

HIP(热間等方圧)プロセス適用による高機能部材の商品化

High Performance Parts Using by Hot Isostatic Pressing Process

1. 概要

熱間等方圧(Hot Isostatic Press : 以下HIPと略す)装置は1955年に米国のバッテル研究所にて開発されて以来¹⁾、航空機用鋳造材の欠陥除去、セラミックスの緻密化、拡散接合、粉末焼結と幅広い分野で利用されてきました。国内では1980年代後半から生産設備が普及し、今日では一部の工業製品の製造設備として定着しています。新日本製鐵では1987年に旧ナショナルフォージ社から技術導入した高温、高圧の大型HIP装置を自製し、主に拡散接合、粉末焼結技術を応用した各種の素材、部品を商品化してきました。また、セラミックスの機能改善を主体とした受託処理事業も展開し、2001年にはHIP 2号機を導入するなど、順調に事業規模を拡大しています。

2. 特徴

2.1 新日本製鐵HIP装置の特徴

新日本製鐵のHIP装置の外観と仕様を写真1と表1に示します。主な特徴は以下のとおりです。

- (1) 处理条件は最高温度1 950℃、最高圧力196MPaまで可能であり、このクラスでは国内最大級の生産設備です。
- (2) これまでに2基併せて5 000チャージに及ぶ豊富な処理実績を有します。

2.2 新日本製鐵HIP利用技術の特徴

図1にHIPにより異種金属を拡散接合させる場合のモデルを示します。接合対象金属A、Bは予め金属製容器に真空封入し、HIP炉内にて温度と不活性ガス圧力を付与します。この時、金属A、Bには金属容器を媒体として温度、圧力が等方的に伝達されることで、クリープ変形および拡散により

接合面が冶金的に一体化されます。また、処理物が粉末の場合も同じ原理で緻密な焼結体が得られます。本HIPプロセ

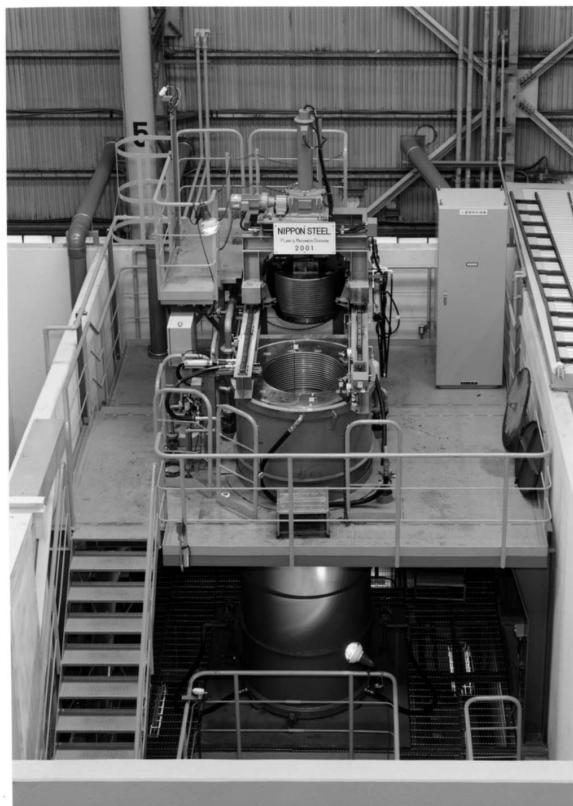


写真1 新日本製鐵HIP装置外観
HIP unit in Tobata HIP Works

表1 新日本製鐵HIP装置仕様
Facilities in Tobata HIP Works

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--|--------------------|------------|------|------|------------|------|------|
| Maximum weight of work load (ton) | 2.5 | | | | | | | |
| Process cycles | Several type of hot isostatic pressing cycle can be used | | | | | | | |
| Thermocouple type | W-Re5/26 | | | | | | | |
| Temperature distribution | ± 10 | | | | | | | |
| Maximum pressure (MPa) | 196 | | | | | | | |
| Pressure medium | Ar | Ar, N ₂ | | | | | | |
| Furnace elements | Mo | Graphite-1 | Graphite-2 | | | Graphite-3 | | |
| Maximum Temperature () | 1250 | 1300 | 1500 | 1850 | 1850 | 1950 | 1700 | 1950 |
| Work zone (mm) | Diameter | 500 | 440 | 440 | 440 | 350 | 400 | 550 |
| | Length | 1500 | 1300 | 1200 | 700 | 1000 | 500 | 700 |
| No. 1 HIP unit | - | - | - | - | - | - | - | - |
| No. 2 HIP unit | - | - | - | - | - | - | - | - |

