

# 技術概要

## HIP 処理・真空熱処理のご案内

株式会社東都冶金

高い信頼性が求められる部品に対し、HIP 処理、真空熱処理、真空ろう付けを通じて、内部品質・寸法安定性・表面品質の向上を支援します。

### 1. HIP 処理とは

HIP 処理（Hot Isostatic Pressing：熱間等方圧加圧法）は、処理物を高温・高圧のアルゴンガス中で加熱・加圧する技術です。ガスを圧力媒体として使うため、複雑な形状の製品にも全方向から均一に圧力を加えることができます。主な目的は、金属内部の空孔・巣などの内部欠陥の低減、粉末材料の高密度化、同種または異種材料の拡散接合です。航空宇宙・防衛、エネルギー、半導体、医療、金型など、高い信頼性が必要な分野で採用されています。

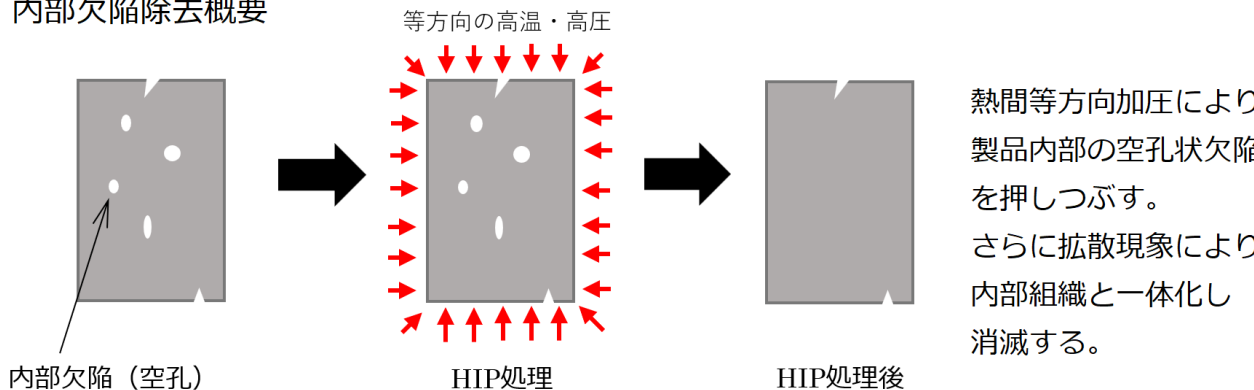
### HIP 処理で期待できる効果

- 内部欠陥を押しつぶし、組織を緻密化します。
- 疲労強度や疲労寿命の改善が期待できます。
- 内部欠陥による製品特性のばらつきを抑え、品質の安定化に役立ちます。
- 粉末焼結や拡散接合により、従来工法では難しい材料・形状への対応可能性が広がります。

### 原理

高温下で等方向から高い圧力を加えることで、金属内部の空孔が収縮します。さらに、塑性変形、クリープ変形、拡散が進むことで、空孔や接合界面が一体化し、内部欠陥の低減や接合が進行します。

#### 内部欠陥除去概要



内部欠陥除去のイメージ

### 処理温度・圧力

処理条件は材質や目的によって異なります。一般的には 500～2,000℃程度、49～196MPa 程度の範囲で設定されます。当社設備では、最高 1,400℃、147MPa まで対応可能です。

