

—陽極酸化皮膜とAlシートの超音波接合—

材料技術課 石黒智明

富山県立大学 松岡信一

1. 緒言

Al 陽極酸化皮膜は、電気絶縁性を生かして絶縁金属基板に利用され、電気配線は皮膜にエポキシ樹脂接着された Cu 箔のエッチングにより形成される。接着用樹脂の存在は放熱面で悪影響を及ぼすため、陽極酸化皮膜上に直接配線（陽極酸化皮膜と金属の接合）できれば、高放熱基板が得られる。他方、厚いアルミナと Al は簡便に超音波接合（固定材上加振材を押しつけ、1s 間に数万回強制摺動させることで、界面に接合を生じさせる手法）できる¹⁾。超音波接合は、他の接合法と異なり特殊な条件が不要であり、陽極酸化皮膜への接合には適するものと考えられる。しかしながら、皮膜厚が数十 μm と薄く、厚いアルミナと同条件では、皮膜損傷が起き Al との接合が困難であると予想される。

そこで、本研究では、陽極酸化皮膜と Al の直接接合、および、低圧・短時間接合を目指し、インサート材として Al 合金を蒸着した陽極酸化皮膜と Al の接合について調べた。

2. 実験方法

固定材には、A1050 板を 40°C ・4mass% シュウ酸水溶液中、電流密度 $1\text{A}/\text{dm}^2$ で 60 分陽極酸化したものの（皮膜厚：約 $13\mu\text{m}$ 、以下 OA60 と示す）を、加振材には、Al シート（純度 5N 材）を用い、超音波接合を行った。インサート材接合では固定材に、Al 合金（純度 5N 材、A2017 材、A6061 材、および、A7075 材）を蒸着した OA60（以下蒸着材を f-合金番号で示す）を用いた。

接合材形態を図 1 に示す。

接合は、1200W の超音波接

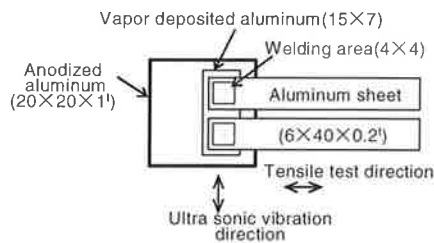


図1 接合材料の形態

合機（振幅： $32\mu\text{m}$ 、周波数： 15kHz ）を用い、接合圧力 $5\sim 15\text{MPa}$ 、接合時間 $0.01\sim 8\text{s}$ で行った。そして、皮膜破損時間はホーンと素地 Al が導通する時間として、また、接合時の超音波出力、および、接合材のせん断引張強さ（試験速度： $1\text{mm}/\text{min}$ ）を求めた。

3. 実験結果及び考察

図 2 に、皮膜破損時間と接合圧力の関係を示す。

OA60 の皮膜破損時間は、接合圧力に伴い右下がりになり小さくなる。皮膜破損時間より短時間では接合できず、陽極酸化皮膜と Al の接合は難しい。

また、同図には松岡らの厚いアルミナと Al の接合可能範囲の境界を併記した²⁾。双方の傾きが同じであることから、皮膜破損と接合が同じ現象の影響を受けていることが示唆される。