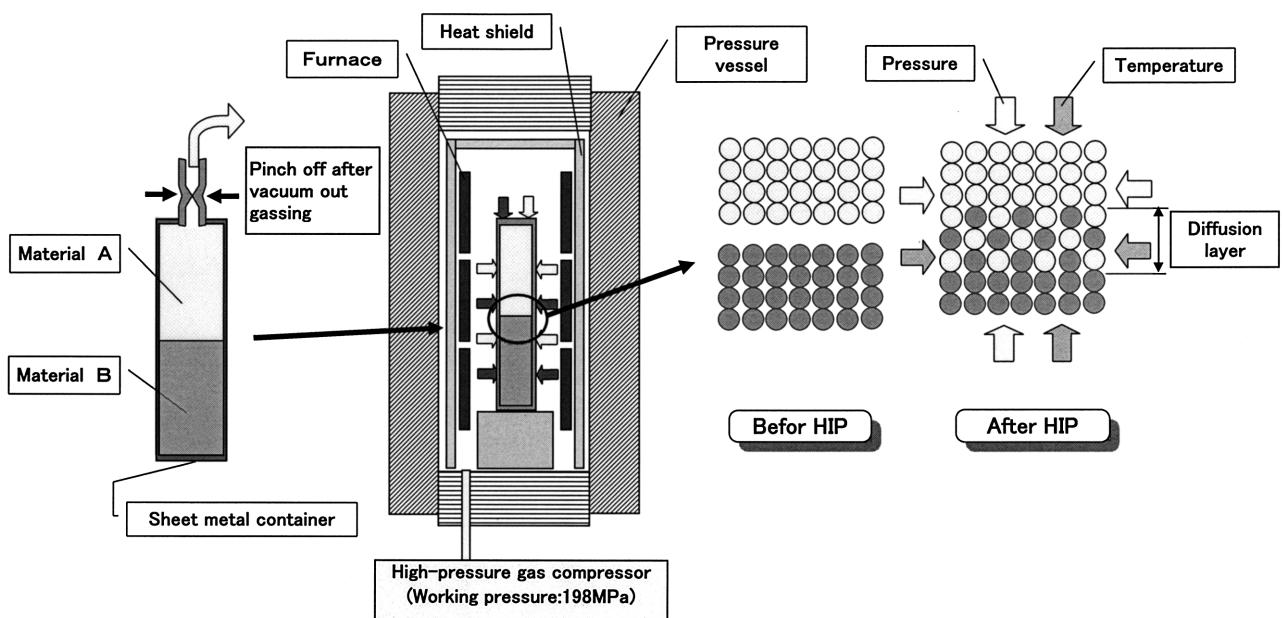


図1 HIPプロセスによる拡散接合モデル
Diffusion bonding model using by HIP process

スにより得られる接合体、焼結体は低温度、短時間での拡散接合や緻密化が可能なため、以下のような特徴が確保できます。

- (1) 異種金属の直接固相接合はもとより、各種インサート材の適用により界面脆化層の生成や残留応力の制御が可能で、強固な接合強度を確保できます。
- (2) 溶解困難な高融点金属や偏析が生じ易い高合金でも、粉末のHIP焼結技術を使用することで均質微細な緻密化素材を製造できます。
- (3) 等方圧のため素材形状の影響を受けず、複雑形状品についても均等な品質を確保できます。

3. 商品例

3.1 製鉄設備用部品

新日本製鐵ではHIP法における上記の特徴を利用して各種の合金設計、素材開発を行い、過酷な環境で使用される製鉄設備部材に適用してきました。ここでは代表例として連続電気めっきライン(Electrolytic Galvanizing Line)で使用さ



