

(株)神戸製鋼 ○真鍋 康夫

1 はじめに

HIP とは Hot Isostatic Pressing の略であり、アルゴンなどの不活性ガスを圧力媒体とし、通常 100MPa (1020kgf/cm²) 以上の圧力と 1000℃以上の温度との相乗効果を利用して加圧処理する技術である。HIP では、ガス圧を用いるので、被処理体が大形あるいは複雑形状でも内部まで均一に圧縮され、緻密化に対して極めて有効な技術である。航空機部品、ガスタービン部品等の casting 品の欠陥除去あるいはセラミックス、金属材料の加圧焼結等に利用されている。

一方、CIP とは、Cold Isostatic Pressing の略であり、ゴム型に充填した粉末を通常 100MPa (1020kgf/cm²) 以上の圧力にて、水等の圧力媒体にて等方加圧処理する技術である。液圧を用いるので、密度ムラが少なく、大形品、長尺品の成形が可能である。最近では、スパッタリングターゲット材等の板状形状品、工具、金型、電子部品等の棒状、管状形状品の成形に適用されている。

ここでは、最近の IP(HIP、CIP)技術に関するトピックスを紹介する。

2 最近の HIP 技術

2.1 HIP 装置設置台数の推移 わが国においては、1971 年、超硬合金製造用に最初の HIP 装置を設置して以来、HIP 装置設置台数は 330 台越える。Fig.1 に HIP 装置設置台数の推移を示す。1980 年代後半からの新素材ブームが、企業の研究部門や大学・官公庁の研究機関での HIP 装置の設置を促し、設置台数が急速に伸びた。航空宇宙産業関連金属材料が核となっ

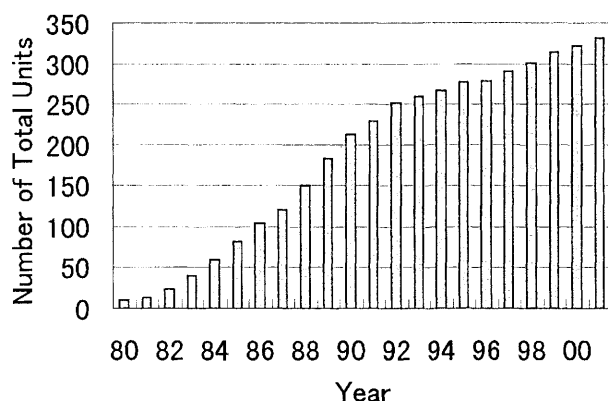


Fig.1 Manufactured units of HIP equipment in Japan

ている米国とは異なり、民生用電子材料への適用が進んだわが国においては、セラミックス用 2000℃級 HIP 装置の開発も積極的に進められた。

2.2 高生産 HIP 装置 HIP 処理はガス圧を用いるため、液圧

に比較して圧縮率が大いため、処理時間が長くなり、大型装置においては、通常 1 サイクル/日を要している。サイクル短縮化の要求は以前からあり、当社は、旧工業技術院の大形プロジェクト「超高性能レーザ複合生産システムの研究開発」の中で開発を進め、φ500 級 HIP 装置にてサイクルタイム 55 分を達成した。¹⁾ 最近、ULSI 配線用として開発された HIP 装置では、クリーン度クラス 10 といったパーティクルフリーの環境での HIP 処理が可能となるとともに、サイクルタイム 4 分を達成した。^{2),3)}

2.3 アルミ専用 HIP 装置 従来の HIP 装置は 1000℃以上の処理を対象としているため、アルミ材料に対しては、オーバスペックとなり、全体のサイクルタイムが長くなる問題があった。近年、ターボチャージャー部品あるいはカーレース用自動車部品等アルミ材料への HIP 処理適用が増えつつあり、アルミ専用 HIP 装置のニーズが高まっていた。当社では、この度、アルミ専用 HIP 装置 1 号機を外販した。この装置の構造を Fig.2 に示す。従来の HIP 装置と異なり、ヒータは下部に位置しており、ファンにて強制攪拌し、均熱を保つ構造となっており、ヒータを下部に配置させることで容器内部に処理品を有効に配置出来る構造となっている。2.2 で述べた高生産性 HIP 技術と組合せることで更なるサイクルタイム短縮が図られるものと期待されている。

