

# 特集 新省エネ型アルミろう付炉の開発\*

## Development of a New Energy-Conservation-Style Aluminum Brazing Furnace

布施正史  
Masashi FUSE

生田秀隆  
Hidetaka IKITA

安藤吉富  
Yoshitomi ANDOU

As part of the company-wide energy conservation activities, our department has been promoting the “Establishment of the Perfect Energy Factory (PEF); a zero-energy-loss plant”. As the first step in these activities, we developed a hybrid heating energy-conservation-style aluminum brazing furnace in which city gas and electric power were combined efficiently as heat source and high efficient heat muffles were creatively utilized. Consequently, the furnace reduced energy costs by half and was introduced in our domestic and overseas plants. As the next step, we have developed a new energy-conservation-style aluminum brazing furnace, which is more advanced, compact, and fully electrified, and which does not use thermal convection heating at all, but uses only thermal conduction and radiation heating in order to drastically reduce production costs. This paper describes these newly developed energy-conservation-style aluminum brazing furnaces.

**Key words:** Aluminum brazing furnace, Energy conservation, Full electrification, Thermal conduction, Radiation heating, Compact

### 1. はじめに

当社では、地球温暖化の抑制が急務の中、デンソーエコビジョン「2005」・「2015」を掲げ企業行動全般にわたり、環境との調和と社会との共生を目指しCO<sub>2</sub>排出量の把握とその削減に向け、「エネルギーロスゼロのパーフェクトエネルギー工場（PEF）作り」を推進している。PEF活動の一環として、当部では01年より都市ガスと電気を効率的に組合せたハイブリッド加熱方式の省エネ型アルミろう付炉を開発し、国内外の拠点に展開してきた。

今回、アルミ丸型オイルクーラ3号ラインの新設に際し、熱の伝わりから見直しを行ない伝導と輻射加熱のみで実現した「コンパクトでオール電化」の新省エネ型アルミろう付炉開発に成功したので、ここにその事例を紹介する。

### 2. テーマの選定

主力製品であるラジエータの材質は「鉛対策により銅からアルミ」に切り替わった。02年以降アルミ化拡大展開により、ラジエータ構成部品の接合方法が300℃の半田付けから600℃のろう付けに変わることによりCO<sub>2</sub>排出量が急増した（Fig. 1）。増加した電気エネルギーの約52%は加熱炉が消費しており、そのほとんどはアルミろう付炉が占めている（Fig. 2）。今後の製品動向からもアルミろう付炉の導入が多く計画されており、エネルギー使用量が増加する（Fig. 3）。アルミ丸型

