

# 工業加熱

INDUSTRIAL HEATING

2021/11 VOL.58 NO.6

通巻348号 隔月刊・奇数月発行

## 技術解説

- 各種工業炉で使用されるガス分析計における測定原理と最新の適用事例について

## 接合／拡散接合特集

### 技術解説

- 拡散接合研究・実用化の経緯と接合部の酸化皮膜の挙動
- 拡散接合プロセスの低温化
- ホットプレスを用いた拡散接合プロセスの開発

### 製品・技術紹介

- WELCON における拡散接合の取り組み
- 通電熱加工技術を極める  
～自社製品“プラズマン”で顧客の技術力向上に貢献したい～
- 拡散接合って何？  
～金属技研が保有する製品の一部紹介～
- 精密加工技術としての拡散接合

技術解説	各種工業炉で使用されるガス分析計における測定原理と最新の適用事例について	富士電機株式会社 岡田 充泰	1
接合 / 拡散接合特集			
技術解説	拡散接合研究・実用化の経緯と接合部の酸化皮膜の挙動	WELLBOND 大橋 修	8
	拡散接合プロセスの低温化	群馬大学大学院 小山 真司	16
	ホットプレスを用いた拡散接合プロセスの開発	株式会社 IHI 機械システム 中野渡・小西・河合	23
製品・技術紹介	WELCON における拡散接合の取り組み	株式会社 WELCON 鈴木・斎藤・松原	30
	通電熱加工技術を極める ～自社製品“プラズマン”で顧客の技術力向上に貢献したい～	エス・エス・アロイ株式会社 菊池 光太郎	33
	拡散接合って何? ～金属技研が保有する製品の一部紹介～	金属技研株式会社 清板 恭一	39
	精密加工技術としての拡散接合	東北特殊鋼株式会社 千葉・佐々	42
JIFMA SDGs	日本工業炉協会の SDGs への取り組み		46
千思万考	世界の燃焼技術史 ～第5回(後編)～	仲町 一郎	47
回想山脈	山ものがたり ー第6回 小佐野さんの遭難体験と御正体山紀行(その1)ー	末吉 菊次郎	56
閑話休題	【産業史に学ぶ】6. コロナ禍が変えた世界	前田 章雄	58
お知らせ	令和3年度 各賞の贈呈者ならびに研究助成金交付者の決定について	公益財団法人谷川熱技術振興基金	63
情報	省エネ法について	一般社団法人日本工業炉協会 高橋 良治	64
	サーモテック 2022 出展者募集中		72
連絡	記事募集のご案内		73
	協会通信		75

## 各種工業炉で使用されるガス分析計における 測定原理と最新の適用事例について

岡田 充泰\*

### 1. はじめに

当社のガス分析計は、1930年代に熱伝導率を用いた製品に始まり、熱処理、鉄鋼、セメント、廃棄物、化学などの分野において、貢献してきた。各種工業炉においても、炉内雰囲気監視、燃焼管理、排出ガス監視、プロセス制御などで活用されてきた。

近年、炉の制御技術、ならびに有害物質の除去技術の進歩により、炉内雰囲気をサンプリングせずに直接測定する計測技術、低濃度をより高精度に連続測定する技術確立などの要望が挙がってきている。また、ガス分析計は定期的な保守を実施する製品群であるが、ユーザであるお客様より省負荷・省メンテナンスの製品が望まれる。

これらの要望に応えるために、半導体レーザーを用いたガス分析計、サンプルスイッチング方式を採用した新型赤外線ガス分析計などの新商品を輩出してきた。

本稿では、当社ガス分析計の測定原理から最新の適用事例について解説する。

### 2. ガス分析計の測定原理<sup>1)</sup>

#### 2.1 赤外線方式

一酸化窒素 (NO)、一酸化炭素 (CO)、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) などの多原子分子は、中赤外線と呼ばれる波長域 (2.5 ~ 25 μm) に固有の吸収波長をもつ。赤外線ガス分析計は、測定対象ガスの固有吸収帯がある波長の赤外線を利用し、試料ガスの赤外線吸収量からガス濃度を検知する。

この赤外線吸収量とガス濃度の関係は次式のランベルト・ベールの法則で与えられる。

$$I = I_0 e^{-kCL}$$

I: 透過赤外光の強さ    I<sub>0</sub>: 入射赤外光の強さ  
C: 測定成分の濃度    L: 試料セルの長さ  
k: 吸光係数

赤外線ガス分析計の方式には、ダブルビーム方式とシングルビーム方式がある。正式には、「非分散形赤外線ガス吸収法 (NDIR)」と呼ばれ、高感度で振動に強く長寿命である。試料ガスをサンプリングして、ガス分析計に導入し、計測する方法である。