マグネシウム合金、アルミニウム合金などの低融点金属から、ステンレス鋼、Ni 基合金、超硬合金などの高融点材料まで、幅広い金属材料への適用を検討できます。

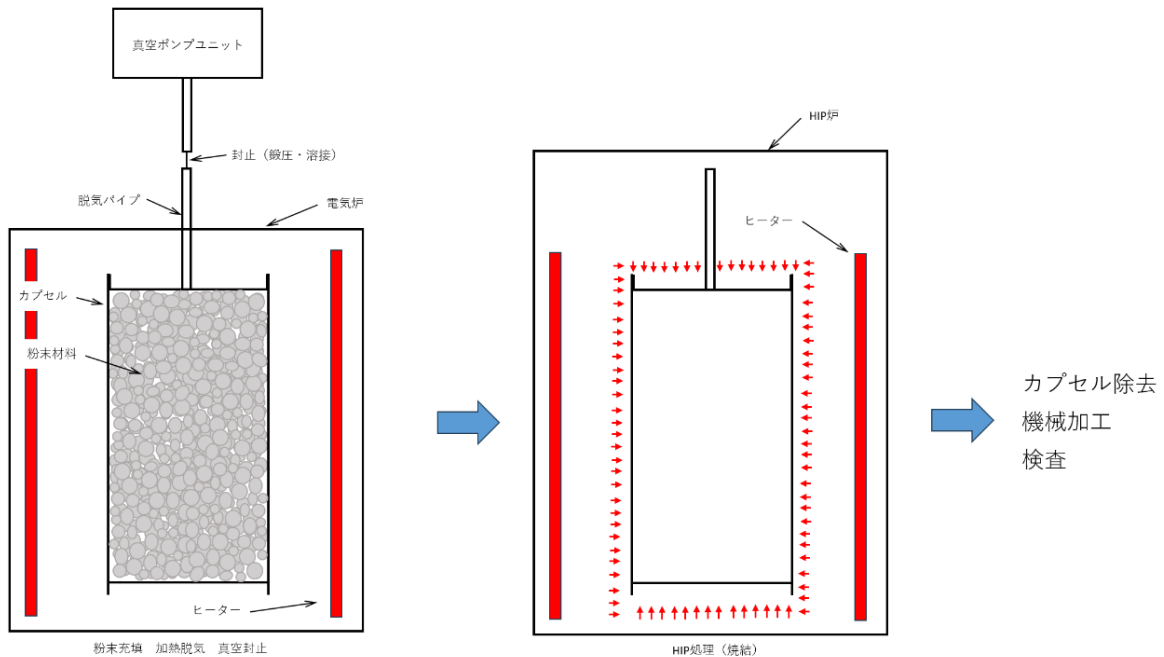
### 主な用途・対象材料

用途例	材料例
タービンブレード、インペラー、ノズル、マニホールド、人工関節、金型、バックギングプレート、ターゲット材料、超硬工具、競技用エンジンブロック等	マグネシウム合金、アルミニウム合金、銅合金、チタン合金、コバルト合金、鉄鋼材料、超硬合金、Ni 基合金、貴金属、セラミックス、ガラス等

## 2. HIP 処理の代表的な適用

### 粉末焼結・高密度化

金属粉末をカプセルに充填し、脱気・封止したうえで HIP 処理を行うことで、緻密で均一な焼結体を得る方法です。難焼結材や高純度材料の高密度化に有効です。



カプセル法による粉末焼結のイメージ

- ガスアトマイズ粉末由来の均一な組織を得やすく、高密度化が可能です。
- 焼結助剤を使わずに処理できる場合があります。
- カプセル形状を工夫することで、ニアネットシェイプ化を検討できます。
- カプセル製作、キャニング、カプセル除去などの前後工程が必要です。

### 内部欠陥除去

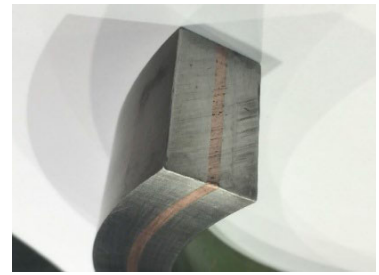
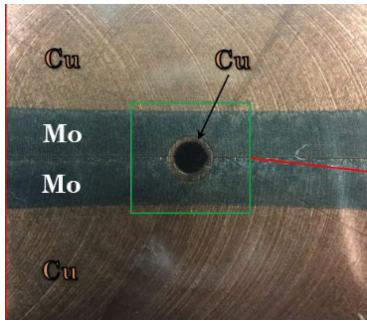
鋳造品や金属積層造形品などに生じる内部空孔を低減し、部品の信頼性向上を図る処理です。形状を大きく変えずに内部欠陥を処理できる点が特長です。