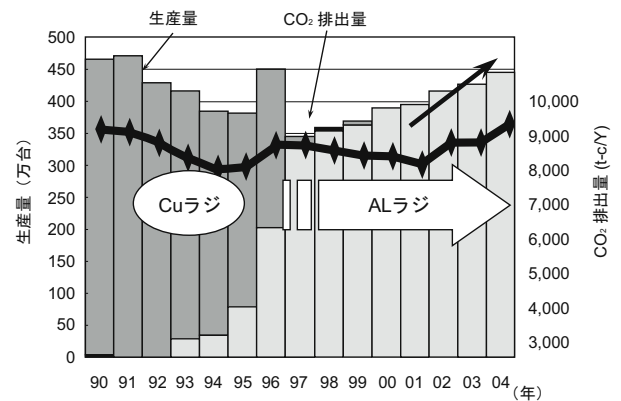


Fig. 1 Transition of radiator production volume and CO<sub>2</sub> emissions

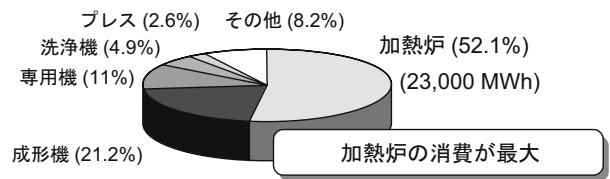


Fig. 2 Breakdown of electric power consumption by process machine

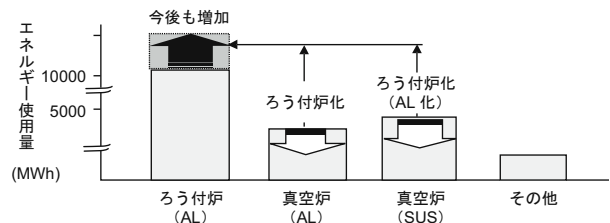


Fig. 3 Energy consumption forecast by furnace type

\* 機関誌「エレクトロヒート」の了承を得て、2008年7月号より、一部加筆して転載

1・2号炉ではエネルギーコスト1/2を達成し、今回3号炉導入では更なる省エネを追求した新省エネ型アルミろう付炉を開発することにした。

### 3. 現状の把握および分析

#### 3.1 アルミろう付の概要

製品は組付後フラックスを塗布し、脱脂乾燥、ろう付、部品組付、検査を経て完成品となる (Fig. 4)。ろう付の工程は雰囲気温度とその酸素濃度により以下の3工程に分類できる (Fig. 5)。

- (1) 予熱工程 (母材の酸化皮膜除去)  
160 → 580 ± 10°C, 100 ppm 以下
- (2) 加熱工程 (ろう材を溶かしてフィレット形成)  
約 600 ± 5°C, 50 ppm 以下
- (3) 冷却工程 (フィレットを凝固)  
規定の冷却熱勾配, 100 ppm

加熱工程は、予熱工程に比べ炉内の均熱性、低酸素雰囲気が必要される重要な熱処理工程である。

#### 3.2 アルミろう付炉構造 (以後、従来炉と記す)

Fig. 6 は従来炉の断面を示したものである。製品は大幅に軽量化したキャリア一体治具にセットされ、予熱ゾーン、加熱ゾーン、冷却ゾーンと通過して行く。予熱ゾーンは都市ガスを熱源に低酸素雰囲気で製品を対流加熱する構造である。加熱ゾーンは電気ヒータを熱源にグラファイトマッフルを均等に加熱し、その輻射熱を利用している。

従来炉では、

- (1) キャリア一体治具による非製品熱マスのMIN化
- (2) 都市ガスを利用した熱源の採用
- (3) 高効率マッフルの採用

により、ガスと電気ハイブリッド加熱方式でエネルギーコスト1/2を達成した。

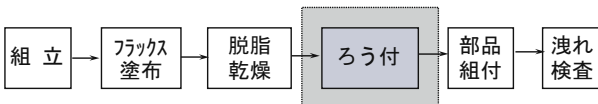


Fig. 4 Manufacturing process of aluminum brazing

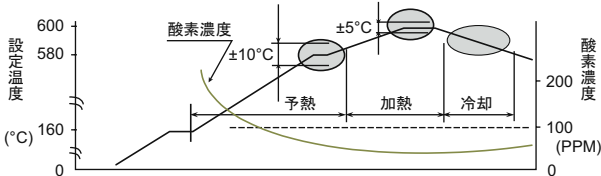


Fig. 5 Mechanism of brazing

#### 3.3 従来炉の現状把握と目標設定

Fig. 7 は従来炉の熱の伝わり (温度プロファイル) を表したものである。この温度プロファイルからメッシュベルト、治具、製品がどのように昇温しているかが分かる。着眼点は“後から製品温度が上昇”して行くことである。予熱ゾーンの熱風はメッシュベルト、治具を先に加熱して製品に伝えている。加熱ゾーンではグラファイトの床からメッシュベルトが伝導加熱され、製品は治具で遮へいされ、輻射加熱の熱の伝わりが最後になっている。このように治具とメッシュベルトが熱の伝わりを阻害し製品温度が遅れて昇温している。

#### 3.4 熱の収支解析

Fig. 8 は従来炉の熱収支解析を行った熱勘定図である。先ほどの熱伝達を阻害していた治具加熱に42%、メッシュベルト加熱と炉壁放散には22%もの多くのエネルギーが消費されている。この従来炉はガスと電気ハイブリッド加熱方式にて省エネ型ろう付炉として

