

EB法を活用した熱関連製品の展開について

Development of Thermal Products using the EB Process

竹野 親二*
Shinji Takeno

鈴木 義和*2
Yoshikazu Suzuki

概要 従来、アルミニウムのろう付で必須であったフラックスとか真空中とかの制約条件が不要な大気中で無フラックスのアルミニウムろう付法 (EB法) を開発した。これは5層構造の特殊ブレージングシートを使った重ね密着継手に限定されるが、従来法に比較して高品質、低コスト、高強度、高耐食性の面接合が期待できる。このEB法を使った熱関連製品としてヒートシンク、積層金型等の事例を紹介する。

1. はじめに

アルミニウムのろう付は、ブレージングシートを活用して自動車用熱交換器のラジエータとかカークーラに多用されている。このろう付法としては主に窒素雰囲気下での非腐食性フラックスろう付法 (NB法) と真空中下での無フラックスろう付法 (VB法) とで行われている。

今回、こうした雰囲気やフラックスの制約条件を解除した大気中・無フラックスろう付法 (以後EB法と称する) を開発した¹⁾。現在このEB法を活用した製品展開を行っており、ここでは上記自動車用熱交換器以外での展開事例について紹介する。

2. EB法について (EB: exudation brazing)

EB法は特殊ブレージングシートのEB材を使用して行うものである。

2.1 EB材について

EB材は現行の3層構造のブレージングシートに代えて、これに更に両面に薄い皮材 (数 μ ～数10 μ) を加えた5層構造のシートである。図1に両シートの構成比較を示す。ここで各部位に使用する合金には、皮材には純Al系を、ろう材には4004, 4104等を、芯材には3003, 6061, 6951等を各々用いる。

2.2 EB法の概念

EB材を使用して大気中・無フラックスろう付が可能になる概念を次に示す。

ろう付では一般に接合を可能にする液体ろうのぬれを確保するために、ろう付加熱中でのろう表面の酸化皮膜の破壊や膜厚の増加防止をする必要がある。このため現行のアルミニウムのろう付では、通常は前記NB法やVB法の雰囲気制御やフラックスの使用条件下で行われている。

一方、EB材ではろうは表面に露出していないため酸化とは

無縁であり、ろうは溶融時には皮材を通して表面に染み出すことになる。この染み出し直後ではろうは無酸化の状態で表面に出現することになり、したがって雰囲気制御とかフラックスの使用なしにぬれ性の確保が可能になる。図2にこの染み出しの概念を示す。

図3には大気中での加熱に伴う酸化皮膜厚の変化を現行材とEB材について模式的に示す。

なお、EB法を大気中で行うためには接合継手形式は加圧密着させた重ね継手にする必要があり、したがって大気中EB法は面接合に限定したものになる。図4に重ね継手の模式図を示す。

2.3 EB法の特徴

EB法の特徴は以下のとおりである。

①高品質な面接合法である。

面状の染み出し作用による接合である。写真1に接合部の断面ミクロ組織を示す。

②低コストの接合法である。

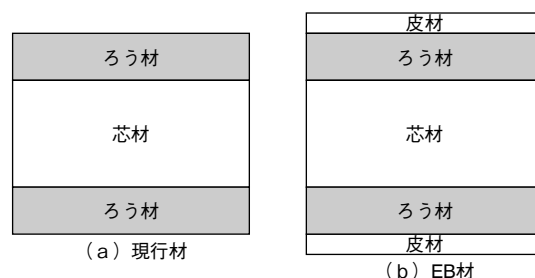


図1 ブレージングシートの構成比較
Composition of EB sheet.

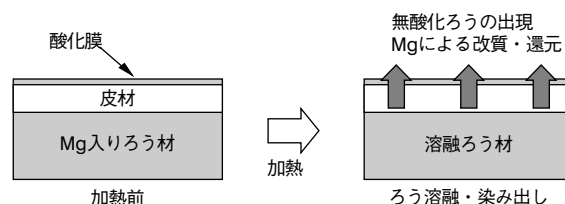


図2 EB材でのろう染み出し・ぬれの概念図
Concept of exudation of brazing alloy.

