

難接合材の接合技術に関する研究

—拡散接合によるアルミニウム合金の接合法の開発—

宮川 和幸・斎藤 修・鈴木 暁男*

Study on the bonding technique of hard-to-bond material

—The development of the diffusion bonding method of aluminum alloy—

Wako MIYAGAWA, Osamu SAITOH and Akio SUZUMURA*

要 約

チタン箔をインサート材として用い、拡散接合法によりアルミニウム合金の接合を行った。その結果、接合温度の上昇とともに接合強度も上昇し、823Kでは母材並みの強度が得られた。今回の条件では、保持時間の変化は接合強度にほとんど影響を与えず、チタンの拡散の進行が接合強度と関係があることがわかった。また、試料が変形し密着することにより、一層拡散が進み接合強度も増大した。

Abstract

The diffusion bonding with aluminum alloy using titanium foil as insert metal was examined. As a result, the tensile strength also rose with the rise of bonding temperature, and tensile strength about the same as base metal was obtained in 823K. On these conditions, change of keep time rarely affected tensile strength but progress of titanium diffusion was related to tensile strength. In addition, the specimen's adhesion by contact pressure made diffusion progress, and tensile strength also increased.

1. 緒 言

アルミニウム合金は広範囲な領域で使用されているが、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。従来から溶接方法としては、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ものの、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おり、昨年度は、Al-Si系、Al-Cu-Si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。その結果Al-Si-Mg合金ろうを用い873Kでろう付した場合、60MPaの接合強度を得ることができた。しかし、アルミニウム表面の酸化物に起因すると思われる内部欠陥の発生を完全に抑制することができなかった。

そこで今年度は、内部欠陥を抑制し接合強度の安定化を図る目的で固相拡散接合を実施し、接合部の特性を調べた。

2. 実験方法

2-1 実験材料

今回実験に用いた材料は直径20mm、長さ40mmのA1050丸棒（純度99.50%）と厚さ20 μ mのチタン箔（純度99.95%）である。A1050丸棒は端面を旋削加工したのち、0.1N NaOH水溶液中で脱脂・洗浄し、チタン箔はアセトンで脱脂したものを供試材とした。

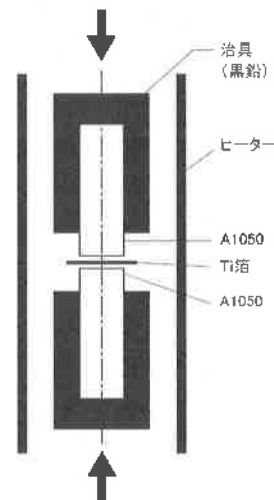


Fig. 1 Schematic view of the specimen

*東京工業大学

2-2 試料作製方法

接合は黒鉛治具を利用し、A1050棒とA1050棒の間にチタン箔を挿入する形で接合強度評価用試験片を作製した。概要をfig. 1 に示す。なお、試験片の接合には超高温ホットプレス装置（株式会社ネムス）を用いた。接合条件は加熱雰囲気 1×10^{-2} Pa以上の真空とし、設定温度に到達した後、試料の温度分布を一定にする目的で600sec保持し、約3.5MPaで加圧したまま指定時間保持した。今回の設定温度は723K、773K、823Kの3種類、保持時間は3,600sec、5,400secとして、指定時間経過後は炉中冷却とした。

2-3 測定及び界面の分析

得られた接合強度評価用試験片はノギスを用いて全長を測定し、変形量を測定した。その後、試料切断機を用いて長手方向に厚さ約3.0mmの板材を切り出し、エンドミルで平行部を加工した後、万能材料試験機UTC-30T(株式会社オリエンテック)を用いて接合強度を測定した。また、X線マイクロアナライザーJXA-8900RL(日本電子株式会社)を用いて接合界面の状況を調べた。

3. 結果および考察

3-1 接合温度及び変形量と接合強度の関係

fig. 2 に接合強度の測定結果を示す。接合温度の上昇と共に接合強度も上昇する傾向が見られ、823Kでは母材強度に近い70MPa以上の値を示した試料が多く、一部の試料では接合部ではなく母材での破断が見られた。また本実験条件では保持時間が3,600sec、5,400secの場合では、保持時間の違いによる接合強度の変化はほとんど見られなかった。

