

難接合材のろう付技術に関する研究

—アルミニウム合金の真空ろう付技術の開発—

宮川 和幸・斎藤 修

Study on the Brazing Technique of Hard-to-bond Material

—The Development of Vacuum Brazing Method of the Aluminum Alloy—

Wako MIYAGAWA and Osamu SAITOH

要 約

アルミニウムと銅の共晶反応に着目し、フラックスやマグネシウムのゲッター作用を利用しない新しいアルミニウム合金の真空ろう付法の可能性を検討した。その結果、銅合金ろうを用いることでA1050のろう付が可能となり、銅-すずろうでは約30MPaの安定した接合強度が得られた。接合面では銅はアルミニウムと優先的に共晶組織を形成し、結晶粒界に侵入する形態をとることがわかった。また、すず・亜鉛は添加することによりろう付温度の低下に有効であることがわかった。

Abstract

The possibility of the new brazing method using eutectic reaction of aluminum and copper was examined. As a result, the brazing of A1050 became possible by using the copper brazing filler and in the brazing filler made of copper and tin, the shear strength of the joint showed about 30MPa. It was proven that the copper and aluminum formed eutectic structure prior in the joints and that it takes the form which penetrates into the grain boundary. It was proven to be effective by adding tin and zinc for the lowering of the brazing temperature.

1. 緒 言

アルミニウム合金は表面に安定な酸化皮膜が形成されることから、ろう付が難しい材料として知られている。このため、酸化皮膜除去を目的として従来からフラックス法や、マグネシウムのゲッター作用を利用したろう付法が用いられてきている¹⁾。

しかし、これらの方法ではフラックスによる環境汚染や蒸発したマグネシウムによる炉内汚染等の問題があり、また、不純物の混入を嫌う半導体製造装置においてはこれらの従来法は適用しにくく、新しいろう付法の確立が求められている。

そこで本研究ではアルミニウムと銅の共晶反応に着目し、フラックスを用いないアルミニウムの真空ろう付法の可能性について検討を行った。

2. 実験方法

実験に用いた母材およびろう材をTable 1に示す。母材およびろう材はアセトン中で脱脂洗浄した後、Fig.1に示した形状に配置しろう付を行った。ろう付は 2×10^{-2} Paの

真空炉内で行い、773K~853Kの温度でろう付時間600s一定としてろう付試験片を作製した。ろう付プロセスをFig.2に示す。

各条件で作製したろう付試験片の接合強度測定は剪断試験によって行い、また、それぞれの接合断面に対しSEM観察及びEPMA分析を行い、各元素挙動を調べた。

Table 1 Base metal and brazing filler

| Base metal | A1050 (t=4) |
|----------------|---|
| Brazing filler | 30 μ mCu + 100 μ mSn 30 μ mCu + 70 μ mZn 30 μ mCu + 30 μ mCu + 30 μ mCu |

剪断強度測定にはORIENTEC社のテンシロン型万能材料試験機UTC-30Tを用いた。また、SEM観察およびEPMA分析には日本電子株式会社の走査電子顕微鏡JXA-840AおよびX線マイクロアナライザ-JXA-8900RLを用いた。

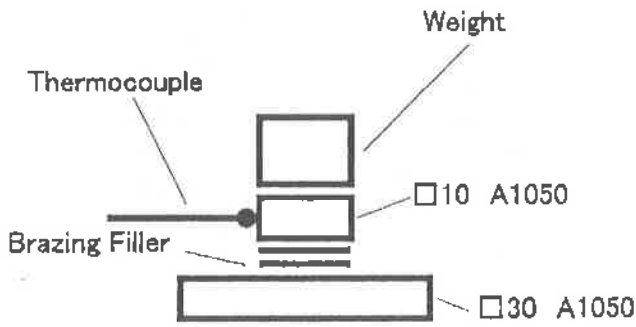


Fig. 1 Schematic view of the specimen

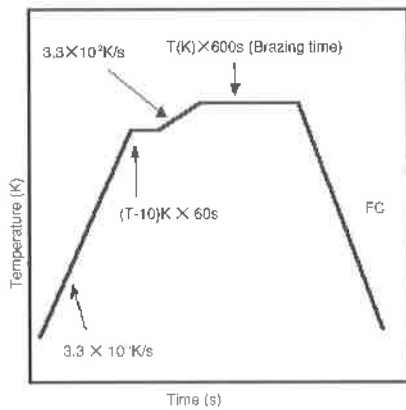


Fig. 2 Heating process for brazing

3. 結果および考察

Fig. 3 に 3 種類のろう材を用いて接合したろう付試験片の剪断試験結果を示す。各データは同一ろう付条件で作製した 3 試験片の平均で示した。

銅ろうを用いた場合、833K以上で接合可能となり、833Kで32MPaの接合強度を示した。銅とアルミニウムは821に共晶点を有することから、813K以下の温度では液相が形成されず、ろう付が行われなかったものと思われる²⁾。一方、銅-すず、銅-亜鉛ろうでは793K以上で接合可能となり、ろう付温度の上昇とともに接合強度も上昇を示している。このことから銅へのすず、亜鉛の添加はろう付温度の低下に有効に働いているものと考えられる。