* スカイアルミプロダクツ (株)

*2 古河スカイ (株) 技術研究所

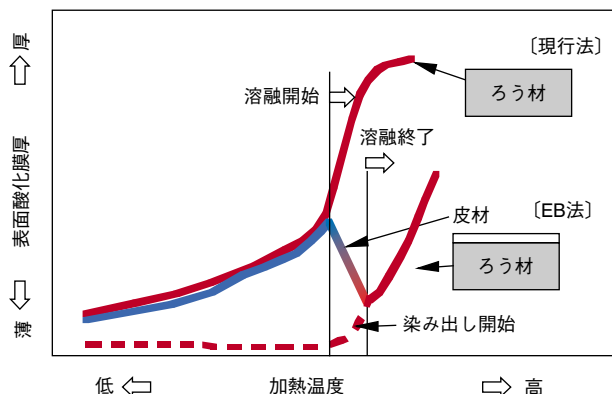


図3 大気中加熱での酸化挙動模式図
Schematic behavior of oxidation by heating in air.

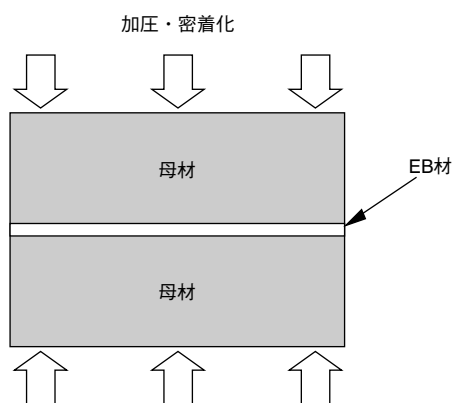


図4 重ね継手の概念図
Schematic illustration of lap joint.

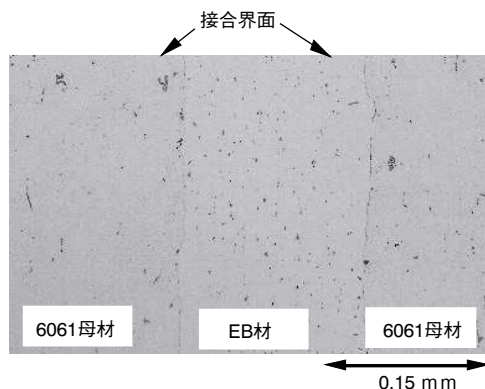


写真1 接合部の断面マイクロ組織
Micro structure of brazed section.

EB材の素材単価はアップするが、高価な炉設備、フラックスの消耗・塗布工程が不要である。

③表面が耐食性に優れる。

大気中約600℃での高温加熱により酸化膜厚が厚い。

④継手強さに優れる。

大気中・無フラックス加熱のため、従来不可であったろう材へのMgの残留が可能になった。図5には各種母材の突合せ継手の引張強さの例を示す。継手強さは6061母材では良好であるが、Al-Mg系の5052、5083母材では接合界面のMg系酸化膜の影響で劣ると考えられる。

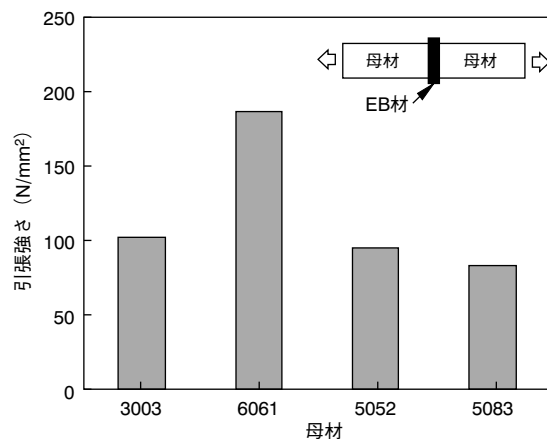


図5 EB突合せ継手の引張強さ
Tensile strength of EB butt joint.

