

# 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 (第2報)—

宮川 和幸・斎藤 修・鈴木 暁男

## Study on the brazing technique for the materials with bad-bondability

—The development of vacuum brazing method on the aluminum alloy (2nd report)—

Wako MIYAGAWA, Osamu SAITOH and Akio SUZUMURA\*

\*Tokyo Institute of Technology

### 要 約

耐食性の向上を目的とし、アルミニウムとシリコンの共晶組成を基に、多元系アルミニウム合金をろう材に用い、真空ろう付性について検討した。その結果、アルミニウム-シリコン-マグネシウムろうを用いた場合、母材強度に近い65MPa程度の強度が得られ、853K以上でろう付が可能となった。アルミニウム-銅-シリコン-マグネシウムろうを用いた場合、最大強度は約30MPaであったが、813K以上でろう付が可能となった。

### 1. 緒 言

アルミニウム合金は比重が小さく、加工性、耐食性に優れることから広範囲な領域で使用されている。しかし、表面に強固な酸化皮膜が形成され易く、溶接性・接合性が悪い材料である。溶接方法としては、酸化皮膜除去効果（クリーニング効果）を有する交流TIG溶接法が一般に適用されてきたが、この接合法は板材の突き合わせ溶接やすみ肉溶接は可能であるが、面同士の界面接合には適用できない。金属材料の面接合には、一般にろう付法や拡散接合法が適用されているが、アルミニウム合金は強固な酸化皮膜が形成されることから、皮膜除去作用のあるフラックスを用いたろう付法が主に用いられている<sup>1)</sup>。

一方、アルミニウムは、半導体への汚染効果が低いことから、近年、半導体製造装置への適用が進んできている。しかし、汚染が問題となる半導体関連装置への適用には、腐食性の強いフラックスろう付法は適用し難く、ノンフラックスで接合できる新しいろう付技術の確立が求められている。

昨年は、アルミニウムと銅の共晶反応に注目して、銅-すず系及び銅-亜鉛系ろうを用いたろう付特性を検討し、接合強度約30MPaの接合が可能となった<sup>2)</sup>。しかし、アルミニウムは銅、すず、亜鉛と電極電位の差が大きく、エッチャーの冷却水路部への適用では耐食性に問題があるものと推察された。そこで本研究では、アルミニウム含有量の多いアルミニウム-シリコン系、アルミニウム-銅-シリコン

系の二元及び三元共晶合金にマグネシウムを1~2%添加したろう材を用いてA1050材のろう付特性を検討した。

### 2. 実験方法

使用した母材およびろう材をTable 1に示す。これらのろう材は、高周波溶解炉を用い、高純度Ar中で溶解し合金化した後、単ロール型急冷薄帯製造装置で箔とし実験に用いた。接合母材は長さ40mmのA1050丸棒を用い、1Nの

Table 1 Base metal and brazing filler

base metal	A1050
brazing filler	88Al-11Si-1Mg (wt%)
	66Al-26.6Cu-5.4Si-2Mg (wt%)

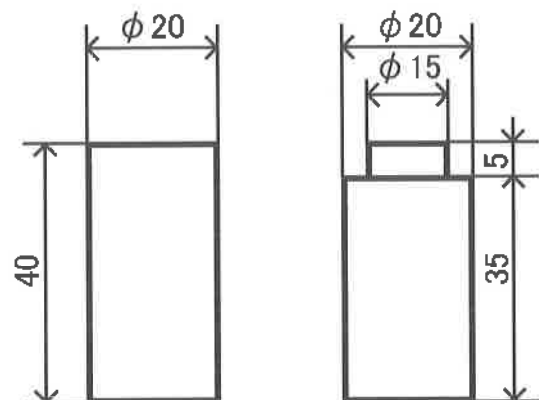


Fig.1 Geometry and dimensions of specimen

水酸化ナトリウム水溶液中で30分脱脂・洗浄した後水洗・乾燥し、 $1 \times 10^{-2}$  Paの真空中で端面を突き合せろう付して接合試験片を作製した。試験片形状をFig.1, 接合試験片作成法をFig.2に示す。接合試験片から、厚さ約3.0mmの板材を切り出し強度測定試験片とし、Fig.3の方法で接合強度を測定した。併せて、SEM, EPMAにより接合界面の状況を調べた。接合強度測定にはORIENTEC社製万能材料試験機UTC-30Tを用い、SEM観察およびEPMA分析には日本電子株式会社のX線マイクロアナライザーJXA-8900RLを用いた。