インサート材接合の場合、f-5N-Al を除いて容易に接合できた。f-5N-Al では、蒸着膜が OA60 から剥離し加振材側へ移着した。

インサート材接合の破損時間（図中、f-A2017）は、圧力の低下に伴い急激に長くなる傾向がある。

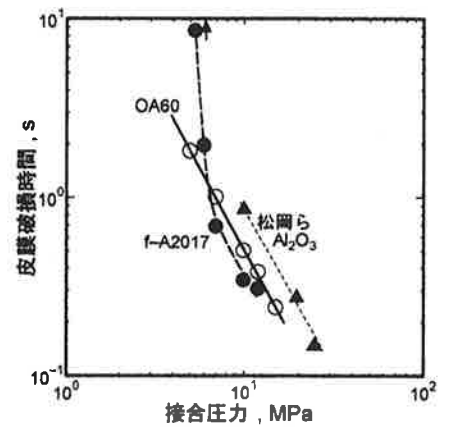


図2 皮膜破損時間への接合圧力の影響

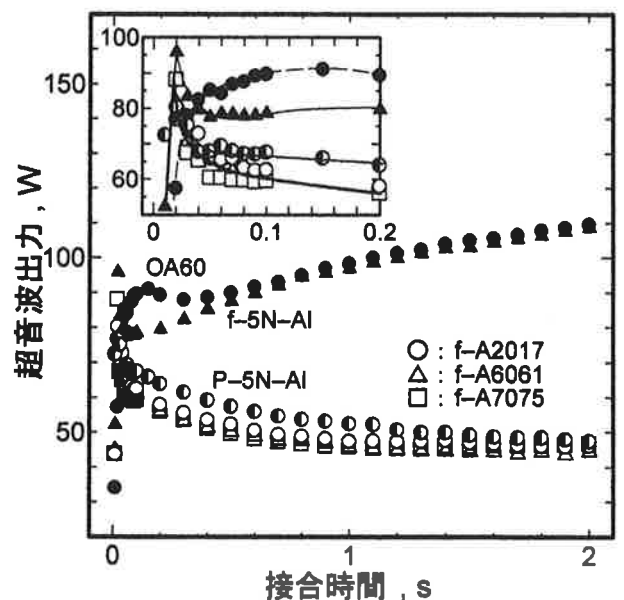


図3 接合時間と超音波出力の関係
（接合圧力： 5MPa ）

この原因を調べるために、図3に接合時の超音波出力の変化を示す。

超音波出力は、OA60のように接合が生じない場合、すなわち、接合試験の間、固定材：OA60と加振材：Alシート材の界面が摺動している場合は単調増加する傾向が見られる。一方、図中のP-5N-Al（1mm厚の5N-Al板上でホーンを振動。加振材が固定された場合に相当）の出力は、単調減少する。

固定材が蒸着材の場合の超音波出力は、接合可では単調減少、一方、接合不可では単調増加である。すなわち、前者では加振材の振動が抑制され、後者では固定材・加振材界面が摺動している。

このことより、接合可の場合に図2のように低圧で破損時間が長くなった原因として、界面摺動が抑制されており、振動が加振材上で起きるため界面まで伝達しなかったことが考えられる。一方、圧力が高くなると、加振材に加わるホーンの振動に伴う力が大きくなり加振材が短時間で破損するため、ホーンが直接皮膜上で加振し短時間で皮膜破損が生じたものと考えられる。

得られた接合材のせん断引張強さと接合時間の関係を図4に示す。

いずれの合金においても、接合時間の増加に伴い接合強さは急激に増加する。0.1s近傍以降で飽和に達し（約3.5MPa）、Alシート材で破断するようになる。接合時間が6s以上になると、破断が接合部で生じるようになりせん断引張強さに低下が見られる。これは、接合部に振動に伴う歪みが蓄積し、脆弱化したためと考えられる。母材で破断を生じない接合材（接合時間が0.1s以下）について、試験後の剥離面を調べたところ、Al蒸着面上への5N-Al材の移着が認められたことから、接合材の5N-Alシー

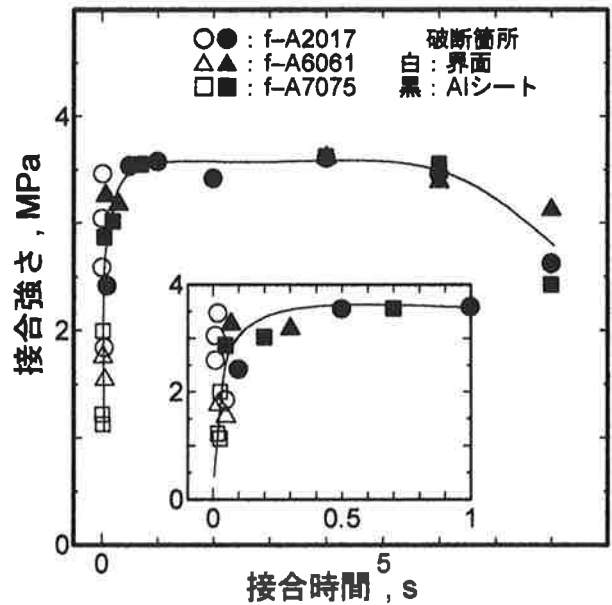


図4 超音波接合材の接合強さ

トが破損したものと推測できる。また、このため、Al蒸着材の種類の影響は確認できなかった。

4. まとめ

用いた陽極酸化皮膜と5N-Alシートの直接の超音波接合は、皮膜が破損するため困難であった。しかし、A2017、A6061、A7075をインサート材として蒸着した陽極酸化皮膜では、陽極酸化皮膜を破壊することなく健全にAlと接合できた。接合強さは、接合時間が0.1s～6sでは約3.5MPaと一定であり、破断はAlシートで起きた。接合時間がこれより短くても長くても強度に低下が見られた。純度5NのAl蒸着では、接合時にインサート材が陽極酸化皮膜から剥離し、接合できなかった。

参考文献

- 1) 松岡信一、塑性と加工、34、1040(1993)

キーワード：アルミニウム陽極酸化皮膜、超音波接合、蒸着膜、接合強さ

Ultrasonic Welding of Anodic oxide film/Aluminum

Tomoaki ISHIKURO and Shin-ichi MATSUOKA

This paper gives a description of an experimental study of ultrasonic welding of aluminum and thin alumina. It is difficult to join directly. However, if insert material is used, it will become joinable easily. For example, the ultrasonic welding of 5N-Al sheet (0.2 μ m) and anodized aluminum by means of vaporized aluminum (5N-Al, A2017, A6061, A7075) as inserts can be accomplished under condition of 5MPa and 0.1s. With the exception of vapor-deposited 5N-Al film, the vaporized film used for auxiliary purpose played a role of binders to facilitate welding, with short welding time and with low welding pressure, but much difference in welding strength was not found the welds with each aluminum alloy.