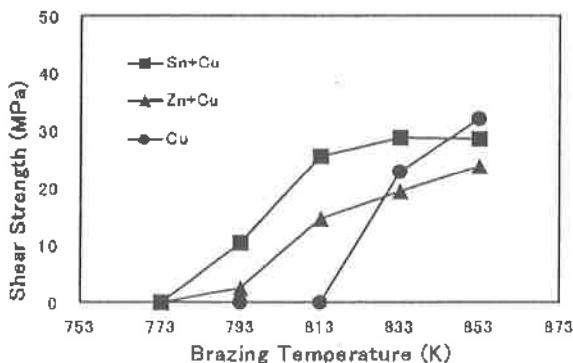


Fig. 3 Relation between brazing temperature and shear strength

Fig. 4 に銅-すずろうを用い、853K、600秒で接合したろう付断面のSEM観察結果を示す。局部的に母材側に深く溶け込んだ特徴的なろう付形態を示していることが確認できる。この部分は、アルミニウムの結晶粒界に対応しており、ろう材が粒界に侵入する形態をとりながらろう付が進行するものと考えられる。アルミニウム表面の酸化皮膜を種々の方法で破壊して接合する方法はいくつか検討されており、例えば渡辺らは超音波を用いて酸化皮膜を破壊し、アルミニウムと銅、SUS304の接合を行っている³⁾。この手法では物理的に酸化皮膜を破壊することによりアルミニウムの新生面を露出させ接合を行っている。銅とアルミニウムを接触させて過熱すると、銅がアルミニウムを激しく侵食するという現象が見られる。この銅のエロージョンの過程でアルミニウムの表面酸化膜を還元もしくは破壊すると考えられ、今回のろう付においても同様の現象が起きているものと推察される。

Fig. 5 はFig. 4 において、母材側に深く溶け込んだ部分をEPMA分析した結果を示す。X線像からアルミニウムと銅の共晶組織が形成されていることが確かめられる。すずはこの領域にも存在するが、主にろう材中央部に多く分布していることから粒界部へのろうの侵入は主に銅の働きであるものと推察される。

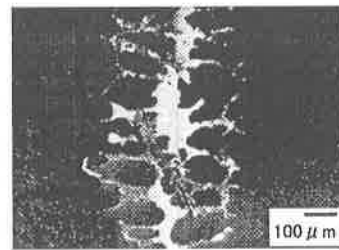


Fig. 4 Microstructure of the joint brazed with Cu-Sn brazing filler (853K - 600s)

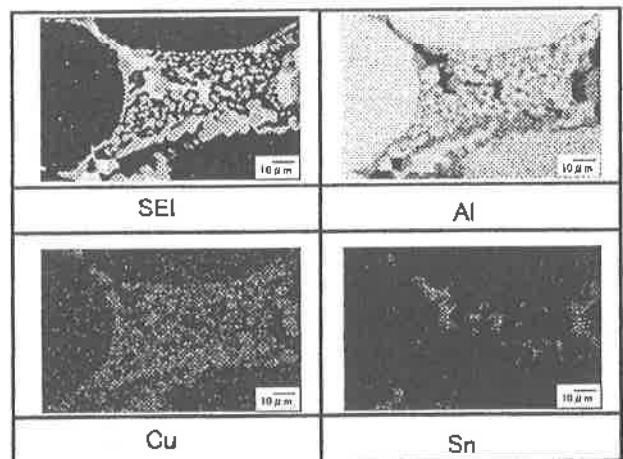


Fig. 5 SEM image and elements distribution at the joint brazed with Cu - Sn brazing filler (853K - 600s)

Fig. 6 に銅-亜鉛ろうを用い、853K、600sで接合したろう付断面のSEM観察結果を示す。局部的に母材側に深く溶け込んだ領域が見られるが、銅-すずろうに比べて溶け込みは少なくなっている。また、中心部にアルミニウムの領域が存在し、銅は回り込むような形で共晶組織を形成しているのが確認できる。共晶組織の片面が平坦になっている部分が見られるが、母材表面の酸化皮膜が破壊されずに残っているものと推察される。

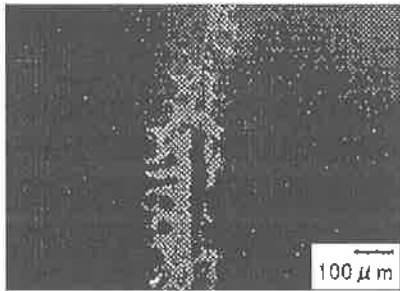


Fig. 6 Microstructure of the joint brazed with Cu - Zn brazing filler (853 - 600s)