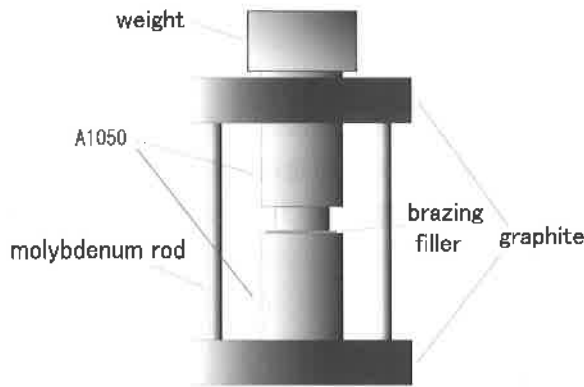


Fig.2 Schematic view of the specimen and jig

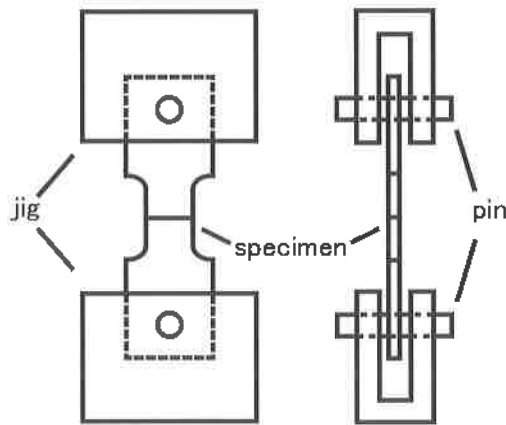


Fig.3 Testing method of tensile strength

### 3. 結果および考察

Fig.4はAl-11Si-1Mg合金ろう材による接合部の引張試験結果である。853K以上のろう付温度で接合可能となり、接合温度600℃では母材強度に近い65MPaの接合強度を示した。アルミニウムとシリコンは89Al-11Siの組成で850Kに融点を有するが<sup>9)</sup>、このろう材はその共晶組成にゲッター作用を期待して1%のマグネシウムを加えたものである。従って融点も基となった合金の近辺にあると推定される。このことからろう付可能温度が853K以上になったものと

思われる。破面を観察すると、ろうは接合面全体に均一に分布しており特に内部欠陥らしき領域は存在しなかったが、フィレットの形成が不十分でありほとんど形成されておらず、ろうが試料側面に流出している試料が多く存在した。

Fig.5はAl-26.6Cu-5.4Si-2Mg合金ろうの引張試験結果である。アルミニウムと銅とシリコンはAl-26.6Cu-5.4Siの組成で共晶点を有し、その融点は797Kである<sup>10)</sup>。前述のろうと同様の効果を期待して2%マグネシウムを添加したものである。このろう材は約807Kに融点を有するが、813K以上で接合可能となり、833K以上の接合温度で約30MPaの接合強度を示した。破面を観察すると、試料により差はあるが30~70%程度未接合部分が存在した。また、フィレットの形成についてはAl-11Si-1Mg合金ろうの場合と同様であったが、突き合わせ面にエロージョンが発生し、ろう付条件、ろうの量等を改良することが必要だと思われる。

Fig.6は、Al-11Si-1Mg合金ろうを用いて、853K15minでろう付した試験片接合部のSEM, EPMA分析結果である。接合部の一部にアルミニウムとシリコンの共晶組織が認めら

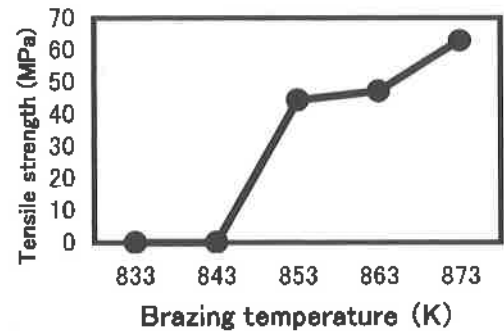


Fig.4 Relation between brazing temperature and tensile strength Al-11Si-1Mg

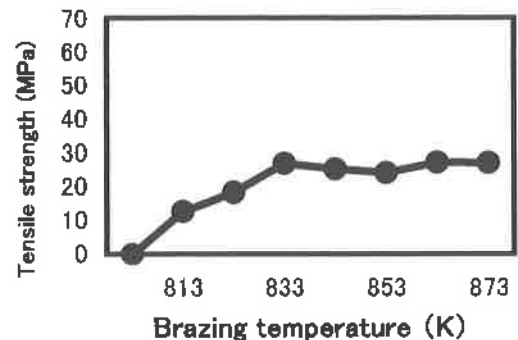


Fig.5 Relation between brazing temperature and tensile strength Al-26.6Cu-5.4Si-2Mg

