

表面処理法を用いたアルミニウム合金の新接合技術に関する研究

宮川 和幸・尾形 正岐*¹

Study on New Joining Technique for Aluminum Alloy Using Metal Surface Treatment

Wako MIYAGAWA and Masaki OGATA*¹

要 約

表面に存在する強固な酸化皮膜のため、アルミニウム合金は難接合材として知られている。今回、酸化皮膜を除去する目的で A1050 板にジンケート処理を適用した試料を用いて、市販のアルミニウム用硬ろうによる真空ろう付を行った。その結果、Mg のゲッター作用やフラックスを利用しなくても接合が可能であることを確認したが、接合強度は 3~5MPa と低くフィレットの形成も見られなかった。

1. 緒 言

半導体製造装置用部品をはじめとして、アルミニウム合金の使用範囲は幅広く、近年は CO₂ 排出量を減少させるために軽くて丈夫な素材として注目を集めている。しかし、アルミニウム合金の表面には、緻密で化学的に安定な酸化被膜が形成されることから、他の金属材料に比較して接合が困難な材料である。接合法として TIG 溶接法や電子ビーム溶接法が実用化されているが、これらの手法は面接合への適用は困難であり、安定した面接合技術が求められている。面接合にはろう付法が適用されることが多いが、アルミニウム合金のろう付には 2 種類あり、一つは塩化物系およびフッ化物系等の腐食性の強いフラックスを用いて表面酸化被膜の除去を行う方法である。しかし、近年の有害物質規制等により、塩化物等の使用は規制の方向にある。もう一つは Mg を数%含有したろう材を用いて真空ろう付を行う方法である。本手法は Mg の蒸発により炉内を汚染することが知られており、この点の改善が求められている¹⁾。

そこで、新たな表面酸化被膜の除去法として、アルミニウム合金の表面処理手法を適用することを検討した。

2. 実験方法

2-1 実験材料

実験に用いたアルミニウム材は、板厚 3mm の A1050 (JIS H4040) である。25×50mm に切断した後ジンケート処理を施した。ジンケート処理とは、アルカリ性のジンケート置換液中にアルミニウム合金を浸漬し、表面に亜鉛置換層を形成させる手法であり、アルミニウム合金にめっきする際に用いられる²⁾。手順は以下のとお

りである。

- i) 素材に付着した油分の洗浄
- ii) 酸性液中にて酸化皮膜を除去
- iii) 亜鉛を主成分とする強アルカリ性のジンケート置換液に浸漬させることによってアルミニウム表面へ亜鉛を置換させる

一般的には上記工程を 2 回繰り返すダブルジンケート処理が用いられる。本実験においても同様の処理を行い、供試体とした。

ろう材には市販のアルミニウム用硬ろうを用いた。ろう材の融点は 580℃であり、組成は Al-12Si (JIS Z3232 A4047 相当) である。

2-2 試料作製方法

前述の試料をアセトン中で脱脂洗浄した後、グラファイト板状で図 1 に示す形状に配置してろう付を行った。

なお、接合部を密着させる目的で、A1050 丸棒をウェイトとして継手部の上に載せている。ろう付は 2×10²Pa 以上の真空中において、ろう付温度 600~620℃、ろう付時間 10~60min で行った。

各条件で作製したろう付試験片の接合強度はテンシロン型万能材料試験機 (株式会社オリエンテック, UTC-30T) を用い剪断試験によって測定した。また、接合断面は倒立型金属顕微鏡 (株式会社ニコン, EPI PHOTO) を用い観察した。試料は樹脂に埋没させ切断面を研磨・バフ仕上げ後、10%フッ酸にてエッチングを行った。

また、ろう材および強度測定後の破断面に存在した残渣の定性分析およびスタンダードレス定量分析には、X線マイクロアナライザ (日本電子株式会社, JXA-8900RL) を用いた。