- 複雑形状品でも形状を維持しながら内部欠陥の低減を検討できます。
- 疲労強度・疲労寿命の改善が期待できます。
- 非破壊検査で検出しにくい空孔への対策として、品質の安定化に役立ちます。
- 表面に開口した欠陥は、そのままでは除去できないため、溶接などによる封止が必要です。

### 拡散接合

温度と圧力を利用して材料同士を接合する方法です。板材だけでなく、円筒形状や立体的な複雑形状、異種材料の接合にも適用可能性があります。

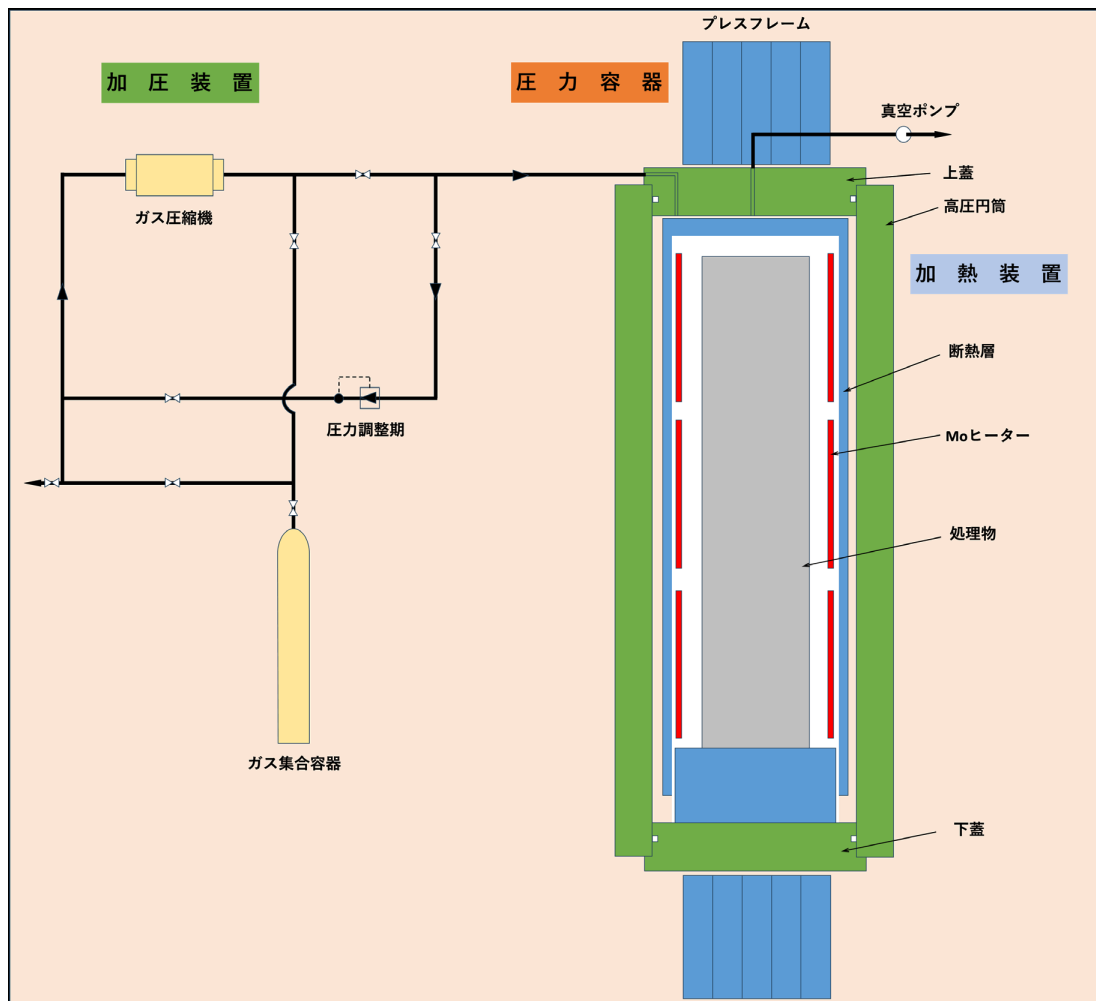
- 等方向から加圧するため、さまざまな方向の接合に対応しやすい処理です。
- 温度・圧力により界面の密着と拡散を促し、強固な接合を目指します。
- カプセル製作や封止の品質が重要で、欠陥があると接合不良やカプセル破損につながる場合があります。



