

工業加熱

INDUSTRIAL HEATING

2021/3 VOL.58 NO.2

通巻 344 号 隔月刊・奇数月発行

技術解説

- 金属材料の断面組織観察と元素分析の基礎と応用
～ 工業炉をより効果的に使用するためのヒント～

ろう付け特集

技術解説

- 真空中ろう付け炉の基礎と動向

アーカイブ

- ろう付・はんだ付における接合温度の低温化
- アルミ真空中ろう付け― 最重要課題とは？



技術解説	金属材料の断面組織観察と元素分析の基礎と応用 ～工業炉をより効果的に使用するためのヒント～ 東海大学 宮沢 靖幸 ...	1
ろう付け特集		
技術解説	真空ろう付け炉の基礎と動向 ... 株式会社アルバック 加藤 雄嗣 ...	9
アーカイブ	ろう付・はんだ付における接合温度の低温化 大阪大学 竹本 正 ...	18
	アルミ真空ろう付け ― 最重要課題とは？ Ipsen Inc. Craig Moller・Jim Grann ...	24
温故知新	寛治に訊け！「エネルギーバランス・フロー」とは何ね？（その2） 下川 寛治 ...	32
千思万考	世界の燃焼技術史 ～第2回～ 仲町 一郎 ...	39
回想山脈	山ものがたり 第2回 丹沢から道志へ 末吉 菊次郎 ...	48
閑話休題	【産業史に学ぶ】 2. 敗戦からの高度経済成長（終戦～バブル期） 前田 章雄 ...	53
お知らせ	2020年度補正及び2021年度 当初予算関連補助金並びに税制について	57
連絡	記事募集のご案内	62
	協会通信	64

金属材料の断面組織観察と元素分析の基礎と応用 ～ 工業炉をより効果的に使用するためのヒント ～

宮 沢 靖 幸*

はじめに

工業炉は多様な産業分野で使用されている重要な工業製品であり、ろう付や熱処理など製造業の要素技術を支えている。また、工業炉は、その使用目的や環境などへ配慮し、製造され使用されている。一方、工業炉の使用目的や現場での運用方法は多様であり、最悪の場合、予期せぬ不具合が発生する場合も多い。工業炉の不具合は製造元が解決しなければならないが、全ての多様な不具合に対応する事は難しい。また、ろう付や熱処理の不具合の発生原因を工業炉に求める場合も多いと聞いている。この場合、ろう付や熱処理に関する基礎的素養と原因究明のための調査・分析手法の理解が必要不可欠である。ろう付の基礎的素養は「ろう付の基礎とろう付時の工業炉の役割 ～高品質な製品を得るためのコツ～」¹⁾で解説した。

本報では工業炉に多用されている金属材料やセラミックス系材料に焦点を当てた。今後、工業炉の高性能化・高機能化などを目的として新規材料の投入が検討される事も多いと考える。この場合、使用する材料の特性をよく理解すると共に、その性能を十分に活用する事が求められる。そのためには、材料のマイクロ組織観察や元素分析、さらに、

得られた結果を読み、金属材料などを効果的に工業炉へ適用する事が必要となる。マイクロ組織や元素分析結果をよく理解する事は、適切な加工プロセス選定などに繋がり、結果として高性能高機能な工業炉に繋がる。

さらに、ろう付や熱処理とは異なる新たな要素技術を工業炉と共に開発する事で、国際競争力の向上に繋がると筆者は考えている。そのためにも本報で紹介する金属材料などのマイクロ組織を理解する事は重要である。

また、工業炉に発生する不具合は、不具合箇所の外観観察や該当箇所の断面マイクロ組織観察や元素分析などによって原因を特定できる場合が多い。筆者は、原因の特定が最終的に前述した工業炉の高性能化・高機能化に繋がると信じている。