3. 適用事例

3.1 ヒートシンク (商品名LEB-sink®, LEB: Laminated EB)

3.1.1 構造

櫛型構造のヒートシンク (LEB-sink) をEB材とフィン材とを交互に積層して作成した。図6にその模式図を示す。また、写真2に製品例の外観を示す。

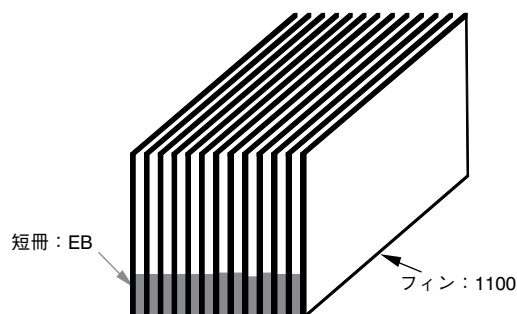


図6 LEB-sinkの模式図
Schematic illustration of LEB-sink.

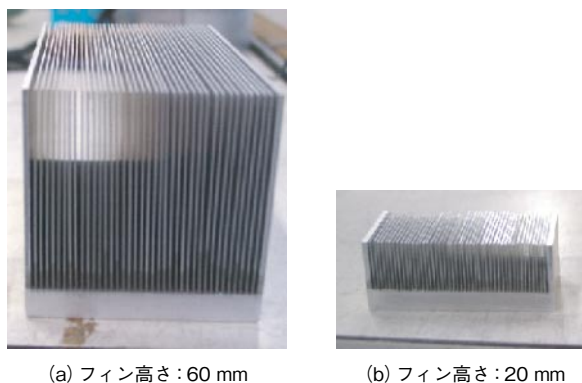


写真2 中型LEB-sinkの外観
(ベース幅: 60 mm, フィンピッチ: 1.5 mm)
Appearance of middle size LEB-sink.

3.1.2 特長

このLEB-sinkの主な特長は次のとおりである。

①製造可能範囲が大である。

- ・フィンの放熱面積を大きくとれ、放熱特性に優れる。
- ・フィンピッチの狭幅化が可能で、0.5 mm以下までの世界最小ピッチも可能である。

図7にLEB-sinkの熱特性を示す²⁾。また、図8に各種製法によるヒートシンクのフィンピッチの製造可能範囲の大まかな比較を示す。

- ・ベース幅の小型タイプから大型タイプまで製造可能である。

②面接合のため接合の構造強度が大である。

写真3に接合部のミクロ組織を示す。

3.1.3 適用

以上の特長から判断して、現在次の用途に最適と考えている。

- ・ 中型用（ペルチェ素子を使った製品、サーバ用）
- ・ 大型用（インバータ用）

3.2 積層金型

3.2.1 概念

積層金型法はCADデータに基づきあらかじめ所定の形状に切断した複数のアルミニウム合金板を多層に積層接合してブロックを作成するものである。その際ブロック内部に水冷等の複雑な冷却路を形成させた熱交換器機能を備えた金型である³⁾。したがって従来不可能に近かったものが製作できるようにしたものであり、この積層接合にEB法を適用するものである。現在、(株)積層金型研究所と共同で開発を行っている。