\* 富士電機株式会社    パワエレ インダストリー事業本部    ファクトリーオートメーション事業部  
計測機器部 企画課 主任    M.Okada

# 拡散接合研究・実用化の経緯と 接合部の酸化皮膜の挙動



大橋 修\*

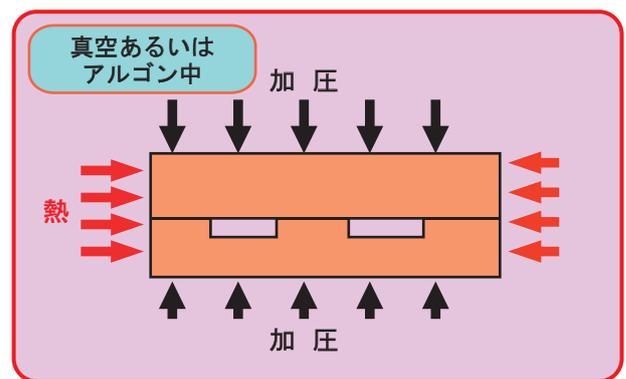
### 1. 拡散接合とは

#### 1.1 拡散接合の位置付け・定義

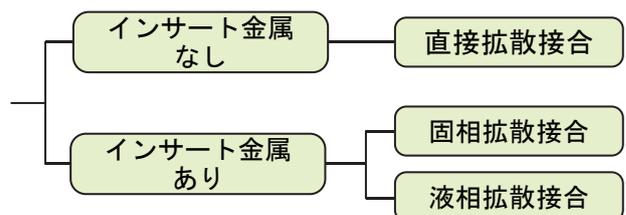
現在の溶接・接合法は、母材を熔融するか否かで分類され、融接法、ろう接法、固相接合法に大別される。融接法とは、アーク、電子ビームなどの熱源で、溶接棒（使用しない時もある）を溶かすと同時に母材（接合される材料）も多く溶かす。しかし、ろう接では母材をほとんど熔融しない。ろうの濡れによって母材になじませて接合する方法で、母材はほとんど溶かされない。

固相接合法は母材の融点以下の温度で行う接合である。固相接合法には、拡散接合の他、摩擦圧接、摩擦攪拌接合、鍛接、熱間圧接、常温圧接（冷間圧接）、爆発圧接、ガス圧接などがある。

拡散接合は、図1-(a)に示すように、接合面が酸化されないように制御された雰囲気中で、接合材料の積層体を加熱・加圧し、原子の拡散を利用して接合する方法である。JISの定義<sup>1)</sup>では、「母材を密着させ、母材の融点以下の温度条件で、塑性変形をできるだけ生じないように加圧して、接



(a)



(b)

図1 (a) : 拡散接合法 (b) : 拡散接合の分類

\* WELLBOND・代表, (東京理科大学・客員教授) O.Ohashi 連絡先 E-Mail : oobond@jcom.home.ne.jp



接合 / 拡散接合特集

## 拡散接合プロセスの低温化



小山 真司\*

### 1. はじめに

近年、自動車のCO<sub>2</sub>排出量の低減に加えて、電気自動車の航続距離を伸ばすため、各種機構部品から車体全体にわたるまで、マルチマテリアル化が進められている<sup>1)</sup>。代表的なものには、アルミニウムや高張力鋼などの鉄・非鉄材料や樹脂材料の様々な方法による組み立てがあり、重量減少を目指すことに注力されているのが現状である。

筆者はこれまでの研究で、電子実装材料、すなわちSn, Cu, Niを中心に固相接合の検討を実施し、接合阻害因子である自然酸化皮膜の除去を目的とした金属塩生成接合法の開発に着手した<sup>2)</sup>。ここで金属塩生成接合法とは、接合表面の酸化皮膜を金属塩被膜に置換し、接合中の加熱により金属塩被膜を熱分解させることで、金属状態の表面どうしを接合させる方法である。したがって接合界面において、酸化皮膜が残留した金属面どうしを接合した場合に比べ、はるかに低温から反応拡散あるいは相互拡散を生じ、より強固な接合が達成できる可能性を有している。またこのメカニズムを

用いた金属塩の熱分解により生じた金属状態の表面は、フラックスを用いることなく、はんだやろう材のぬれ性を向上させる効果を有していることも明らかとなっている<sup>3)</sup>。本稿では、金属塩生成接合法をアルミニウム合金と高張力鋼の接合部に適用した例とともに、Znシート表面に金属塩被膜処理を施し<sup>4)</sup>、アルミニウム合金どうしの接合部に適用した例について紹介する。

加えて本稿では、電気アシスト接合法について紹介する<sup>5)</sup>。拡散接合を行う場合、接合界面における反応拡散あるいは相互拡散方向は制御できない。一方で、拡散速度の違いから、拡散接合を実施した異種材料接合界面には、どちらかの金属原子が他方の母材中に拡散することで強固な接合が達成される場合が多い。電気アシスト接合法は、接合部近傍を加熱することで原子の熱振動を生じさせ、強固な接合が達成される方向に電流(電子流)を通じることで原子の拡散方向を制御し、より低温・短時間で強固な接合部を形成できる可能性を有している。