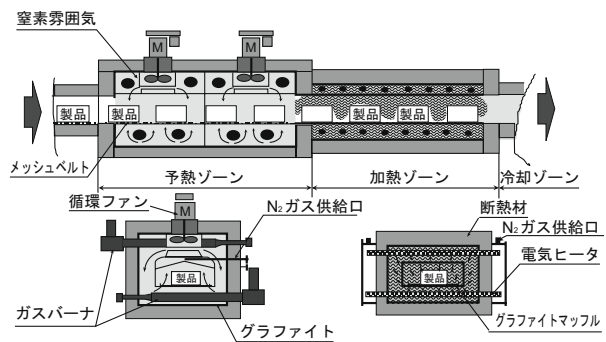


Fig. 6 Structure of a conventional furnace

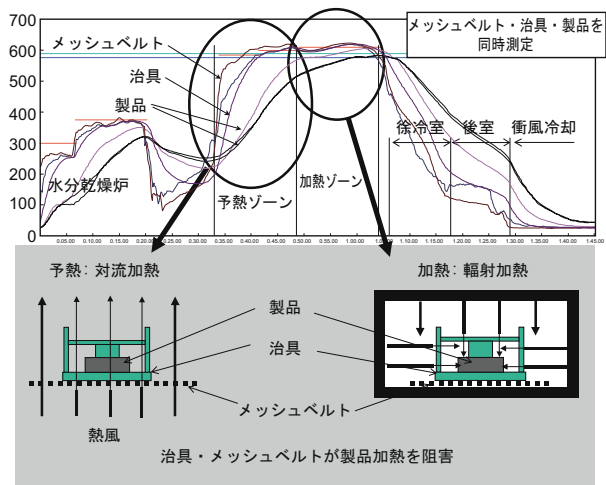


Fig. 7 Heat conduction analysis of a conventional furnace

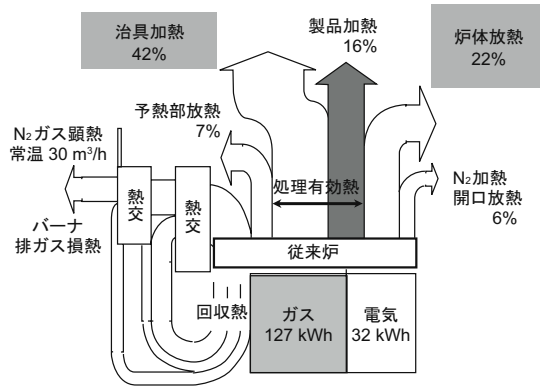


Fig. 8 Thermal calculation diagram of a conventional furnace

稼働している。しかし、ガス燃焼システムの細やかな温度管理に対し、運用面や保守面が大変であることから、都市ガスから電気ヒータへの熱源変更が要望されてきた。また、ガスバーナを使用した設備は炉体が大きくなり、炉体放熱も増加させていた。このことから新省エネ型アルミろう付炉の開発には、

- (1) 治具やメッシュベルトが熱の伝わりを阻害
- (2) ガスバーナによるメンテナンスで苦戦
- (3) 炉体の大形化による炉体放熱が多い

という課題が分かった。

#### 4. 開発の経過

##### 4.1 目標設定

『新省エネ型アルミろう付炉』の開発目標を事業部長期方針の「05年コスト1/2化」より電気加熱炉で熱量半減とし、改善に取り組むことにした。

##### 4.2 問題点と対策

熱収支解析より改善ネタを抽出し、課題に対する目指す方向と技術をまとめた(Table 1)。

#### 5. 開発内容

##### 5.1 治具レス化

従来炉では製品を治具で挟み込みその重みでろう付け品質を保証している。この治具はろう付姿勢を保持する機能とメタルカーテンによるキズの発生を防止する機能を有する。今回は治具レス化を狙い、製品側では部品の圧入連結で重しを不要化し、設備側ではメッシュベルトに遮へい板を取り付け、その間に製品を載せることによりキズを防止した。これをボックスシール方式と名付け、製品1台当たり約3kgの治具を無くすことができた(Fig. 9)。