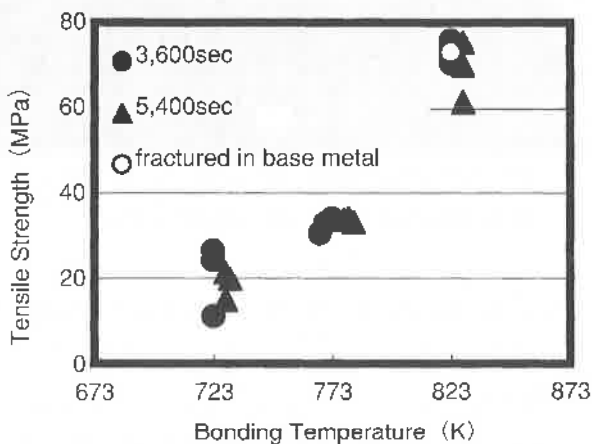


Fig. 2 Relation between bonding temperature and tensile strength

Fig. 3 は接合強度と試料の変形量の間係を調べた結果である。変形量がほぼ0%の試料では接合強度が約10~25MPa程度であり、35MPa程度の接合強度を示した試料の場

合でも2%未満である。それに対し変形量が4%を超える試料では、接合強度はほぼ母材並の高い値を示している。アルミニウムの融点は933K、チタンの融点は1,941Kである。本実験における接合温度は最高でも823Kであり、それぞれの融点を考慮するとチタンがアルミニウムよりも先に軟化するとは考えにくく、熱による塑性変形はチタンではなくアルミニウムで起きていると考えられる。

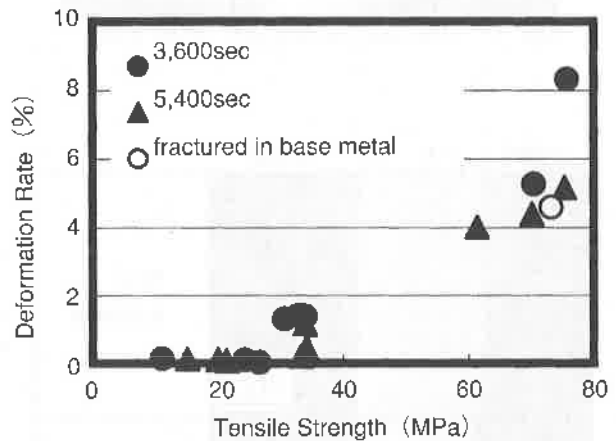


Fig. 3 Relation between tensile strength and deformation rate

3-2 接合界面の分析

Fig. 4, Fig. 5 は接合温度723K、保持時間3,600secで接合した試料（以下試料1）と接合温度823K、保持時間3,600secで接合した試料（以下試料2）の界面付近の二次電子像である。いずれの試料にも接合界面に欠陥は確認できなかった。試料1において残存しているチタン箔の厚さはSEM画像から測定すると20 μ mであり、接合前の厚さとほとんど差はない。それに対して試料2で同様に測定した結果、18 μ mであった。fig. 6 に試料1と試料2の界面におけるチタン箔の厚さを比較した結果を示す。これによりチタン箔の厚さに変化が生じていることが確認できるが、試料2においてはチタンの拡散が試料1より進行したためと思われる。

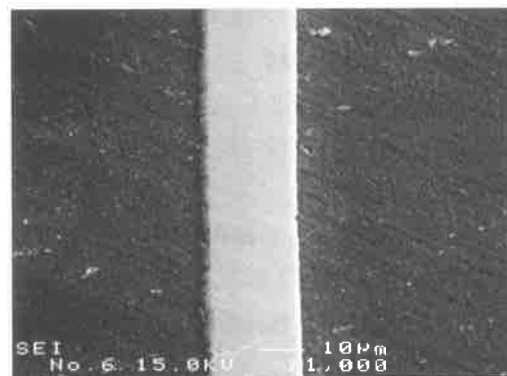


Fig. 4 SEM image of sample1 (723K-3,600s)

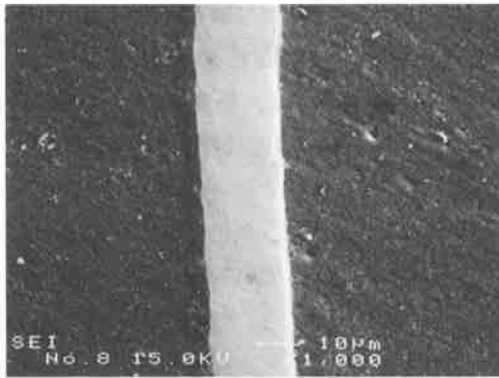


Fig. 5 SEM image of sample2 (823K-3,600s)