\* 群馬大学大学院 理工学府 知能機械創製部門 准教授 S. Koyama 連絡先 E-Mail : koyama@gunma-u.ac.jp



技術解説

接合/拡散接合特集

# ホットプレスを用いた 拡散接合プロセスの開発

中野 渡 功\*  
小西 博之\*\*  
河合 拓也\*\*\*

## 1. はじめに

個々の機能を損なわずに全体として新しい機能を発現させる“材料の高度利用”といった観点から、精密接合、異材接合が可能な“拡散接合”が近年注目を集めている。技術としては古くから存在している手法ではあるが、そのユニークな特徴と世の中のニーズがマッチしつつあり、本技術の見直しが進んでいるものと考えている。今回はその拡散接合の基礎と拡散接合に必要な装置の動向について報告する。

### 1.1 接合技術における拡散接合の位置づけ

ものづくりにおいてモノとモノを組み立て、つなぎ合わせる接合技術は無くしてはならないものである。それに伴い数多くの接合法が開発されているが、それぞれ利点と欠点があり、材料や使用環境などに合わせて最適な接合方法を選択する必要がある。

拡散接合は接合方法の分類としては、接合する

母材間を材料的に一体化する材料的接合に分類され、その中でも固相接合の一種に位置づけられる(図1参照)。固相接合とは、接合時に熔融することなく、固相状態同士で接合する手法である。次項以降に、拡散接合の定義や原理、特徴などを記していく。

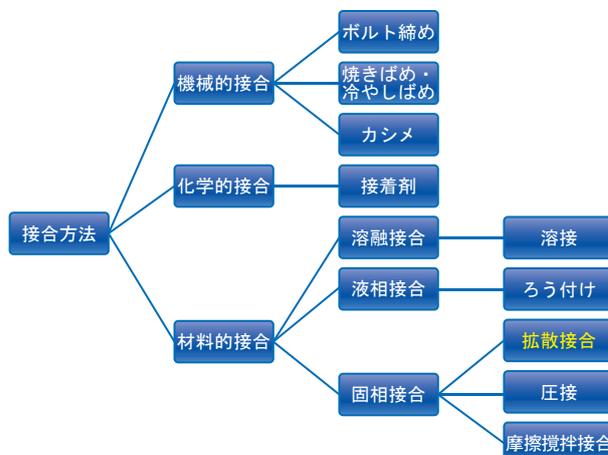


図1 各種接合方法の分類

\* 株式会社 IHI 機械システム プロジェクトセンター 主査 I. Nakanowatari

\*\* 同 同 同 H. Konishi

\*\*\* 同 T. Kawai

# 省エネ法について

高橋 良治\*

2020年10月に菅前首相がカーボンニュートラル宣言を行った。温室効果ガスの国内排出を2050年までに実質ゼロとする方針である。また、それに引き続いて2030年までに2013年比23%の温室効果ガス排出削減目標を、46%に引き上げる発表を2021年4月に行った。

工業炉によるエネルギー消費は国内消費の15%程度占めるとされ、CO<sub>2</sub>においても12%程度排出しているとされる（高炉及び転炉除く）<sup>※1</sup>。エネルギー多消費型の工業炉は、世界的な温室効果ガス削減のながれが急速化するなかで、今後10年単位で大きな環境の変化に直接的または間接的にさらされていくものと思われる。

ここでは、国のエネルギー使用に係る主な法律の一つである省エネ法の概要及び今後について、工業炉と関連付けて報告する。

※1 経産省資料より。

## ■ 概要

エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）の経緯はその前身の熱管理法（1951年）のさらに前身の熱管理規則が制定された1947年までさかのぼる。熱管理法の目的は、「工場又は事業場における燃料及びこれを熱源とする熱の有効利用を図り、燃料資源の保全及び企業の合理化に寄与すること」とあり、電気の使用については想定されていない。第3条には以下の各事項の実施について最大限の努力を尽くさなければならないとあり、燃焼炉に関する事項は当初より重要な位置づけとして取り扱われている。また、その省エネの考え方については半世紀以上前から特に変わっていないことがわかる。

- ・ 風化，自然発火，漏失等による燃料の損失の防止
- ・ 燃料の燃焼，ガス化及び乾留の合理化
- ・ 加熱及び伝熱の合理化
- ・ ふく射，伝導，漏失等による熱の損失の防止
- ・ 廃熱の回収

1979年に石油危機を契機として省エネ法が制定された。この時に定められた法律制定の目的は、「内外におけるエネルギーをめぐる経済的社会的環境に応じた燃料資源の有効な利用の確保に資するため、工場等、輸送、建築物及び機械器具等についてのエネルギーの使用の合理化に関する所要の措置、電気の需要の平準化に関する所要の措置その他エネルギーの使用の合理化等を総合的に進めるために必要な措置を講ずることとし、もって

\* 一般社団法人日本工業炉協会 事務局長 R. Takahashi