Table 1 Measures for problems

従来の問題点	目指す方向	技術課題と対応
治具やメッシュベルトが熱の伝わりを阻害	ろう付品質の確立	治具レス化 メッシュと製品の別加熱 ・製品自己保持化 ・製品キズ対応技術 ・メッシュ単独加熱技術
ガスバーナのメンテナンスで苦戦	高コストな電気加熱効率向上	高効率電気加熱技術 ・製品単独加熱技術 ・対流・伝導・輻射の複合加熱技術
炉体放熱が多い	炉体コンパクト化	ファンレス化 ・炉内構造の見直し

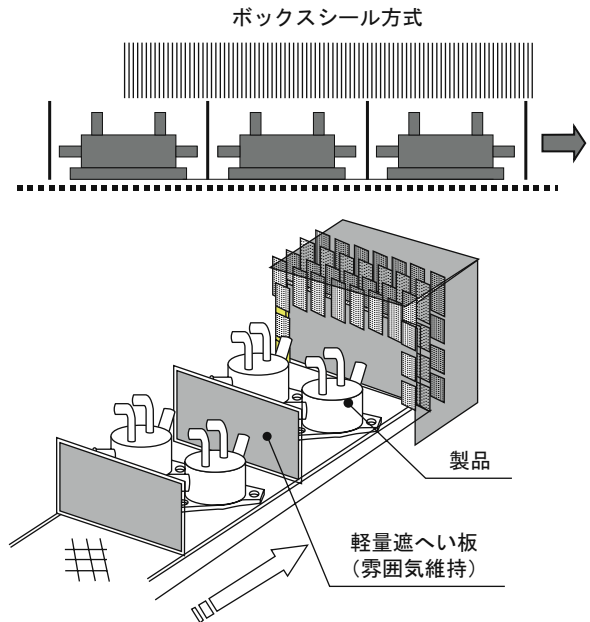


Fig. 9 Box seal method

##### 5.2 高効率電気加熱技術とファンレス化

従来炉の予熱ゾーンでは循環ファンによる対流加熱を用いたため、炉体が大きくなってしまい放熱も大きくなっていった。熱風は、メッシュベルト→治具→製品の順で熱が伝わるため、製品の昇温速度を低下させていた(Fig. 10)。今回は上記の課題を解決するためにメッシュベルトと製品を個別に加熱することを開発テーマとし検討を進めた。熱マスの大きいメッシュベルトは電気加熱したグラファイト床から伝導加熱で(床暖房方式)で熱を伝え、製品はグラファイトの優れた特性(熱伝導率、放射率)を利用した輻射熱で加熱することにより、対流加熱では不可欠であった循環ファンを省き、コンパクトでオール電気加熱炉の開発を目指し取り組むこととした(Fig. 11)。そこで、実用化に向けた技術の裏付け(実証)としてテスト炉を製作し確認を行った。

### 6. テスト炉による確認

テスト炉は全長 7.7 m で、製品は入口ボックスシール室から予熱・加熱・冷却と進み出口ボックスシール室を経て排出される (Fig. 12).

テスト炉での確認結果は、

- (1) 製品の昇温速度は、ろう付け治具が無くなり伝導と輻射熱を効率良く使うことにより従来炉比 1.6 倍と改善した。
- (2) ボックスシール方式によりキズの発生もなく、ろう付けにとって大切な炉内の雰囲気を保つパージガス（窒素）の消費量は従来炉の約 1/3 に減らすことができた。

このテスト炉にてろう付けした製品の品質を確認し、保証項目である接着比率並びに静圧破壊強度ともに従来炉と同等の性能を得ることができた。

稼働中の新省エネ型アルミろう付炉の外観を示す (Figs. 13 & 14).

- (1) コンパクトな構造 (Fig. 13)
- (2) 製品はロボットによる自動取り出しを実施 (Fig. 14)

