

摩擦攪拌作用を利用した異種金属の摩擦拡散接合(第1報)

(株)日立製作所 日立研究所

○岡村 久宣 青田 欣也 青野 泰久

Friction Diffusion Welding of Dissimilar Material with Friction Stir Method (No.1)

H. Okamura K. Aota Y. Aono

キーワード: 異材接合、摩擦攪拌接合、摩擦拡散接合、合金相

Keywords: FSW, FDW, Dissimilar material

1. 緒言

銅-アルミニウム、銅-鉄など物理的・機械的特性が大きく異なる異種金属の接合技術は交通移動機器、半導体機器、医療機器など多くの産業分野で軽量化、小型化、高性能化の達成のための重要な技術として期待されている。しかし、現状では熟練技能者や爆着など特殊技術に限定されている。そこで、比較的容易な異材接合の実現を目標に摩擦攪拌接合(FSW)における攪拌作用を利用した摩擦拡散接合(Friction Diffusion Welding、以下、FDWと記述)技術を開発した。

2. 摩擦拡散接合(FDW)法の原理と特徴

従来のFSW法は、回転ツールのピン部を突合せ接合する2つの金属の真中かまたは多少オフセットして摩擦・攪拌・混合作用で接合することが特徴である。

Fig.1に本開発の摩擦拡散接合(FDW)法の特徴を銅とアルミニウム(以下、アルミと省略)との異材接合の場合について示す。Fig.1に示すように回転ツールのピン部を突合せ接合するいずれか一方(Fig.1の場合はアルミ側)の材料側にだけ挿入することが特徴である。つまり、ツールの回転摩擦・攪拌作用によって塑性流動した金属(アルミ)を相手側(銅)の接合面に押し付けて接合する所謂、摩擦拡散接合を行うことが特徴である。従って、異種金属間の攪拌と混合は生じないため、異材接合特有の脆い合金相の生成が抑制され、高い品質の接合部が得られる可能性がある。さらに、ツールピンを低温で塑性流動の生じやすい金属(アルミ)側に挿入することにより、ツールの耐久性向上も期待できる。

3. 実験方法

FDW法による異材接合は無酸素銅とアルミニウム合金(1100、6061)との突合せ接合で検討した。接合材の厚さはそれぞれ2~10mm、幅は50mm、長さは300mmである。ツールピンの挿入位置は主にアルミ合金側であるが、比較のため銅側についても検討した。回転ツールは接合材の厚さに応じてピン部の長さを1.7~9.7mm、接合速度とツールの回転数は接合深さに応じて変化した。接合後、接合部の断面観察、硬さ分布、引張り試験などから接合部の品質を評価した。

4. 実験結果

4.1 従来FSW法との接合状態の比較

Fig.2に本開発のFDWによる厚さ8mmの銅-アルミ合金の、Fig.3に従来FSW法による接合部の表面及び断面を示す。Fig.3の従来のFSWによる接合部には欠陥が発生し、これまれまでの報告でも健全な接

FDW法の特徴

1. 異種金属間の攪拌・混合を抑制
2. 異材接合特有の脆い合金相生成の抑制
3. ツールの耐久性向上
4. 比較的容易に異材接合が可能

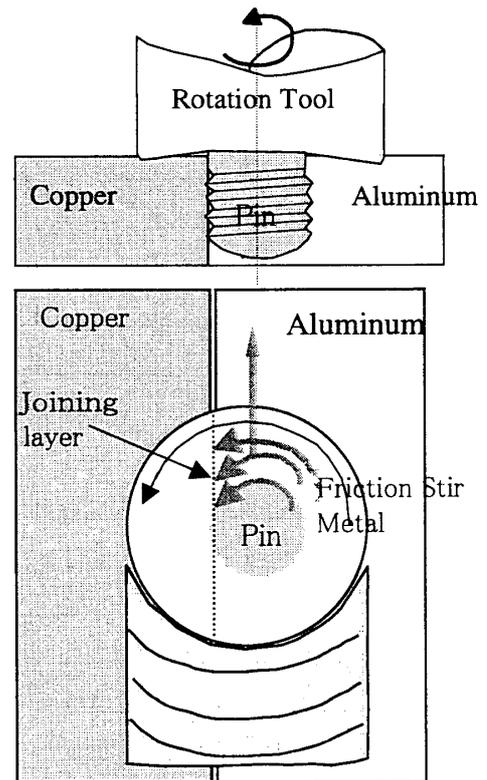


Fig.1 Schematic illustration of Friction Diffusion welding(FDW)

