

ハイブリッドホットプレスの開発

Development of Hybrid Hot Press

飯 島 重 樹 株式会社石川島岩国製作所 DPF プロジェクト部
 森 和 美 株式会社石川島岩国製作所 DPF プロジェクト部 部長
 石 本 哲 也 株式会社石川島岩国製作所 DPF プロジェクト部 課長
 藤 田 浩 一 技術開発本部総合開発センター機械システム開発部

ホットプレス成型は、金属・セラミックス粉末などに温度と圧力を同時に作用させ焼結する方式である。従来のホットプレスは、ヒータで処理品を外周から加熱する方式であるが、石川島播磨重工業株式会社では、従来方式と比較し 2 ～ 10 倍の速度で加熱が可能な、外周ヒータ加熱とプレスラムへの通電加熱を併用したハイブリッドホットプレスを開発した。本装置は、従来方式の長所である処理品の良好な温度分布を維持し、高速加熱が可能などの特長をもち、生産性の向上、プロセス開発などに適用できる。

The hot pressing method is used to form a product by sintering metal or ceramic powders under high temperature and high pressure. The conventional hot press has electric heaters, which surround the work to be sintered. The IHI-developed Hybrid Hot Press (HHP) has both electric heaters and electrodes for direct heating of product and mold. The hybrid hot press allows uniform heating of the product, and the heating rate is very fast (2-10 times faster than the conventional hot press). Greater production capacity and development of new material processing are expected.

1. 緒 言

機能材料の高品質化に伴い、さまざまな装置の開発・改良が進められている。ホットプレス成型はその一端を担うものであり、石川島播磨重工業株式会社（以下、IHI と呼ぶ）では多様な客先要求に対応できる機種ラインナップと実績をもつ。

ホットプレス成型は、処理品に温度と圧力を作用させ、金属・セラミックス粉末の焼結、異種金属の拡散結合を行う装置である。材料をいったん溶解した後、凝固させ、インゴットを作る手法と比較し、原材料の特性、結晶構造を残すことが可能なため、電子材料を始めとした素材業界からの需要が高い。

近年の装置に対する要求として、処理品の大型化、加熱時間の短縮、押面圧の増大がある。大型化、押面圧の増大に対しては、プレス装置の多軸化、モールドの高強度化、を採用し多くの納入実績をもっている。そして加熱時間短縮を目標に開発された装置がハイブリッドホットプレス（Hybrid Hot Press：以下、HHP と呼ぶ）である。

従来方式ホットプレスは、モールドの外周に設置したヒータによって加熱（抵抗加熱方式）するため、良好な均熱性を発揮できるが、処理品がモールドからの熱伝導によって

加熱されるため、処理品外周部に対して中心部の加熱遅れが生ずる。また、中心部の加熱遅れを補う誘導加熱方式も採用されているが均熱性確保の点で問題があるとされてきた。

これら従来の加熱方式の欠点を改善するため、IHI では抵抗加熱方式とプレスラムに直接給電する通電加熱方式とを併せもった HHP を開発し、販売を行っている。

2. 装 置 構 成

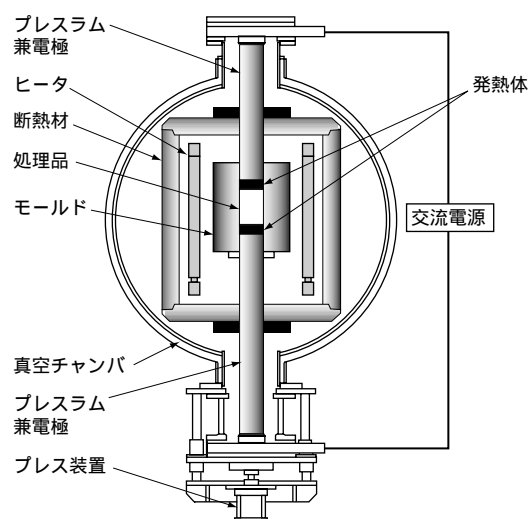
第 1 図に HHP の基本構成を示す。ホットプレスは、構造上プレスラムからの熱損失が処理品の上下方向の温度分布を悪化させる。これを補償するため、プレスラムの上下から通電し、処理品の上下に設けられた比抵抗の高い発熱体によって、処理品を挟み込むように加熱する。