拡散接合のサンプル写真

### 3. 当社 HIP 設備

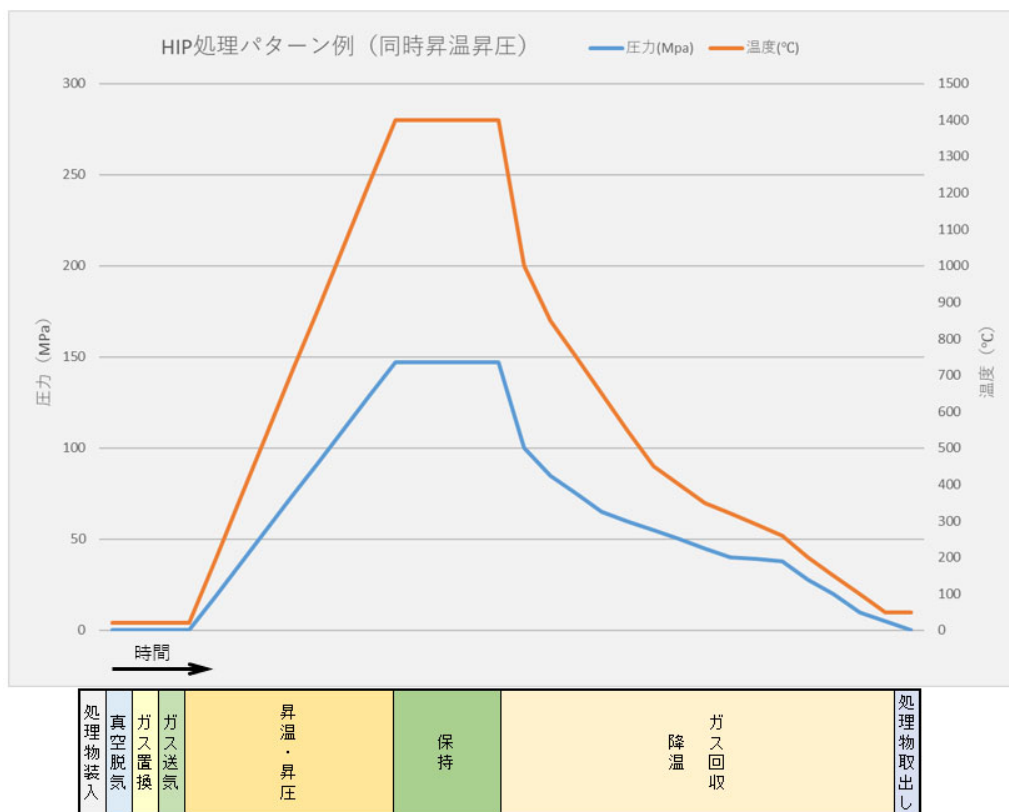
当社の HIP 設備は、高压容器、加圧装置、加熱装置で構成されています。高温・高压下で安定した処理を行うため、圧力容器や断熱層には安全性と均熱性を考慮した構造を採用しています。