*1 山梨県富士工業技術センター

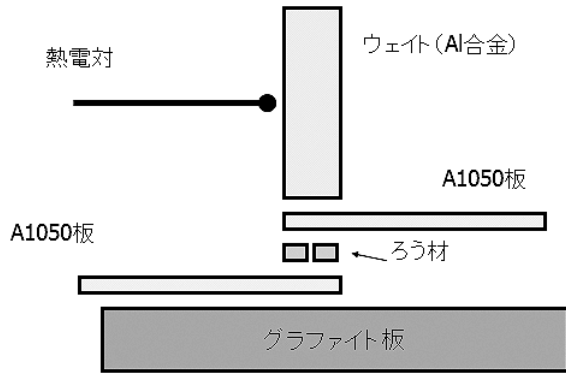


図1 接合試験片のろう付方法

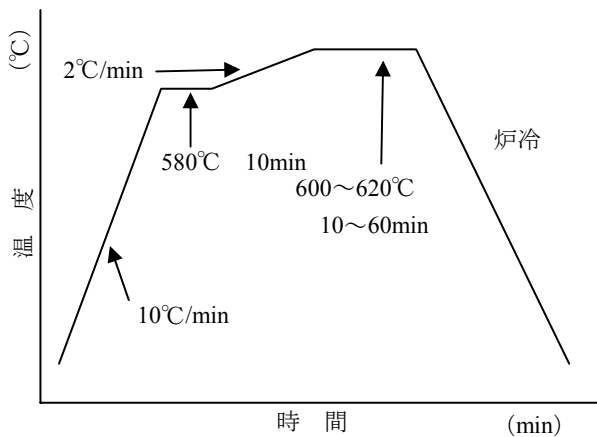


図2 ろう付プロセス

3. 結果

図3に作製した試料の一例を示す。条件は接合温度600°C、保持時間15minである。溶融したろうは試料表面に広がり、ぬれ性は良好であった。また、重ね継ぎ手部においてはフィレットの形成は見られなかった。図4は接合温度620°C、保持時間60minにて作成した試料である。ろう材を多めに使用したためか、溶融したろう材が試料表面に溶融して広がった後、盛り上がり固化した様子が見受けられる。固化した部分の表面は樹枝状結晶が成長を続けたかのような外観を示しており、凹凸に富んでいた。

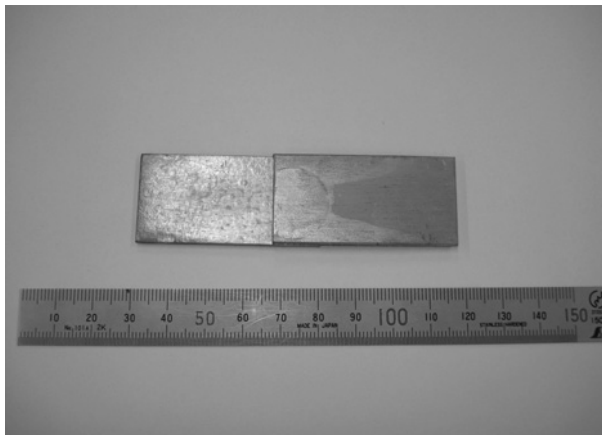


図3 接合試料外観 (600°C 15min)

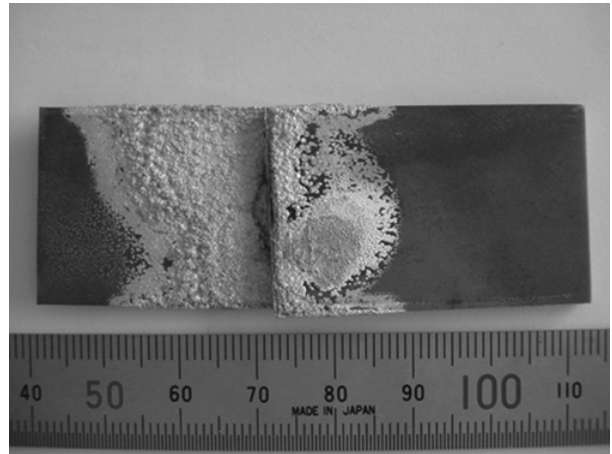


図4 接合試料外観 (620°C 60min)