また、抵抗加熱ヒータをモールド外周に設置し、側面からも同時に加熱する。これによって、処理品の温度分布を良好に維持し、かつ、高速加熱が可能となる。

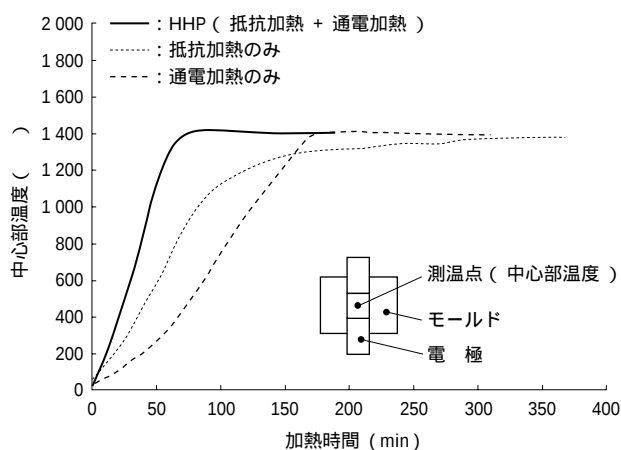
3. HHP の特長および仕様

3.1 加熱速度の高速化

第 2 図に昇温速度比較を示す。モールド外径 350 mm、処理品径 100 mm を使用した加熱時間測定試験結果である。試験は抵抗加熱のみ、通電加熱のみ、ハイブリッド加



第 1 図 HHP の基本構成
Fig. 1 Basic schematic of HHP



第 2 図 昇温速度比較
Fig. 2 Heating rate comparison

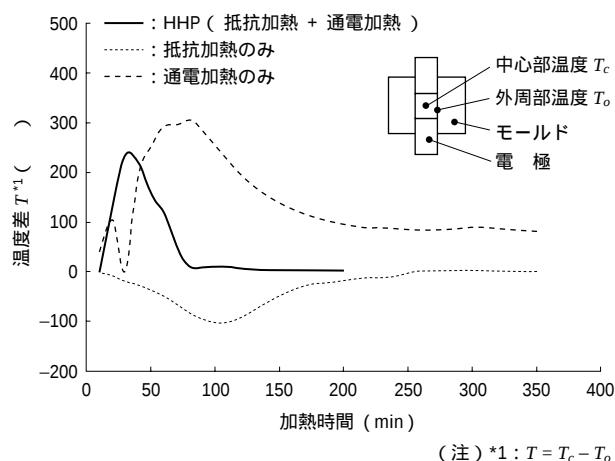
熱（抵抗加熱 + 通電加熱）の 3 条件で実施した。

抵抗加熱のみと比較し、ハイブリッド加熱では 1/3 以下の時間で目標温度 1400 に到達している。また、通電加熱のみの場合、抵抗加熱のみの場合と比較して約 1/2 の時間で目標温度に到達していることが確認できる。

3.2 高い均熱性能

第 3 図に温度分布比較を示す。昇温速度測定中の処理品中心部と処理品外周部の温度差を比較している。第 2 図の結果と合わせ見ると、抵抗加熱方式では 1400 到達 + 温度差 ± 10 以内となるまで約 230 分を要しているが、ハイブリッド方式では同条件到達まで約 70 分である。また、 ± 5 としても抵抗加熱方式 240 分に対し、ハイブリッド方式 110 分となる。