写真4に試作のプロトタイプブロック外観(100×100×64 mm)とその半割り断面の外観を示す。また、図9には接合部の断面硬さ分布の測定結果を示す。

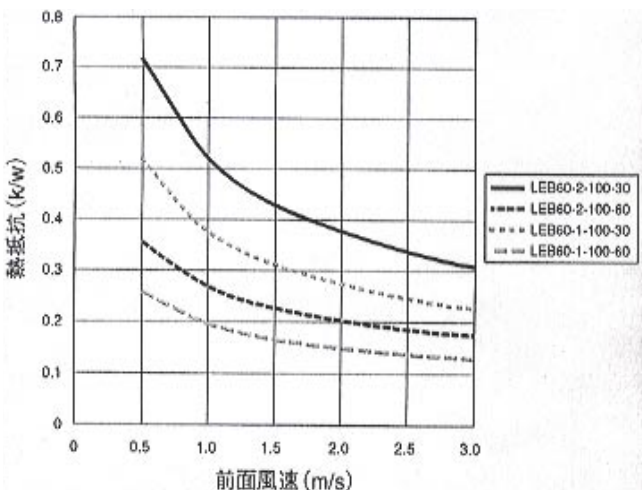


図7 LEB-sinkの熱特性
Thermal characteristics of LEB-sink.

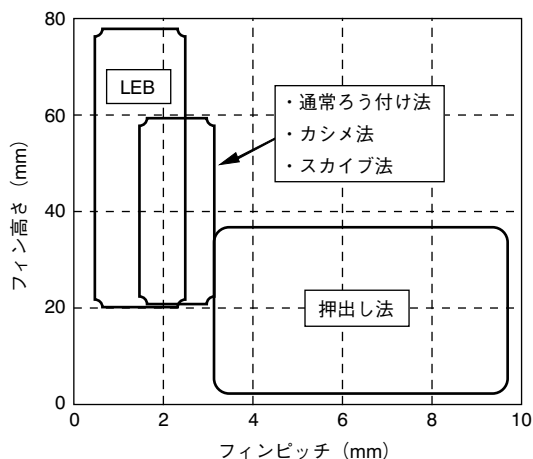


図8 各種製法別の製造範囲比較
Comparison of production ranges of various processes.

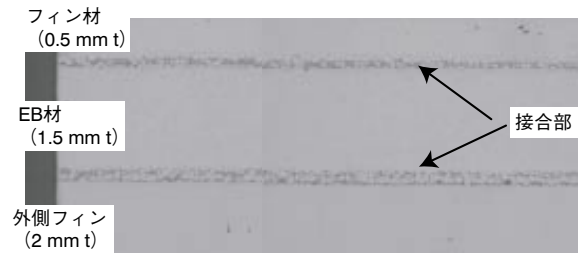
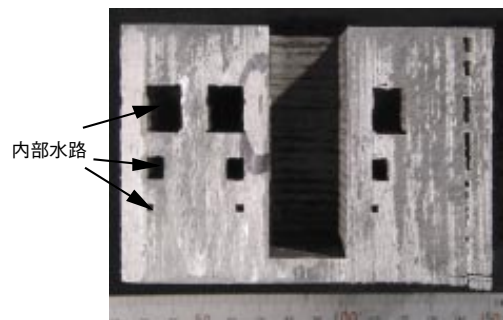


写真3 LEB-sinkの接合部の断面ミクロ組織
Micro structure of LEB-sink section.



ブロックサイズ: 100×100×64 mm

写真4-1 試作積層金型外観
Appearance of laminated EB mold.



積層内訳

- ・ 6061 2 mm厚 23枚
- ・ EB 0.8 mm厚 22枚

写真4-2 半割り断面外観
Appearance of the half section of a mold.