HIP 設備の構成イメージ

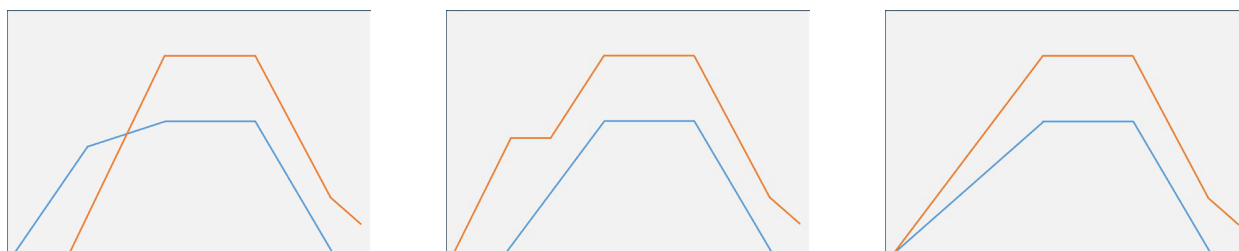
#### 設備仕様

項目	仕様
圧力	Max. 147MPa
温度	Max. 1,400°C
処理室寸法	φ500 × H1500mm
処理物重量	Max. 1,500kg
圧力媒体	アルゴンガス
発熱体	モリブデンヒーター



HIP 処理パターン例

## 昇温・昇圧パターン



- 昇圧先行型：室温で先に昇圧し、その後に昇温します。加熱によるガス膨張も利用できます。
- 昇温先行型：カプセル材が軟化してから昇圧する方法で、カプセル法に適する場合があります。
- 同時昇温昇圧型：昇温と昇圧を同時に進め、処理条件への到達時間を短縮しやすい方法です。

## 4. HIP 処理の標準的な流れ

処理の流れは、目的が「焼結・拡散接合」か「内部欠陥除去」かによって変わります。特にカプセル法では、前処理・脱気・封止の品質が最終品質に大きく影響します。

カプセル法（焼結・拡散接合）	カプセルフリー法（内部欠陥除去）
1. 処理物準備（脱脂洗浄、粉末充填、加工・組立） 2. カプセル準備（加工・組立） 3. キャニング・封止（加熱真空脱気、TIG 溶接または EBW 等） 4. HIP 処理 5. カプセル除去（機械加工等） 6. 検査（目視、非破壊検査、破壊検査等）	1. 処理物準備（脱脂洗浄、必要に応じて表面欠陥の封止） 2. HIP 処理 3. 検査（目視、非破壊検査、破壊検査等）

### よくあるご質問（HIP 処理）

#### Q. HIP 処理が可能な材質を教えてください。

A. 多くの実用金属、一部のセラミックス、ガラス等に適用を検討できます。ただし、処理目的や材料の組合せによっては不向きな場合があります。

#### Q. 処理可能な製品サイズを教えてください。

A. ヒーター保護用の円筒治具内に製品をセットします。当社標準治具使用時は、目安として φ420mm × H1500mm 程度まで対応可能です。材質・温度・治具との反応対策により投入可能サイズが変わるため、事前にご相談ください。

#### Q. HIP 処理条件は指定できますか。

A. ご指定条件での処理に対応できます。条件が未確定の量産予定品は、試作・評価から進めることをお勧めします。

#### Q. 成績書は発行できますか。

A. 発行可能です。ご要望に応じて報告書形式を調整できます。指定条件で処理する場合、温度・圧力・時間の処理チャート提出も可能です。

#### Q. リードタイムと費用を教えてください。

A. 前後工程を含まない処理のみの場合、目安は約 1 週間です。混雑状況、条件、前後工程の有無により変動しますので、都度お見積もりいたします。

## 5. 真空熱処理とは

真空熱処理は、真空雰囲気中で加熱・冷却を行う熱処理です。大気中での熱処理に比べ、酸化や脱炭を抑えやすく、処理後の表面をきれいに保ちやすい点が特長です。

真空中では酸素分圧が低いため、熱処理中の酸化を抑制できます。処理温度や材質によって効果は異なりますが、後加工の削減、表面品質の向上、脱ガスによる真空部品の立ち上げ時間短縮などが期待できます。