以上の結果から、ハイブリッド方式は抵抗加熱方式と同等の均熱性能をもつことが分かる。



第 3 図 温度分布比較
Fig. 3 Comparison of temperature uniformity of product

3.3 フレキシブルな加熱制御

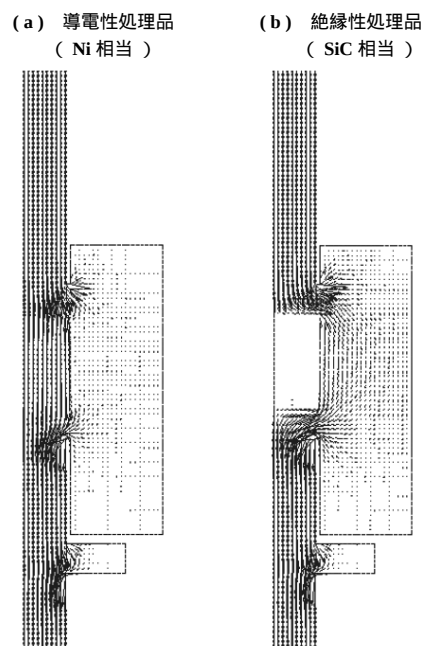
抵抗加熱 + 通電加熱，またはその独立という操業が可能であるため、さまざまな加熱条件に柔軟に対応することが可能である。基本的に抵抗加熱方式（従来方式）ホットプレス改良技術のため、技術的に安定し、従来のホットプレスユーザに対しても違和感なく使用できる。

3.4 直接通電による加熱効率の改善

投入する熱量の大部分を「放熱」として廃棄する従来のホットプレスと比較して、直接通電による内部発熱であるため、熱効率を高める面でも有効である。

3.5 幅広い材質への対応

処理品の導電性によらず対応が可能である。第 4 図に導電



第 4 図 電流密度解析結果
Fig. 4 Current density analysis of mold and product



第 5 図 多段モールド型 HHP
Fig. 5 Multi mold type HHP

材料，絶縁材料を処理品とした電流密度解析結果を示す．

処理品が導電性の場合，発熱体を通った電流は処理品を主として通過し，反対側の発熱体に流れ込む．これに対して絶縁性の場合には発熱体側面からモールドに電流が流れ，再度発熱体に電流が収束している様子が確認される．

処理品が導電性である場合，処理品の自己発熱も加わるため，さらなる加熱の高速化が期待できる．

3.6 処理品の多層化

薄い処理品を多層に積み重ねることによって，生産性の向上を図ることが可能である．この場合，各処理品の上下に発熱体を設置することによって，従来方式以上の上下方向の均熱性が得られる．第 5 図に多段モールド型（各モールドには複数枚の処理品が内包されている）HHP の内部構造を，第 6 図に製品を示す．

3.7 設備仕様実績

現在，製作可能な設備の主な仕様を以下に示す．

温 度	
雰囲気	2 500
真 空	2 000
プレス力	最大 350 tf
雰囲気圧力	5×10^{-3} Pa ~ 1.0 MPa
処理品寸法	$\phi 300 \times 300$ mm (H)
モールド寸法	$\phi 800 \times 1\,000$ mm (H)



第 6 図 製 品（例）
Fig. 6 Example of product using HHP

加 熱 方 式	処理品自己発熱 ヒータ抵抗加熱 処理品上下の高抵抗部の発熱
電 源 容 量	
通電加熱	150 kW
抵抗加熱	最大 300 kW
温度測定方式	放射温度計によるモールド表面測定
温度制御方式	2 系統 PID 制御

4. 結 言

HHP は従来方式ホットプレスに通電加熱を付加した装置として開発されたが，客先を巻き込んだ形での用途開発を経て，高性能な生産機として実用化段階にある．導電性をもつ処理品へのモールドレス直接通電をメインにした機種，発熱体・処理品を多層に重ねた多段 HHP などがある．

「素材」の製法は各社がしのぎを削り，独自で開発している部分が多いため，装置の仕様も多岐にわたる．今後も IHI と株式会社石川島岩国製作所では ホットプレストップメーカーとして市場の要求に柔軟かつ迅速に対応し，高機能・高生産性・高経済性を兼ね備えた装置を提供していく所存である．