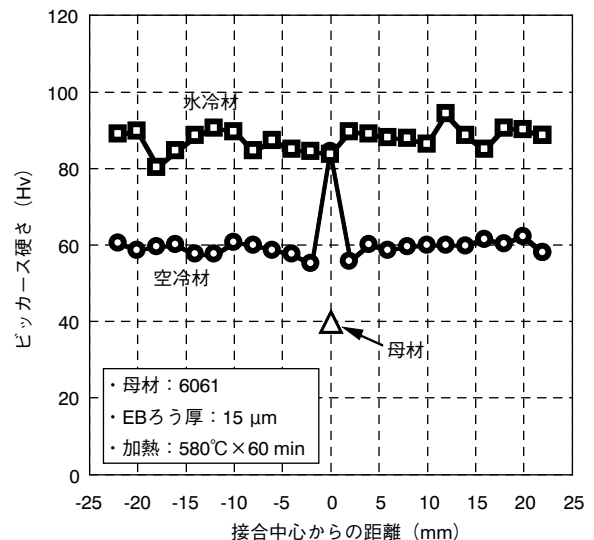


図9 EB接合部の断面硬さ分布
Hardness distribution of braided joint.

3.2.2 特長

EB法による積層金型の特長は以下のとおりである。

- ・ 樹脂成形でハイサイクルの樹脂加工が可能である。
内部水冷で金型の温度上昇が少ないため、ショットサイクル時間の延長が最小になる。
- ・ 空気抜きが必要なゴム・発泡成形金型が簡便にできる。
- ・ 納期が短い。

3.3 その他

その他EB法が適用可能な対象として水冷パソコン用の水冷ジャケット、きょう体、半導体の冷却板、真空容器等が考えられる。図10にこれらを図示化して示す。写真5に試作水冷ジャケットの外觀を示す。

参考文献

- 1) 竹野親二: 特開2002-18570
- 2) 水谷電機, スカイアルミプロダクツ カタログ
- 3) 高屋他: 型技術, 18, No.8, 156, 157.

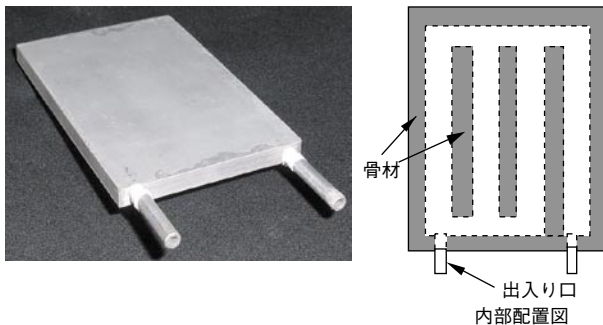


写真5 試作水冷ジャケット外觀
Appearance of water cooled jacket.

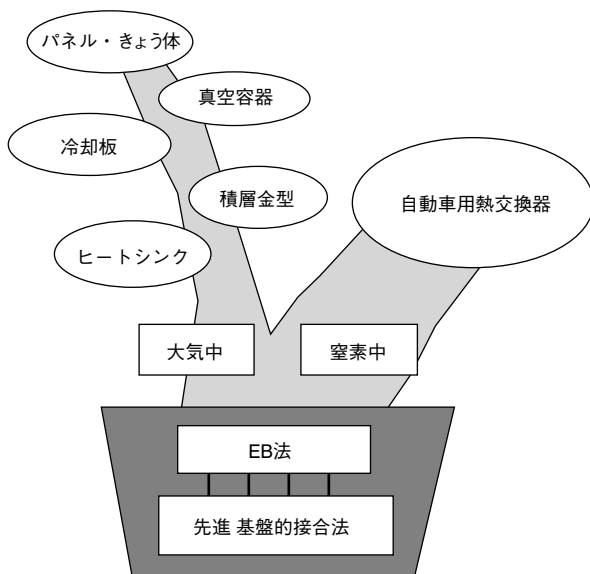


図10 EB法の各種展開ツリー
Development tree of EB process.

4. おわりに

EB法は前記したように従来のろう付法に無い種々の利点を有しており、今後更に展開を広げていきたいと考えている。しかし、この手法にも現時点では次の限界があり、今後の課題として改善を目指したい。

- ・ 継手形状が大気中では重ね継手に限定される。
- ・ Al-Mg系合金のうち、1%以上の濃度ではMgO酸化皮膜の形成で接合が難しい。
- ・ Al-Cu系合金と鋳物合金は融点の点から困難である。