

◆注目される 最新粉体技術◆

真空・ガス雰囲気焼成機
多目的水素ロータリー
キルン「MHRK」

杉山 大介*

1. はじめに

無機化学工業・金属精錬の業種では、意欲的に技術的可能性の探究が行われているわりに、未開拓な分野として水素による金属変成があげられる。Mo・W・Si・Geなどの還元やNd・Tiなどの水素脆性による粉砕などは、今後高性能材料を開発して行くうえで、一層踏み込んだ技術革新が要求される。一例をあげると、磁性材料の特性向上や発泡源としての水素吸蔵金属・水素脆性金属の脱水素処理などがある。

しかしながら、この分野で実用面の開発が遅れているのは、要求される多種パラメーター（温度勾配・ガス分圧調整・分解ガス放散条件・真空排気など）の組み合わせを、特に高温下での爆発性ガス雰囲気中で、任意にかつ安全に取り扱う実験装置がなかったことに起因する。

このような背景を基に誕生したのが以下に紹介する「多目的水素ロータリーキルン（Multiple Hydrogen Rotary Kiln：MHRK）」である。本機は、高温・高真空（ガス）雰囲気下において、先述のバ

*Daisuke SUGIYAMA；杉山重工（株）代表取締役
*本社工場 〒489-0003 愛知県瀬戸市穴田町970-2
TEL：0561-48-1811（代表） FAX：0561-43-0477
http://www.e-sugiyama.co.jp

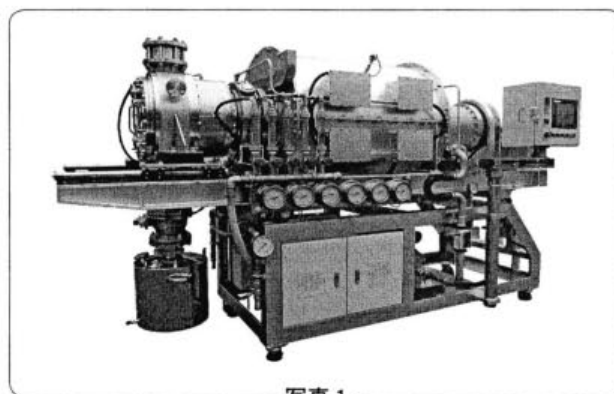


写真1

ラメーターを容易に制御・管理することを可能にしたバッチ連続式焼成装置である。

2. MHRK の構造と操作

多目的水素ロータリーキルン（写真1、2）の構造および原料投入から回収までの主要な操作を以下に述べる。

2-1. 主構造

MHRK の構造を図1に示す。電動傾動シリンダーで傾動する、コモンベッドケーシングに電熱ヒーター、レトルト、駆動モーター、排出フード類が設置されている。

レトルトは、空冷ローラー型ベアリングと水冷ベアリングで支持されている。空冷ローラー型ベアリングの端面には、ロータリージョイントが取り付けられている。ロータリージョイントを介してレトルト内にはガス導入パイプが装着され系内へガスを供給する。水冷ベアリングは、熱収縮を緩衝するスライドラールの上に配置された排出フードに固定されている。水冷ジャケット式の回収缶は、ダブルダンパーとフェルールフランジで連結されている。