図5に接合強度測定結果を示す。今回強度測定した試料の作製条件は、接合温度600°C、保持時間30minである。その結果、破断強度は3~5MPa程度と低い値しか得られなかった。破断面を観察すると、試料中に挿入したろう材の一部と思われる形状の物質が観察された。

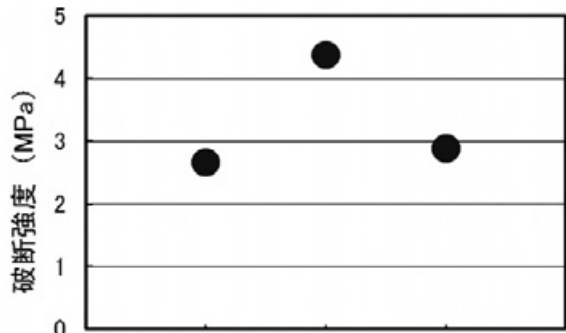


図5 接合強度測定結果

ろう付に使用したろう材および接合部に存在した残渣に対して、X線マイクロアナライザを用いて定性分析を行った。いずれも検出された元素はC, O, Al, Siである。スタンダードレス定量分析の結果を表1に示す。金属成分はろう材とほぼ一致している。また、それぞれの酸素の量を比較した。軽元素の場合、スタンダードレス定量分析の結果をもって量の比較をすることは困難であることから、検出器で検出された特性X線の量を比較した結果が図6である。酸素の検出量はほぼ同等であり、酸化物の割合が増加しているとは考えられない。この結果から、残渣はろう材が溶け残ったものと考えられる。

表1 半定量分析結果

	Al	Si
ろう材	87.589	12.411
残渣	85.894	14.106

(単位：wt%)