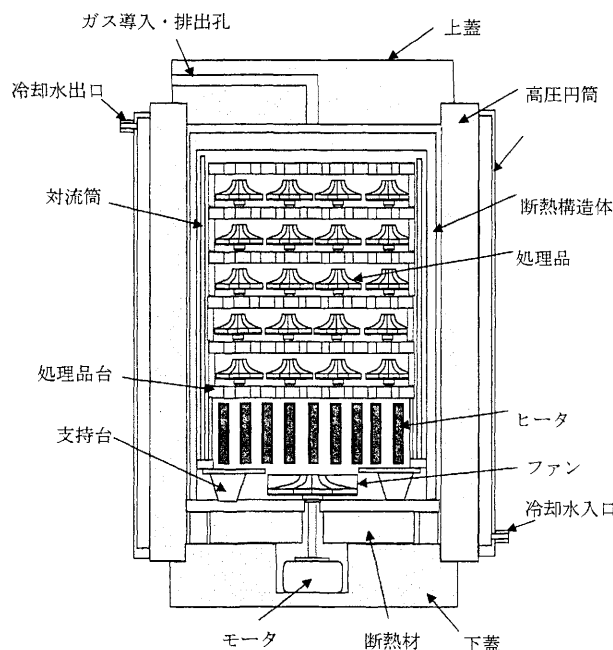


Fig.2 Schematic view of HIP for Aluminum alloy

2.4 酸素分圧制御 HIP 装置 酸素 HIP という呼び名でしば

しば話題となっている本技術は、圧媒ガスとして、アルゴン等の不活性ガスに最高 20vol%の酸素を混合したガスを使用し、HIP 処理を行うものである。セラミックスブームの90年代にクローズアップされたが、生産プロセスとして、徐々に広まりつつある。このプロセスの期待効果は、緻密化時における酸素欠損発生防止ならびに処理材の酸化促進である。共有結合性の強いアルミナなどでは酸素分圧の影響はあまり受けないが、PZT 圧電セラミックスなどでは、影響を受けやすい。材料によっては、適性な酸素分圧が温度により変化し、かつ許容範囲があまり広くないものもある。最近では、数百 ppm レベルの微妙な酸素分圧を制御しながら HIP 処理を行う装置も実用化されている。

2.5 高圧水素雰囲気試験機 当社の IP 装置本体は、上・下蓋および軸力を保持するプレスフレームと圧力容器からなる構造を基本としている。この方式は高い信頼性と優れた操作性が特徴である。本技術を応用し、高圧水素雰囲気疲労試験機を開発したので、紹介する。Fig.3 に試験機構造を示す。本試験機では、2 枚のプレスフレームを左右に開き、容器を持ち上げることで試験片の交換が短時間に行える構造となっている。この試験機では、最高 45 MPa 水素中での疲労試験、引張試験、破壊靱性試験が可能である。