合部は得られていない。しかし、Fig.2のFDW法による接合部の表面は滑らかで断面でも両者の金属の混合・攪拌状態は見られない。さらに、接合欠陥も見られず、健全な接合部になっている。

4.2 接合界面の観察及び機械的強度

Fig.4に本開発のFDWによる銅-アルミ合金接合部のSEM像を示すが、脆い合金相は観察されない。Fig.5にFig.4の接合界面のTEM像を示す。接合界面近傍には合金層が観察されるが、その厚さは $0.4\mu\text{m}$ で目標の $1\mu\text{m}$ 以下と非常に薄いことが特徴である。つまり、接合機構は真に拡散接合の特徴を呈している。なお、この合金相は2層からなっており、EDX分析の結果、銅側は δ 相、アルミ合金側は θ 相と同定された。

一方、無酸素銅-アルミ合金(1100)接合部の引張り試験の結果、アルミ合金(1100)の母材の引張り強度と同等の $110\sim 120\text{MPa}$ が得られた。

5. まとめ

本開発のFDW法によって、これまで接合が困難とされてきた銅-アルミ合金の異材接合が比較的容易に可能であることがわかった。さらに、銅-アルミ合金以外の銅-チタン(or鋼)、アルミ合金-ステンレス鋼(orチタン、マグネシウム合金)など多様な異種金属の接合も可能性があることを確認している。

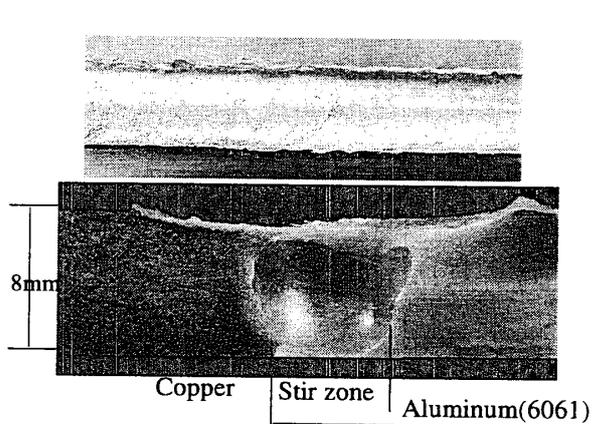


Fig.2 Cross section of Copper-aluminum butt joint with FDW

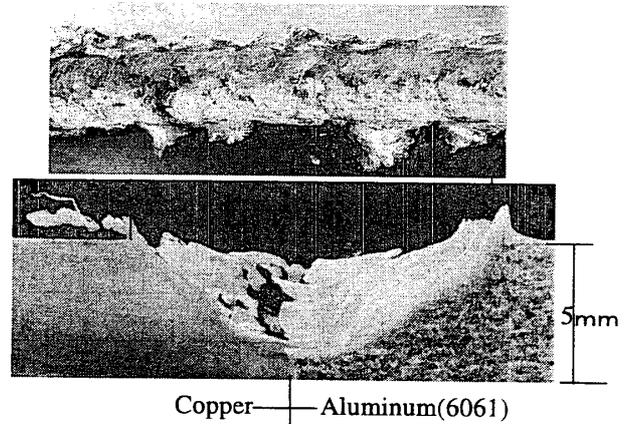


Fig.3 Cross section of Copper-aluminum butt joint with FSW

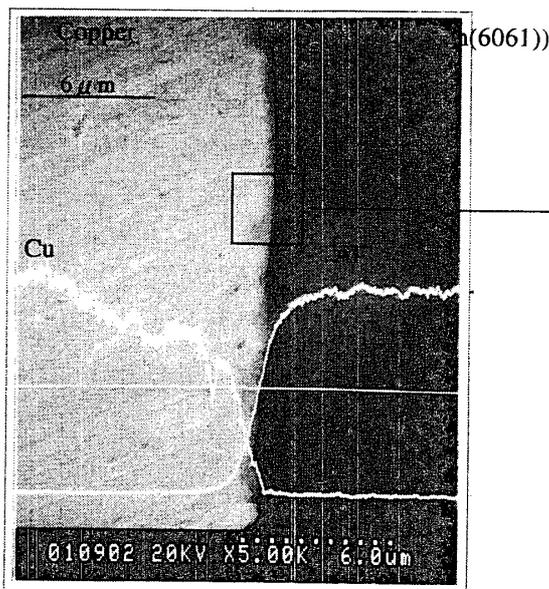


Fig.4 SEM image of Copper-aluminum joining layer in FDW



Fig.5 TEM image of Copper-aluminum joining layer in FDW