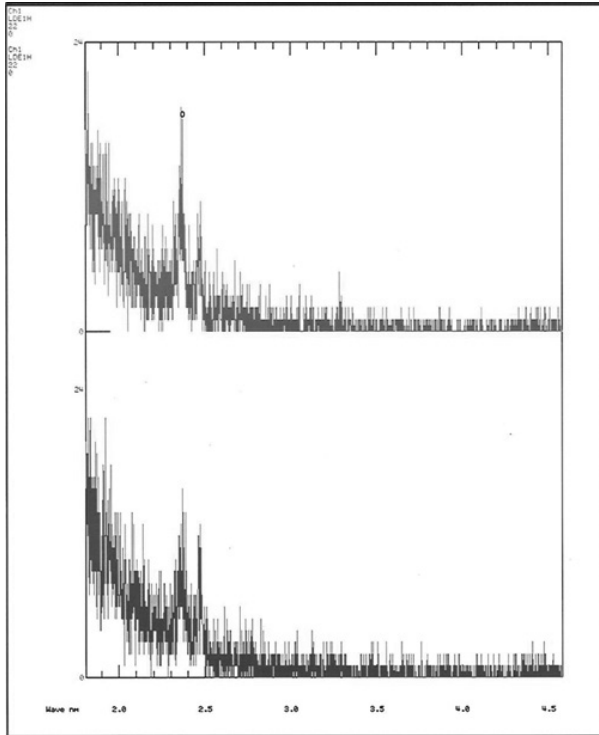


図6 特性X線比較結果

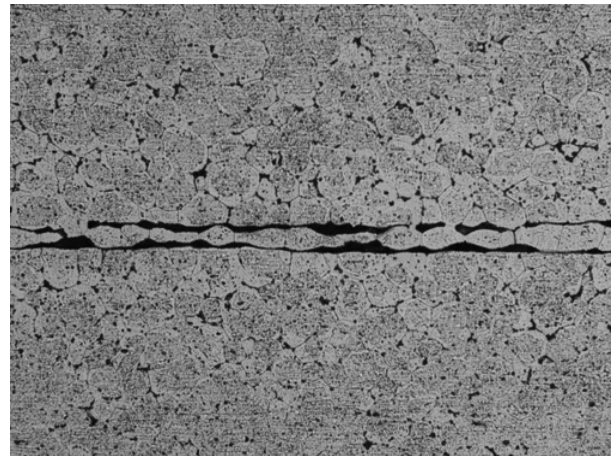
(上：ろう材，下：ろう材残渣)

接合部の断面を観察した結果を図7に示す。試料の間隙にろうはほぼ一様に分布しているが、界面において密着しておらず、ろう材のぬれが悪いように見受けられる。

また、ろう付時に接合部の過大な間隙を防止する目的で、ジンケート処理を施していない A1050 丸棒をウェイトとして使用した。このとき、丸棒とジンケート処理した板材が接合した試料がいくつか存在したので、その断面を観察した結果が図8である。丸棒とジンケート処理した板材の間にろう材がわずかに存在していることが確認された。しかし、ろう材が充填されている領域は少なく、全体として非常に欠陥が多いことがわかる。

4. 考 察

本実験では、試料表面におけるろうのぬれは良好であり、広い範囲にろうが広がっていた。しかしながら、重ね継手部においてはろう材が完全に熔融せず、溶け残ったろう材も存在した。熱の伝わり方には接触した部位を



ジンケート処理 (上) - ジンケート処理 (下)

図7 接合部断面 a



非ジンケート処理 (上) - ジンケート処理試料 (下)

図8 接合部断面 b

介して直接熱が伝わる熱伝導、流体の流れを介して間接的に熱が伝わる熱伝達および熱源の物質が発生する電磁波を吸収することにより熱が伝わる輻射の3種類がある³⁾。真空中の場合、熱伝達は起こらない上、直接輻射熱が到達しない継手部において、設定温度と比較して実温度は低くなる傾向にある。従って、今回直接輻射熱を受ける試料表面部は十分設定温度まで温度上昇したが、継手部においては熱伝導による熱のみとなる。また、試料全体の高さを炉の中央付近に設置する目的で使用したグラファイトの熱伝導率は119~165 W/m・Kであるのに対し、アルミニウムの熱伝導率は236 W/m・Kである。従って、アルミニウム板材が輻射によって受けた熱量は熱伝導により継手部にも伝わるものの、輻射熱を受けず熱伝導率も低いことから温度上昇がアルミニウムより遅いグラファイト側へ逃げてしまうことが推察される。以上のことから、ろう付け試料を保持する治具と温度測定位置の関係についても再度検討する必要があると考えられる。

5. 結 言

t=3のA1050板にジンケート処理を施し、市販のアルミニウム用硬ろうを用い、真空ろう付を行った。その結果以下のことが明らかとなった。

- (1) ジンケート処理した板材に対する、市販のアルミニウム用硬ろうのぬれ性は良好であったが、良好なフィレットは形成されなかった。
- (2) せん断強度試験を実施した結果、接合温度600℃、保持時間30minで接合した試料の場合、破断強度は3～5MPa程度と低い値しか得られなかった。破断面には、一部未熔融なろう材が観察された。
- (3) 接合部にろうは一様に存在していたが、密着性が悪く欠陥が多く存在した。また、ジンケート処理を施していない A1050 丸棒がジンケート処理した平板と接合した試料が存在した。

参考文献

- 1) 川瀬，他：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) 表面技術協会編：表面技術便覧 新版，日刊工業新聞社，p.170 (1998)
- 3) 一色尚次，北方直方：伝熱工学，森北出版，p.4-5 (1984)