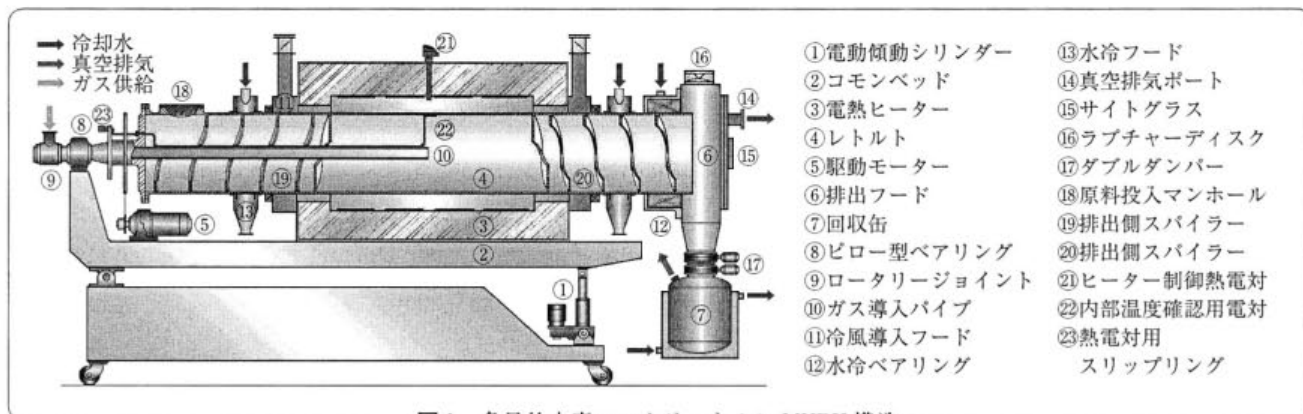


図1 多目的水素ロータリーキルン MHRK 構造

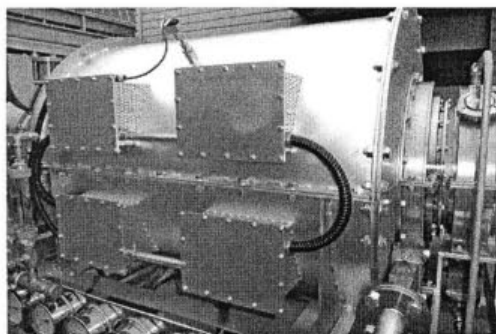


写真 2

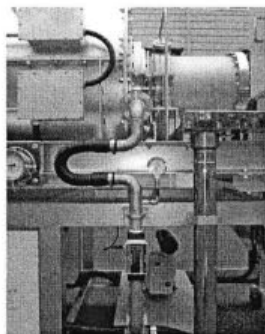


写真 3

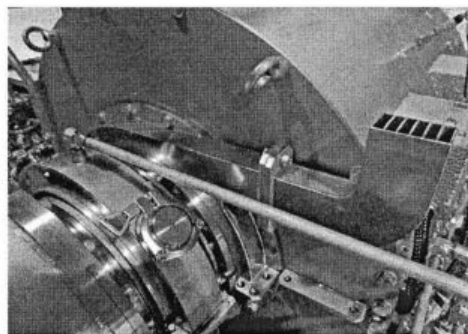


写真 4

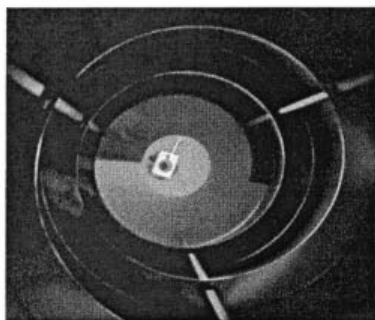


写真 5

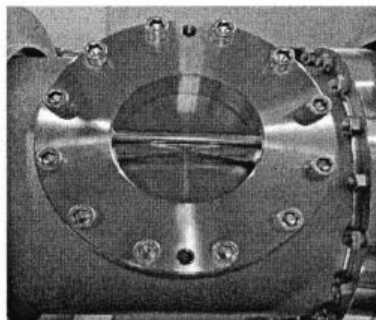


写真 6

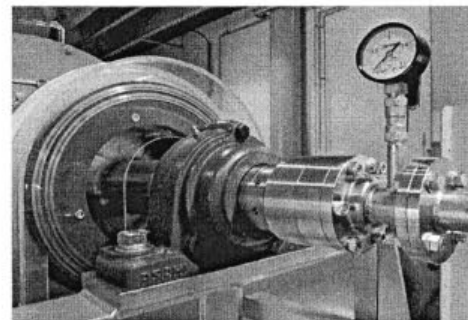


写真 7

2-2. ヒーター部 (写真 2~4)

レトルトが貫通する電熱ヒーターは、ヒーター制御用熱電対でPID温度制御される。ヒーターは複数のブロックに分割し、個別制御できるようになっている。温度カーブおよび雰囲気気圧力(真空・ガス)は、手元盤タッチパネルで任意設定を行い、自動運転に反映させる。電熱ヒーター両側面には冷風導入フードが設けられている。コモンベッドの下には冷風ブロワーが設置され、ヒーター内蓄熱の放散を促進させる。打ち込み風量は、流量計で管理される。また冷風導入フードに隣接して水冷フードが配置されている。レトルトの両端を水冷することで、原料投入マンホールのパッキンや回転シール類を熱から保護する。水冷フードは冷風ブロワーと併せて、素早い製品降温が可能である。

2-3. レトルト部 (写真 3~5)