そこで、金属材料やセラミックス材料のマイクロ組織観察や元素分析手法の基礎を本報含め数回に渡り、紹介する。主な内容は以下の通りである。現状、3回を予定している。

- 1：金属材料のマイクロ組織と試験片作製方法
- 2：表面分析の基礎と元素分析方法
- 3：ろう付体の元素分析方法

* 東海大学 工学部 材料科学科 教授 Y.Miyazawa 連絡先 E-Mail アドレス : ymiyazawa@tokai-u.jp



真空ろう付け炉の基礎と動向

加藤 雄 嗣*

1. はじめに

ろう付け技術は人類の生活と切り離すことができないものであり、古代文明の黄金細工等から始まり、現在も装飾品等の身近な用途から、航空・宇宙といった最先端の産業用途にまで幅広く用いられている。その施工方法も工芸品の職人による手作業から、工場における機械による無人・自動化作業までと多岐にわたる。

ろう付けの長い歴史の中で見ると真空ろう付け炉の実用化は1930年代頃からと短いものに感じられるが、処理環境がクリーンであり、均熱性に優れている事、金属母材表面の光輝性も得られることから後処理が簡略化できるなどの利点があることから現在も工業用製品の接合技術として重要な地位を維持しているといっても過言ではない。

しかしながら、真空ろう付け炉のみならず雰囲気ろう付け炉など工業用熱処理装置の置かれる立場は厳しくなりつつあるのが現状である。

近年の省エネ・省コストが叫ばれる流れの中において、日本国内におけるエネルギー消費量において製造業が占める割合は40年前の65%から減ってきているといっても2013年時点で44%を占めている¹⁾。省エネ関連製品を製造するために大量のエネルギーを消費することは本末転倒ということである。

こういった背景もあり熱処理装置を使用する産業界への注目は高くなっており、近年では従来比で一定効率以上の省エネ効果を有する等の省エネを考慮した設備の導入に対する補助金や減税といった施策も行われていて省エネへの取り組みは設備メーカーにおいては必須命題となっているといっても過言ではない。

昨年からのコロナ禍に伴う生活環境への変化は当然産業界へも大きく影響しており、工場停止などを行っていた一時期の状況からは回復傾向にあるものの、日本のメーカーの置かれている状況は依然厳しく、計画の見直し・延期を強いられている状況であり、既存ラインの老朽化に伴う更新を優先、増産目的の新規の設備導入に関してはさらに厳しい状況となっている。

このコロナ禍の騒動以前からも、前述の環境対応の要求を背景に受けてか、近年のろう付けに関する学会や展示会における研究・報告はコスト削減を目指したものが増加傾向にあり、高価なろう材成分の置き換えであったり、処理プロセスの簡略化(低温度化)、プロセスの変更、脱真空ろう付けというものもある²⁾。

これらは真空ろう付けは手間がかかり管理が難しいという考えもあるが、それよりも真空ろう付け炉は大気ろう付けや雰囲気ろう付け炉と比べる

* 株式会社アルバック 電子機器事業部 産業機器部 技術課 Y. Kato

ろう付・はんだ付における 接合温度の低温化



竹 本 正*

1. はじめに

ろう付・はんだ付は、熱交換器類のフィンとチューブやプリント基板上に微小部品を搭載するなど、多くの箇所を一回のプロセスで接合できる優れた多点一括接合技術である。ろう付とはんだ付をあわせて「ろう接¹⁾」と表現され、母材を溶融させることなく接合できる比較的低温での接合技術として古くから多用されてきた。しかし、旧来のろう付ではフッ化物や塩化物など強烈な腐食作用を有する接合用フラックス（金属表面の酸化皮膜を除去できる化学物質）を使用するため、ろう付後の洗浄除去が必須となり、その後の水処理コストや環境問題の観点から、簡便な接合技術としてのトーチろう付などは減少しつつある。このため、アルミニウムのろう付ではフラックスを使用しない真空ろう付や非腐食性フラックスろう付と呼ばれる残さの腐食性がほとんど無い手法が開発され、輸送機器用各種熱交換器類製造には不可欠の技術となっている²⁾。