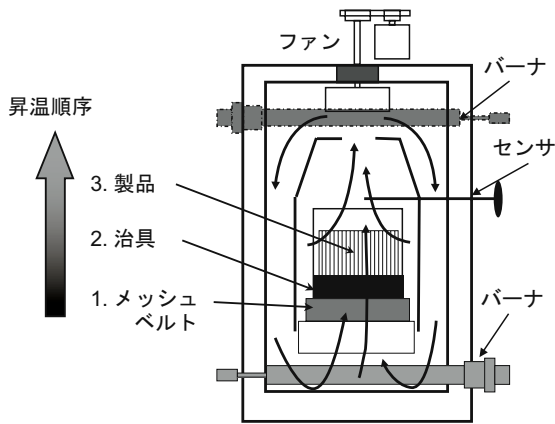


Fig. 10 Diagram of the process of temperature increasing in a furnace

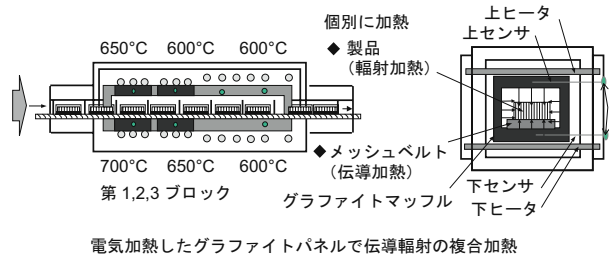


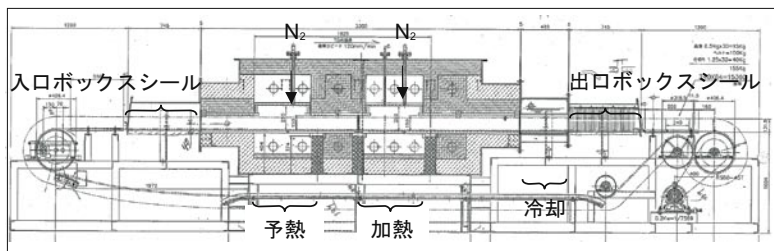
Fig. 11 Structure of a furnace using only radiation and conduction heating



Fig. 13 Photo of the new energy-conservation-style brazing furnace



Fig. 14 Photo of the end of the furnace



テスト炉入り口

Fig. 12 Schematic of the test furnace



### 7. 新省エネ型アルミろう付炉の開発結果

開発結果をまとめると、能力5万台の従来炉より小さな炉で10万台能力の炉を完成した(Fig. 15)。

治具は“ゼロ”に、炉体放熱は半減し、設備の大きさは1/2にできた。

#### 7.1 熱収支の確認

オール電化で、CO<sub>2</sub>は▲57 t-cの削減、エネルギーコストで▲1,300万円/年、熱量は▲約13万 kcal/hと総熱量の約60%を削減できた(Fig. 16)。