れるが、共晶領域が減少している領域も存在する。このことは、ろう付過程で母材側からアルミニウムがろう付部に溶出してきていることを示唆する結果であり、組織的、成分的にも母材に近い状況を呈している。このような現象は液層拡散接合で起こることが知られており、このような組織形態が高い接合強度を発現するものと推察される。

Fig.7はAl-26.6Cu-5.4Si-2Mg合金ろうによる接合部のSEM, EPMA分析結果である。アルミニウム、銅、シリコンの共晶組織および銅リッチな領域が認められる。いずれの組織の形状もアルミニウムの結晶粒界に対応する形態をとっており、ろう材はアルミニウム母材に結晶粒界から侵入し共晶組織を作りながら反応が進んでいくものと考えられる。

前述の結果と併せて考えると、接合強度を増加させるためには内部欠陥を低減させることが最も重要であると考えられるが、共晶組織の有無も影響を与える可能性がある。

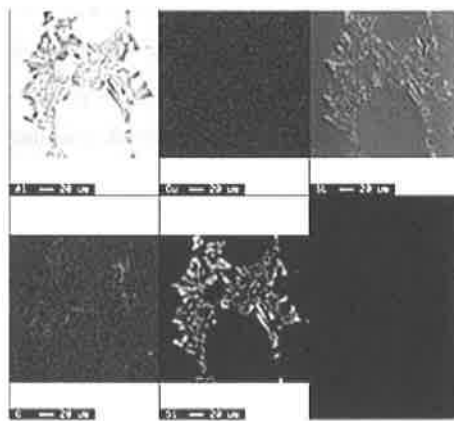


Fig.6 SEM image and elements distribution at the joint brazed with Al-11Si-1Mg brazing filler

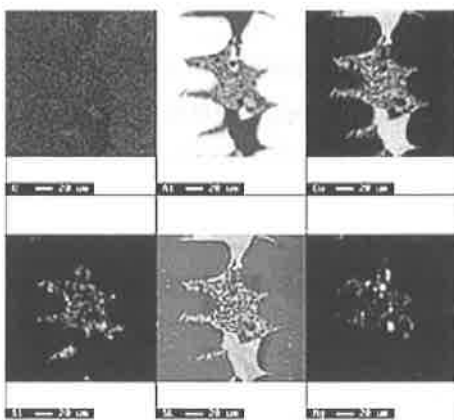


Fig.7 SEM image and elements distribution at the joint brazed with Al-26.6Cu-5.4Si-2Mg

#### 4. 結 言

アルミニウムの共晶組成を利用したろう材を用いて、ア

ルミニウム合金の真空ろう付性について検討した。その結果、以下の点が明らかになった。

- (1) Al-11Si-1Mg合金ろうを用いることにより853K以上でろう付が可能となり、873Kでは接合強度が母材並の65MPaが得られた。
- (2) Al-26.6Cu-5.4Si-2Mg合金ろうを用いることにより、813K以上でろう付が可能となり、833K以上で約30MPaの接合強度が得られた。
- (3) Al-11Si-1Mg合金ろうを用いた場合、接合界面は液相拡散接合に似た特徴を有する。
- (4) Al-26.6Cu-5.4Si-2Mg合金ろうを用いた場合、ろう材はアルミニウム母材に結晶粒界から侵入し共晶組織を作りながら反応が進んでいくものと考えられる。

#### 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.3, (1992)
- 2) 宮川和幸, 斎藤修, 鈴木暁男, 山梨県工業技術センター研究報告, Vol15, P20, (2001)
- 3) Max Hansen, Kurt Anderko, Constitution of Binary Alloys second edition, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, P.84, (1985)
- 4) 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.319, (1992)