### 大気熱処理との主な違い

項目	真空熱処理	大気熱処理
雰囲気	真空またはパーシャルガス	大気
表面状態	光輝・無酸化・脱ガスが期待できる	着色・酸化スケールが発生しやすい
冷却	炉冷、ガス冷却、ガスファン冷却	炉冷、空冷、油冷、水冷など
適した用途	表面品質を重視する部品、真空部品、精密部品	大量生産品や大型品など、条件により選択

### メリット・留意点

- 酸化・脱炭を抑え、処理後の表面を光輝に保ちやすいため、後加工の削減が期待できます。
- 脱ガスにより、真空部品の立ち上げ時間短縮や磁気特性の改善につながる場合があります。
- ガス冷却は油冷・水冷より冷却速度が遅いため、材質によっては焼入れや溶体化に制約があります。
- バッチ処理のため、連続炉による大量生産には向かない場合があります。
- 蒸気圧が高い元素を含む材料は、炉の汚染や表面荒れの原因となるため処理できない場合があります。

## 対応可能な熱処理例

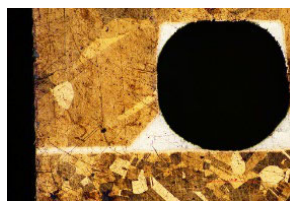
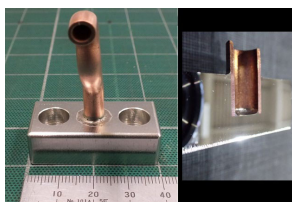
処理	対象例	目的・効果
焼入れ・焼戻し	ダイス鋼（SKD）、ステンレス鋼（SUS）等	金型、軸、刃物等の性能向上
溶体化処理・固溶化処理	ステンレス鋼、耐食耐熱合金等	軟化、応力除去、耐食性向上
焼鈍	鉄鋼、非鉄金属等	軟化焼鈍、中間焼鈍、磁気焼鈍、プレス焼鈍等
応力除去焼鈍	機械加工品、溶接品等	残留応力の低減
時効処理・析出硬化処理	ステンレス鋼、ベリリウム銅（C1720）等	ばね性、強度等の向上
真空ろう付け・その他	銅、ステンレス、各種部品	接合、ベーキング、熱圧着等

## 6. 真空熱処理・真空ろう付けの適用例

真空熱処理は、アルミニウム合金、銅合金、チタン合金、コバルト合金、鉄鋼材料、Ni 基合金などに適用を検討できます。ただし、蒸気圧が高い元素を含む材料は炉を汚染する可能性があるため、処理できない場合があります。アルミニウム合金は、焼鈍や時効処理には対応可能な場合がありますが、真空炉では水冷を伴う溶体化処理には対応できません。



真空ろう付け例 (Cu/SUS、Cu/Cu)