一方、はんだ付は電子部品実装に不可欠のマイクロソルダリング技術³⁾として、ここ20年間に、格段の発展と進化を遂げてきた^{4)~7)}。

ろう接作業温度は溶接など母材の溶融を伴う接合に比べると低温といえるが、近年、炭酸ガスの排出量抑制やエネルギーコスト削減を目的として、接合温度の低温化の試みがいくつか行われてきている。

本稿では、多点一括接合技術として発展しているアルミニウムろう付及びマイクロソルダリングを念頭に置き、近年の低温化の試みを紹介する。

2. ろう付とはんだ付

2.1 定義と特徴

ろう付とはんだ付は使用するフィラー（溶加材：溶融させて母材を接合する材料で、ろう及びはんだ）の液相線温度450℃で区分される¹⁾。両方とも、① 接合母材の融点以下で接合する、② いわゆるぬれが接合のきつかけあるいは継手品質に大きく関与する、など接合の原理原則は類似しているが、異なる点も多々ある。温度関連の事項についてその一例を表1に示す。

ろう付用フラックスは塩化物・フッ化物など融点と腐食性の極めて高い無機フラックスが使用され、活性力が高いけれども、はんだ付では融点が

* 大阪大学産学連携本部・特任教授（大阪大学名誉教授）T. Takemoto 連絡先 E-Mail : takemoto@jwri.osaka-u.ac.jp
(2016年5月出版当時)

アルミ真空ろう付け — 最重要課題とは？



Craig Moller *



Jim Grann **

概要

アルミニウムの真空ろう付けは時間、温度、真空度の微妙なバランスによって成り立ちます。これら要素は、部品の装填、加熱方法、ろう付け接合部の洗浄、ろう材の熔融、部品の取り出しなどを成功させるために根本的なパラメーターを維持し制御されます。これらは、急速な排気、PPM 単位の極めて低い酸素濃度、そして真空炉のシステムと相乗的に設計された優れた均熱性を確実にする極めて洗練された制御を用い、特定の作業環境で行われる。

1. はじめに

1.1 ろう付けの定義

アメリカ溶接協会はろう付けを下記のように定義している。

「液相線が摂氏 450℃ 以上、固相線がそれ以下の温度である卑金属ろう材を、ろう付け温度まで加熱することにより、材料を接合させる溶接の一連のプロセスである。ろう材は毛細管現象により接合面に広がり密着する。固相線とは金属が完全に固体となる最高温度、つまり融解の始まる温度である。液相線は金属が完全に液状となる最低温度、つまりで凝固の始まる温度である」¹⁾

1.2 アルミろう付けの種類

アルミろう付けはフラックスの有無に関わらず行われ、溶接の方法には様々な物がある。

フラックスを用いたろう付けに於いては、フラックスは接合部に流れ込み、強固で正確なろう付けを防いでしまう酸化物を取り除くために、液

状のろう材と置き変える。フラックスはペースト、液体、粉末などさまざまな状態で接合させる。ろう付けロッドのなかにはフラックスにコーティングされているものや、ろう付けのプロセス中に必要分だけフラックスを注ぐコアを持つものがある。フラックスを用いたろう付けプロセスにはトーチろう付け（手動と自動）、誘導加熱ろう付け、塩浴ろう付け、そして雰囲気調節などがある（CAB）。

真空炉で行われるろう付けは接合部にフラックスを使用しない為、フラックスレスろう付けとされている。フラックスレスろう付けは、不活性ガス雰囲気や真空炉を使って行うことができる。そのような工程には半導体製造やセラミックの銅ろう付けなどが含まれるがこれらに限定されない。それは真空炉の清浄な環境がフラックスを必要としない為である。アルミ真空ろう付け工程においては、マグネシウムが添加剤やゲッターとして用いられる。

* Ipsen Inc. チーフ テクニカル エンジニア (2015 年 3 月出版当時)

** 同 シニア テクニカル マネージャー