写真2 コンダクターロール外観
EGL conductor roll produced by HIP

れるコンダクターロール(写真2参照)について紹介します。

コンダクターロールはpH1前後の酸性液中において連続通板される鋼板にパルス電流を通電するためのロールで、バレル素材には耐食、耐摩耗、耐肌荒れ性が要求されます。本要求を満足するために、粉末HIP法を適用して微細な高硬度金属間化合物を析出させた耐食・耐摩耗Ni-Mo-Cr合金を開発し、これまでに120本以上の製造実績を有しています。

3.2 電子産業用部品

(1) 固相拡散接合部品

一般的に異種金属の接合では、接合強度の確保とともに、熱膨張率差から生じる接合面近傍の残留応力制御が大きな課題となります。新日本製鐵では弾塑性解析、界面分

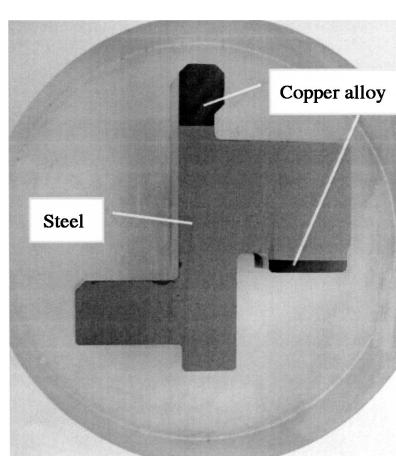


写真3 銅合金と炭素鋼の固相接合
Cross section of diffusion bonding parts with copper alloy and steel

析技術などの各種要素技術とHIP技術を融合させることにより、強固な界面接合と残留応力を制御した独自の異種金属接合技術を開発しています。写真3に特殊銅合金と炭素鋼を固相接合させた精密部品の断面を示します。本例では接合強度を特殊銅合金相當にまで高め、接合面の残留応力を大幅に低減したこと、全接合面における完全密着と、3 μm 以下の機械加工仕上げ精度の確保に成功しました。

(2)スパッタリングターゲット

デジタル化の急速な発展により、スパッタリングターゲットの需要が拡大しており、併せて大型化ニーズも高まっています。新日本製鐵では製鉄用部品で培った豊富なHIP焼結技術を用いて、純金属、多元系複合金属、合金粉末を原料とした各種のHIP焼結ターゲットを製造しています。主な特徴は次のとおりです。

- 1)高融点金属などの難焼結材を比較的低温で緻密化焼結することで、耐スプラッシュ性に優れた微細結晶粒素材を製造できます。
- 2)独自の粉末混合技術を用いて、均一分散型の多元系複合素材を製造できます。
- 3)独自の形状制御技術を用いてHIP焼結時の収縮を予測・制御することで、高価な原料の歩留まりを改善できます。
- 4)長さ2 000mmを越える大型素材のHIP焼結も可能です。

写真4に一例としてクロム合金ターゲットを示しますが、この他にも各種ターゲットを製造しています。

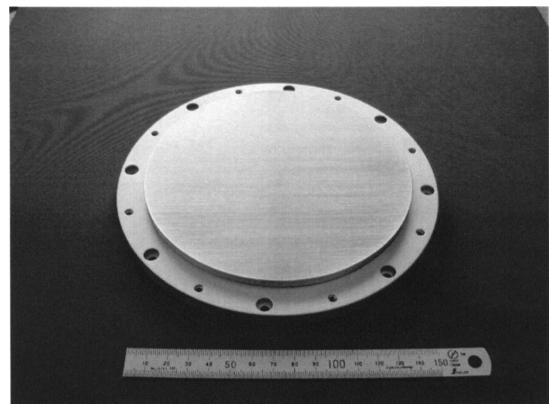


写真4 クロム合金ターゲット
Chromium alloy sputtering target

参照文献

- 1) Price, E.P. et al.: Metals Handbook. Vol.7. 9th ed. American Society for metals, p.419

お問い合わせ先
新素材事業部 企画管理部 HIPグループ
TEL(093)872-7100