (t/h)
活性炭	固形燃料のブリケット成形	MS60	3~6
		MS150	6~12
活性炭	石炭とピッチの混合粉末の造粒	MS150	3~7
石炭粉	微粉炭の有効利用	MS60	1~5
		MS150	5~10
		MS300	10~20
クロム鋼	飛散防止	MS75	2~4
		MS150	4~8
		MS300	8~15
カオリン・クレー	吸収剤, 農薬フィラー用	MS75	1
		MS150	2~3
		MS300	3~6
アルミ・銅	金属回収用 (溶融槽投入時の酸化防止・生産性向上)	MS150	3
タルク	見掛け密度 UP (後工程での混練性, 成形性向上)	MSL30	1~1.2
肥料	肥料 (土壌改良剤や粒度調整)	MS150	2~4
添加剤	見掛け密度 UP (反応槽の反応効率 UP)	MS60	0.3
		MS90	0.4
焼却飛灰	凝集, 発塵防止 (固化すると, 溶融炉の溶融効率 UP)	MS50	0.5
		MS75	1.5
樹脂	見掛け密度 UP (後工程での混練性, 成形性向上)	MS150	1~2
塩化物・臭化物	ダスト防止, 溶融性向上	MS75	3~6
		MS150	6~12
塩	凍結防止剤	MS75	2.5
調合原料	工程単純化 (加湿, 混練, 乾燥等の工程省略)	MS60	2
ガラスフリート	ガラス製造時のバインダ使用量削減, 予備粉砕	CS25	1
無水マレイン酸	凝集, 発塵防止	MS60	3
ピートモス	肥料 (種苗用)	MS60	0.7
水酸化マグネシウム	肥料	MS90	1.5
		MS300	4~7

3. おわりに

ロール型圧縮機テスト機を2013年ホソカワアルピネコンパクトションから導入し、「せん断型ブリケットマシン」を開発した(図11)。

ロール型圧縮造粒機のテストは、ホソカワアルピネコンパクトション(ドイツ, ラインガルテン)とホソカワミクロン(日本)で実施可能である^[3-5]。

ユーザー用途により最適な造粒条件の見極めと過去実績から、大型機へのスケールアップを行っている。今後も、ユーザー要望に対し、最適な造粒技術の提供と新造粒技術の構築、開発を進めていく所存である。



図11 テスト機 CS-25 の外観 (当社東京テストセンター設置)

Fig. 11 Photograph of test machine CS-25 (installed at Tokyo Test Center).

References

- [1] 日本粉体技術工業技術協会編：造粒ハンドブック，“圧縮造粒”，pp. 199-225，オーム社（1991），ISBN:978-4-274-11980-4.
- [2] 東畑 平一郎他著：造粒（工場操作シリーズ，no. 18）新增補2版，“ブリケットィング”，pp. 58-66，化学工業社，東京（1999）.
- [3] ホソカワミクロン(株)編：ホソカワ製品ハンドブック，“ブリケットマシン，コンパクト CS，MS ロール型圧縮造粒機”，pp. 342-347，凸版印刷(株)，大阪（2013）.
- [4] ホソカワミクロン(株)編：製品カタログ，“造粒機ロール型圧縮造粒機”，pp. 4-5，大阪（2017）.
- [5] Hosokawa Alpine AG Homepage, Kompaktors / Roller Presses, <<https://www.hosokawa-alpine.com/powder-particle-processing/machines/kompaktors-roller-presses/>> accessed 01.072020.
- [6] 岩田 敏昭，小西 孝信，畠中 伸，木南 元，溝口 忠一，“ロール速度が異なるせん断ロール成形機の成形物強度”，化学工業会第80年会，（2015）B324.

〈著者紹介〉



岩田 敏昭 Toshiaki IWATA

〔経歴〕 1997年福井大学大学院材料工学専攻修了。同年ホソカワミクロン株式会社入社。2000年10月から現職。

〔専門〕 粉体工学。

〔連絡先〕 tiwata@hmc.hosokawa.com