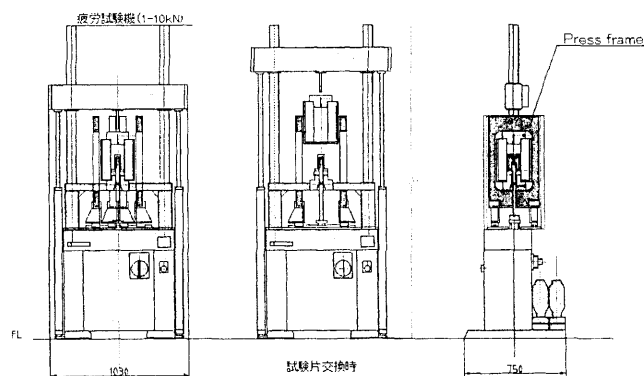


Fig.3 High-pressure hydrogen atmosphere fatigue test system

3 最近の CIP 技術

3.1 CIP 装置の動向 Fig.4 にタイプ別製作台数分類を示す。WET CIP 装置とは、ゴム型を圧力媒体中に直接浸漬するタイプであり、複雑形状や大型製品の多品種小量生産に適しており、これに対し、DRY CIP 装置とは、ゴム型が圧力媒体に直接接することがないよう配慮されており、自動化が容易であり、小品種多量生産に適している。WIP (Worm Isostatic Pressing) 装置とは、液圧を用いるが、温度を最高 200°C 程度まで昇温できる機能を持つ装置である。Fig.4 見ると、容器内径 $\phi 500$ 以下の小型 WET CIP 装置の製作実績割合が減り、DRY CIP 装置および WIP 装置の割合が増えつつあることが分る。DRY CIP 装置の増加の要因としては、WET CIP 装置からの置き換えおよび生産量増加による増設と思われる。WIP 装置に関しては、食品、セラミックス等の新規用途が広がって来ため、増加傾向にあるものと思われる。

3.2 DRY CIP 装置 従来、DRY CIP 成形の対象としては、流動性の良い粉末が中心であったが、セラミックス未造粒粉

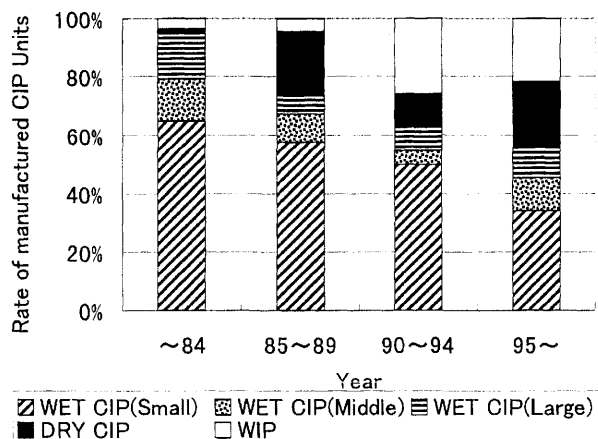


Fig.4 Trends of manufactured CIP Units

末、金属粉末等の流動性の悪い粉末にも適用が広がりつつある。この場合には、粉末をゴム型に流し込むだけでは充填が不均一かつ不十分である。そのため、ゴム型を圧力容器外部に取出し、ゴム型をタッピングすることで粉末を充填し、充填後、圧力容器内部に装着する方式を採用している。Fig.5 に装置構成の一例を示す。この装置では、回転テーブルを用い、ゴム型を4セット使用することで、生産性を上げている。このような全自動 DRY CIP 装置の装置構成は粉末性状、成形体形状および生産量により適宜選択している。最近では、成形圧力 350 MPa、外径 120 mm、長さ 600 mm といった大物セラミックス成形体の製造にも適用されている。

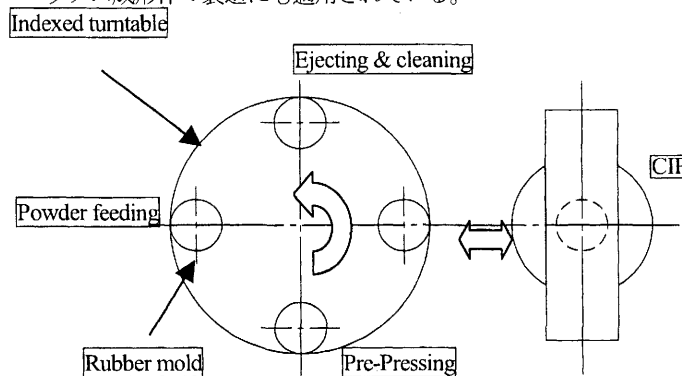


Fig.5 Structure of automated DRY CIP equipment

4 まとめ

最近の HIP、CIP 技術に関するトピックスを簡単に紹介した。HIP、CIP は歴史のある技術であるが、雰囲気ガスの多様化(HIP)、自動化による生産性向上、適用範囲拡大(HIP,CIP)などまだまだ、適用分野は残されており、用途が着実に広がっていくと思われる。

参考文献

- 1) 守時正人, 福田 保, 石井 勝, 塑性と加工, **25**, 285(1984).
- 2) 藤川隆男, 水澤 寧, 電子材料, **38**, No.3, 85(1999).
- 3) 石井孝彦, 藤川隆男, 井上陽一, 神田 剛, R&D 神戸製鋼技報, **50**, No.3, 104(2000).