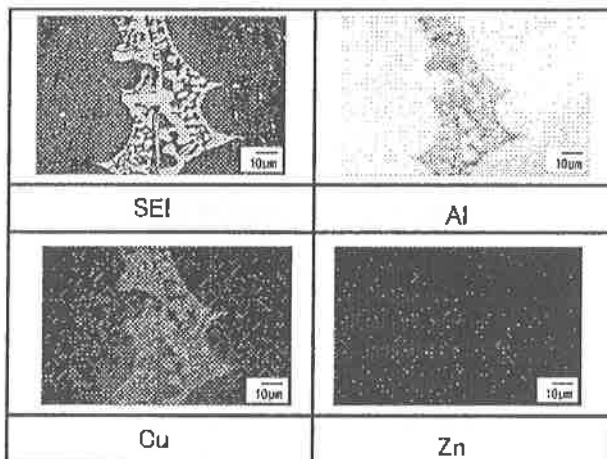


Fig. 7 SEM image and elements distribution at the joint brazed with Cu - Zn brazing filler (853K - 600s)

Fig. 7 は接合部のEPMA分析結果を示す。接合部のX線像から亜鉛の明瞭な分布は確認できず、共晶組織だけで形成されている。このことから、亜鉛はろう付過程でほとんどが蒸発してしまうものと考えられる。銅-亜鉛ろうは同一条件において、銅-すずろうより剪断強度が低く溶け込みも少なくなっている。アルミニウム表面の酸化皮膜が破壊されない部分も見受けられることから、銅-亜鉛ろうよりも銅-すずろうのほうが優れた特性をもっていると考えられる。

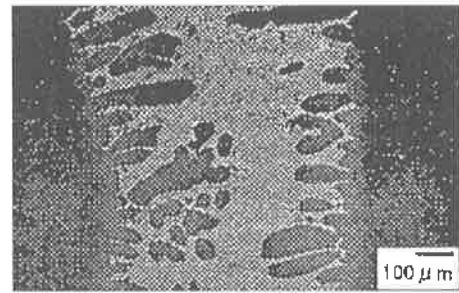


Fig. 8 Microstructure of the joint brazed with Cu brazing filler (853K - 600s)

Fig. 8 は銅ろうを用い、853K - 600sで接合したろう付断面のSEM観察結果である。銅-すずの場合よりろう付領域が著しく拡大しており、共晶組織がアルミニウムの結晶粒を完全に包囲している領域も認められる。

この観察結果からも、銅とアルミニウムの共晶反応は著しく進行しやすく、この過程でアルミニウム表面の酸化皮膜が破壊されるものと推定される。

Fig. 9 はFig. 8 の試料で、母材側に深く溶け込んだ部分のEPMA分析結果である。アルミニウムと銅の共晶組織が形成されていることが確認できる。

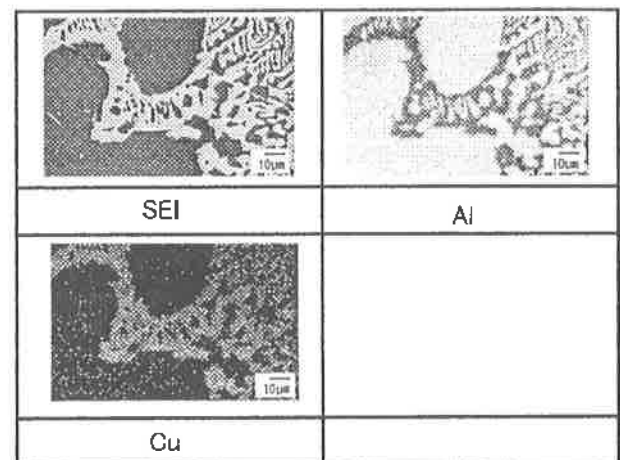


Fig. 9 SEM image and elements distribution at the joint brazed with Cu brazing filler (853K - 600s)

4. 結 言

アルミニウムと銅の共晶反応に着目し、フラックスやマグネシウムのゲッター作用を利用しない新しいアルミニウム合金の真空ろう付法の可能性を検討した。その結果、以下の点が明らかとなった。

- (1) 銅ろうへのすず、亜鉛の添加はアルミニウムのろう付温度の低下に有効である。
- (2) 銅-すず系ろう材では813K以上のろう付温度で約30MPaの安定した接合強度を示す。
- (3) 銅合金ろうを用いたアルミニウムのろう付部では、ろ

う材中の銅がアルミニウムの結晶粒界で優先的に共晶反応を起こしろう付が進行する。

(4) アルミニウム表面の酸化皮膜は、アルミニウムと銅の共晶反応の進行過程で破壊されるものと推察される。

参考文献

- 1) 川瀬ら, アルミニウムブレージングハンドブック, 社団法人軽金属溶接構造協会, P.17, (1992)
- 2) Max Hansen, Kurt Anderko Constitution of Binary Alloys second edition, McGRAW - HILL BOOK COMPANY, P. 84, (1985)
- 3) 渡辺ら, アルミニウムのろう接における超音波振動の効果—超音波併用アルミニウムのろう接 (第一報)—, 溶接学会論文集, P470-476,10 (1992) 4, 等