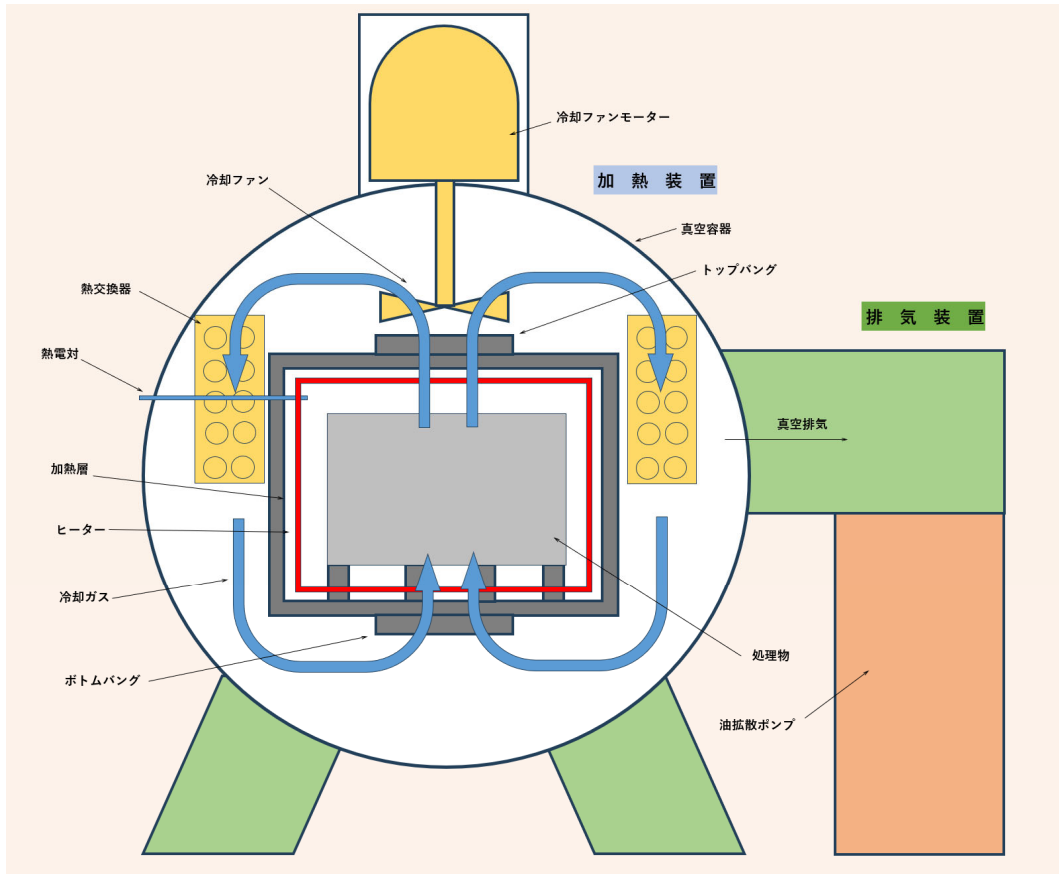
真空ろう付け・組織観察のサンプル写真

### 主な用途

金型、ベアリング、真空チャンバー、タービンブレード、燃焼器、ケーシング、バックリングプレート、ばね、電極などに採用されています。エネルギー、半導体、産業機械を中心に、自動車、材料、重工、測定器分野でも利用されています。

## 7. 真空熱処理設備

真空炉は、真空容器、加熱装置、排気装置、冷却装置で構成されています。処理中は排気を継続し、加熱により発生するアウトガスを除去しながら高真空領域を維持します。



真空熱処理設備の構成イメージ

## 当社真空熱処理設備仕様

炉名	型式	使用温度範囲	有効炉内寸法
TV-1	横型真空炉	540～1,300℃	610×460×910mm
TV-2	大型横型真空炉	540～1,300℃	910×790×2000mm
TV-3	二室型真空炉	540～1,300℃	800×800×1300mm

発熱体：カーボンヒーター 使用ガス：窒素ガスまたはアルゴンガス

## お問い合わせ時にご共有いただきたい情報

- 材質、寸法、重量、数量
- 処理目的（内部欠陥除去、焼結、拡散接合、焼入れ、焼鈍、真空ろう付け等）
- ご希望の温度・圧力・時間条件、または適用規格・顧客仕様
- 前後工程の有無（キャニング、機械加工、検査等）
- 要求される成績書、チャート、検査内容、納期

条件が未確定の場合でも、目的やお困りごとをお聞かせいただければ、試作条件や評価方法を含めてご相談を承ります。