レトルト側面には、原料投入マンホールが設置されている。レトルト部には、投入側パイラー、排出側パイラーが設置されている。レトルト内への原料供給は、マンホールから行う。マンホールはインロー形状に加工され、真空Oリングが装着されている。レトルト側フランジとはボルトで結合する。レトルト内には、ガス導入パイプおよび内部温度確認用熱電対が設置されている。内部温度確認用熱電

対に直接、レトルト内壁や原料を接触させて测温するので、正確な温度確認が可能である。熱電対の信号は、熱電対用スリップリングを介して、回転体から制御盤へ伝達される。

原料供給後、原料投入マンホールを閉め、レトルトを正回転させる。原料は、投入側パイラーに沿って電熱ヒーター側へと送り出される。一方、排出側パイラーは投入側パイラーと逆リードになっているため、原料が排出フード側へ流出するのを押し戻す挙動を与える。両パイラーによる原料操作で電熱ヒーターエリアに原料が滞留し、伝熱焼成が促進される。

所定時間加熱焼成された原料は、コモンベッドを傾斜させレトルトを逆回転することで排出される。傾動シリンダーによって、コモンベッドを1~2度傾斜させた後、レトルトを逆回転させると電熱ヒーターエリアの原料は、排出側パイラーに導かれ排出フード側へと移動し回収缶へ落下・回収される。レトルトが傾斜しているため、投入側パイラーには原料が接触せず原料投入マンホール側へ移動することはない(図2参照、本機構は全て弊社特許登録済み)。

2-4. 排出フード (写真 8~10)

排出フード部には、回転運動を行うレトルトが貫

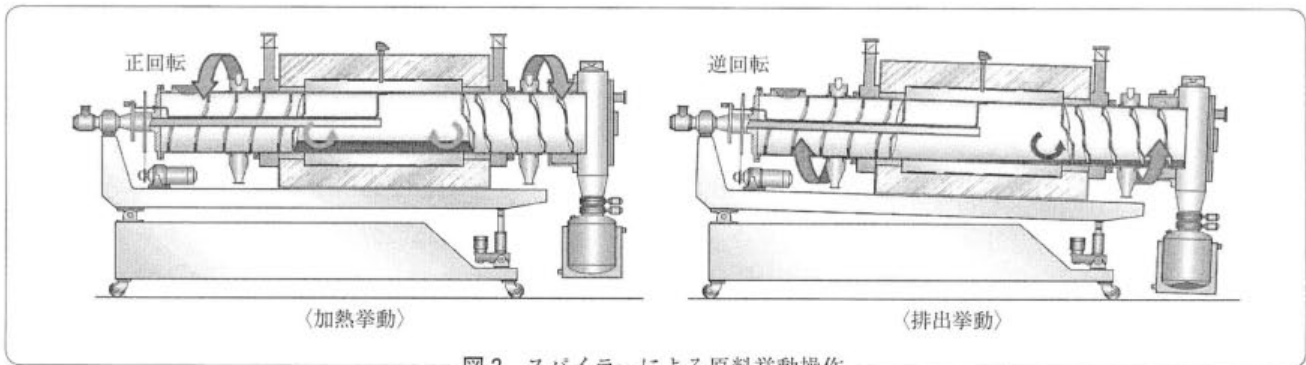


図2 スパイラーによる原料挙動操作

通連結されている。水冷ベアリングおよび真空シールが設置されている。回転するレトルト外周面で、ベアリング支持と系内気密を行い真空減圧やガス導入に伴う正圧操作を可能としている。同機構を熱および粉塵から保護するために、水冷とダストシール装着がされている（特許取得済み）。

排出フード側面には真空排気ポートやサイトグラス、安全対策として正負圧に対応したラプチャーディスクが配置されている。万一、系内でガス爆発などが発生した場合、フード上方へ爆風を逃がす構造となっている。サイトグラス前面には、ガラス飛散防止としてメッシュスクリーンが設けられている。

真空排出ポートは、真空フランジまたはフェルールフランジ仕様となる。目的用途に応じて真空ポンプの選定が可能である。回転真空シールは、油拡散ポンプまでの到達真空域（ $\sim 10^{-3}\text{Pa}$ ）に対応する。