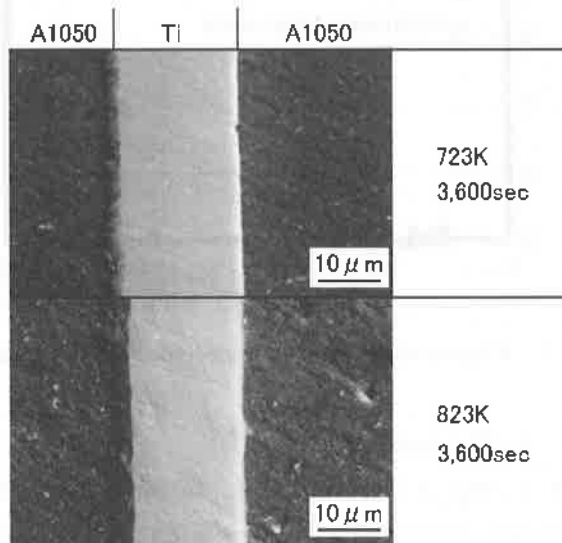


Fig. 6 Comparison by the change of the titanium foil thickness

Fig. 7, Fig. 8 に示すEPMAによる分析の結果、試料 1 と試料 2 においてアルミニウム中へのチタンの拡散に差異が認められた。拡散接合において接合強度に大きく影響を与える要因のひとつに試料の密着度があり、密着度が高いほど拡散が起りやすいものと考えられる。この点から考えると、変形量の大きい試料においてはアルミニウムが変形することによりチタン箔と接合面がより密着し、その結果拡散がより進行し強度の高い接合が可能になったものと考えられる。

4. 結 言

チタン箔をインサート材として用い、拡散接合法によりアルミニウム合金の接合を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 接合温度の上昇とともに接合強度も上昇し、823Kでは母材並みの強度が得られた。
- (2) 今回の接合条件では、保持時間の変化は接合強度にほとんど影響を与えない。
- (3) 今回の接合条件において、変形量と接合強度は比例す

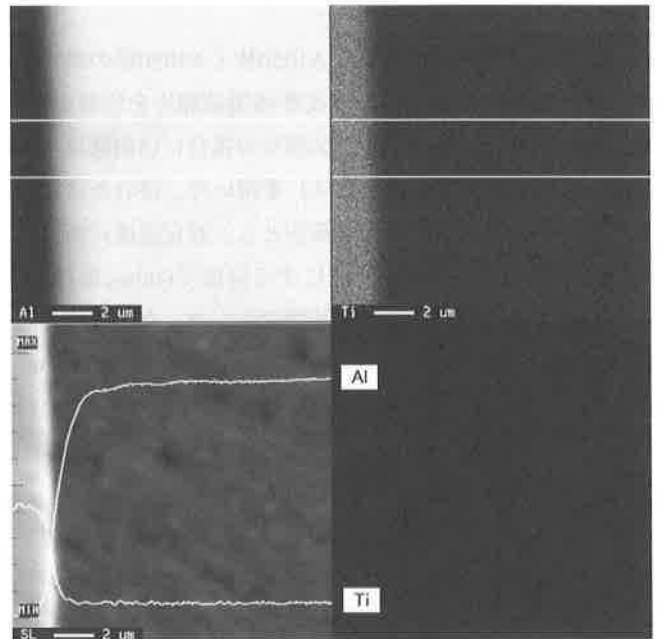


Fig. 7 Elements distribution and result of line analysis on SEM image of bonded zone (723K-3,600s)

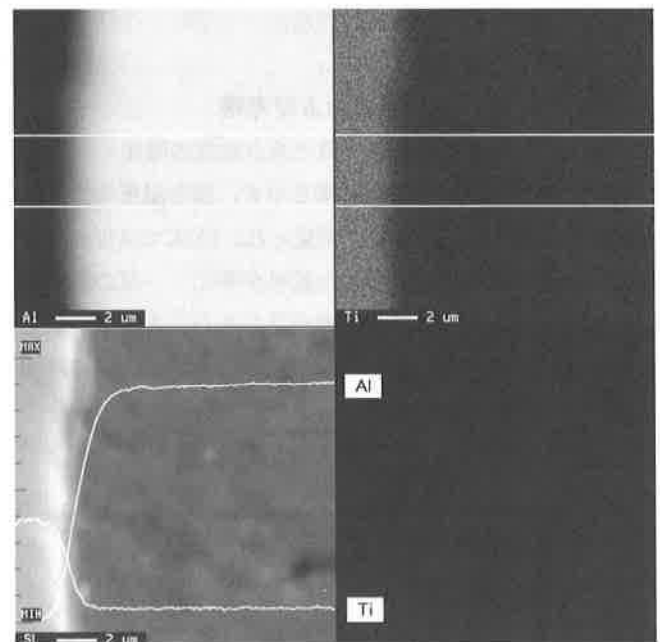


Fig. 8 Elements distribution and result of line analysis on SEM image of bonded zone (823K-3,600s)

る。これは変形により接合面がより密着し、拡散が進行したためと思われる。

- (4) EPMAの分析結果から、接合強度の高い試料では低い試料よりも、アルミニウム中へのチタンの拡散が進行していることがわかった。このことは、チタンの拡散と接合強度の向上に明白な相関関係があると思われる。