#### 7.2 製造コストの確認

更にコストについても従来炉に対して、エネルギーコストで65%の削減、ろう付工程の総コストでも50%のコストダウンを達成した(Fig. 17)。

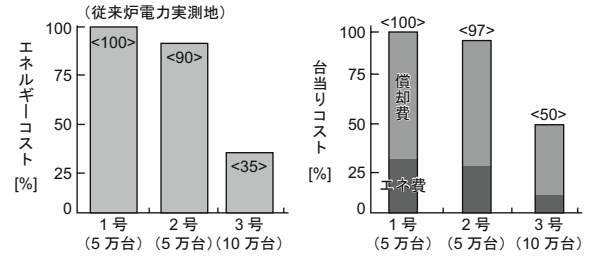


Fig. 17 Results of the reduction in production costs

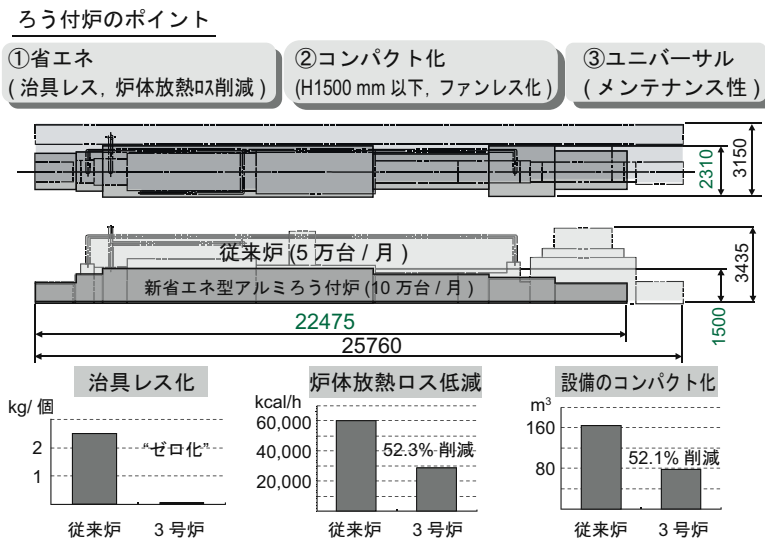


Fig. 15 Summary of the new brazing furnace

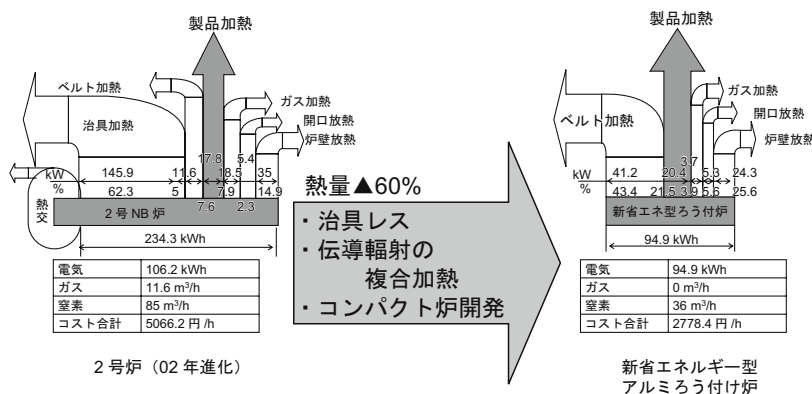


Fig. 16 Diagram of the actual results of the thermal calculation

### 8. 究極のろう付目標に向けて

当部ではAL丸型オイルクーラ新ろう付法の検討について、製品設計・材料技術との連携を強化して究極目標に向かって推進して来た。従来炉ではキャリアレ

ス・ガス加熱を実施し、3号炉では治具レスを実現し、今後も高速化を目指し究極のろう付（1ヶ処理）へ挑戦していく（Fig. 18）。

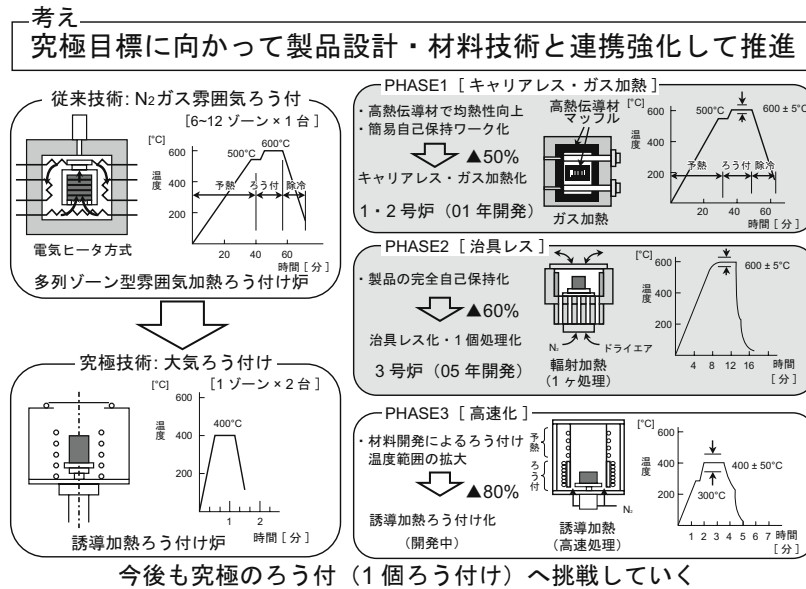


Fig. 18 Next project: new brazing method for round-shaped aluminum oil coolers

<著 者>



布施 正史  
(ふせ まさし)  
熱工機部 第2設備技術室  
機械装置の設計業務に従事



生田 秀隆  
(いきた ひでたか)  
熱工機部 第2設備技術室  
機械装置の設計業務に従事



安藤 吉富  
(あんどう よしとみ)  
熱工機部 第2設備技術室  
機械装置の設計業務に従事