排出フード下部には、ダブルダンパーと水冷ジャケット構造の回収缶がフェルールフランジで連結されている。原料処理中は、ダブルダンパーを開き、回収缶とレトルト内を同雰囲気として使用する。一連の原料処理が完了後、レトルトの逆回転操作によって原料を回収缶へ排出する。原料の排出後、ダブルダンパーを全て閉じ、ダブルダンパー間のフェルールクランプを外して本体から回収缶を切り離す。大気暴露することなく原料の回収が可能である。この時、レトルト系内も大気暴露されることはない。再度、回収缶を本体に連結する場合は、ダブルダンパー連結後、回収缶側のダンパーを開き、回収缶側の排気ポートから管内を真空もしくはガス置換し、レトルト側と同条件となったところで、本体側のダブルダンパーを開く。

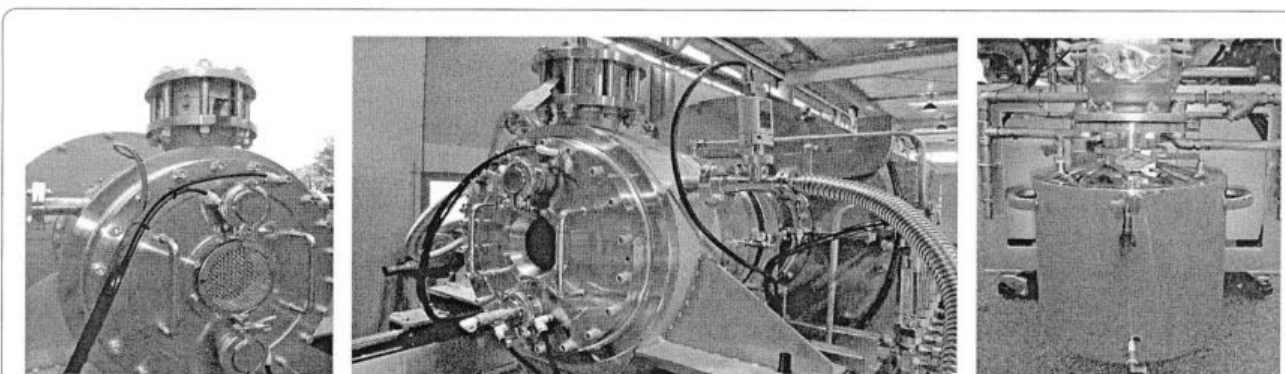
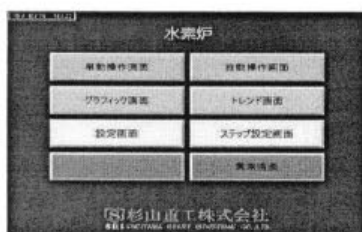


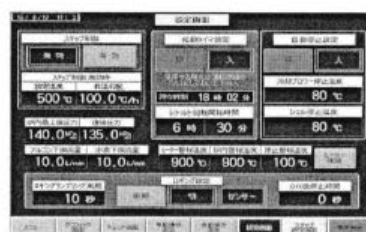
写真8

写真9

写真10



主画面



設定画面



自動操作画面

写真11

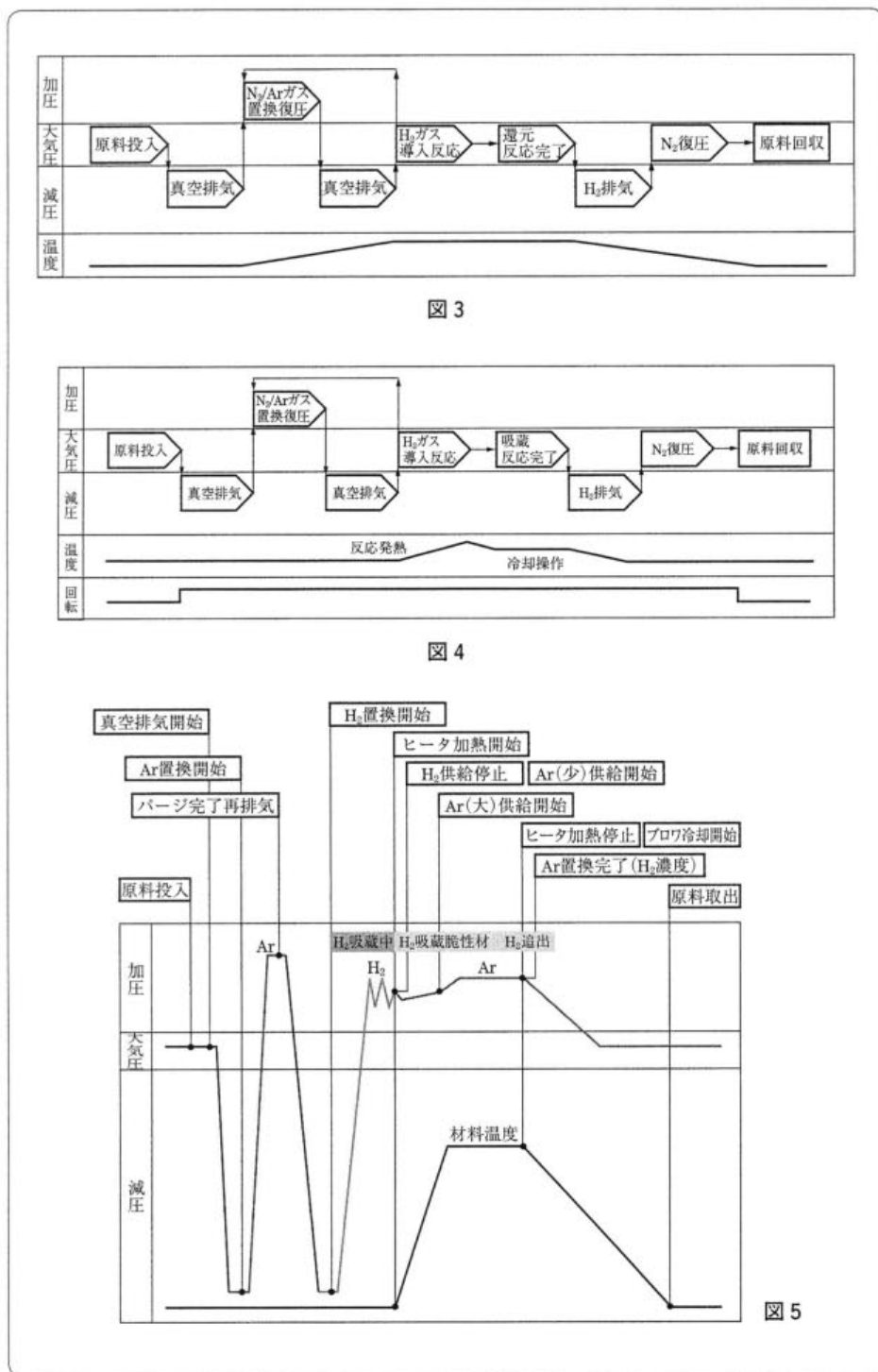


図 3

図 4

図 5

2-5. 制御盤 (写真 11)

制御盤は、コモンベッド下の架台に設置されている。操作用の手元盤は、本体前面の可動ポールに取り付けられている。手元盤にはインターフェースとしてタッチパネルが設けられており、諸条件の設定や運転状況のモニタが可能である。

3. 用途事例

本多目的水素ロータリーキルンを用いて、さまざまな原料-ガス反応処理が可能である。以下に、水

素を還元反応および水素脆性反応の事例を示す。

3-1. 水素還元反応

還元反応に水素ガスを使用する場合は、安全性や反応促進面から、系内雰囲気中に酸素ガスを残留させないことが重要な要因となる。このため、本装置では図 3 のフローのように圧力および温度を自動制御し、還元反応を促進させる。還元反応時の反応熱に応じて、加熱や冷却操作を行う。

Nd など希土類金属の水素吸蔵反応操作では、安全性や反応促進面から系内雰囲気に O_2 ガスを残留させないことが重要となる。水素吸蔵の進行に伴う発熱反応で、水素吸蔵の特性が低下する場合がある。これに対して、送風や水冷でレトルトを強制的に冷却して対象原料の発熱を抑制し、水素吸蔵をより促進させたり、吸蔵時間の短縮化を図ることが可能である (図 4)。さらには、レトルトの回転で対象原料を流動させて水素吸蔵を促進させることも可能である。

3-2. 水素脆性反応

Nd・Ti など、活性度の高い希土類金属を水素脆性反応を利用して粉化させる。対象原料の吸蔵反応から脱ガスまでの一連の雰囲気・温度制御を自動運転で対応する。反応過程のデータは、トレンド画面でのモニタや、USB メモリによる PC 転送が可能である。図 5 には自動運転の概略フローを示す。

なお、弊社の本社工場には、多目的水素ロータリーキルン (MHRK-03065) のテスト機が常設されている。希望の方は同装置を利用することが可能 (弊社営業まで)。