

異種金属薄板の摩擦攪拌接合技術の開発

機能素材加工課 柿内茂樹

製品機能評価課 宮田直幸

1. 緒言

銅(Cu)合金は、電気伝導性や熱伝導性に優れており、電気電子部品や放熱部品等に広く使用されている。アルミニウム(Al)合金も良導体の一つとして知られているが、Cu合金と比較すると劣る。しかしながら、Al合金はCu合金と比べて、軽量で安価であり、変形抵抗が小さいといった特徴を有している。近年、これらの特徴を有するAl合金とCu合金の接合法に関する研究^{1,2)}が取り組まれているが、それぞれの合金の異なる特徴から、異なる板厚同士の接合法が必要であると考えられる。

一方、異種金属が電解液のような腐食環境下で接触すると片方の金属の腐食が促進される³⁾。しかし、Al-Cu合金接合材における、腐食環境が与える影響については明らかではない。そこで本研究では、板厚が異なるAl合金とCu合金を摩擦攪拌接合法(FSW)により接合し、接合部の機械的性質と耐食性を調査した。

2. 実験方法

供試材料は、Al合金はA1050合金、Cu合金はC1020合金を用いた。寸法はいずれも幅115 mm、長さ250 mmである。板厚は、A1050合金は1.5 mm、C1020合金は1 mmとした。ツール形状は、ショルダ径φ12 mm、プローブ形状はM4の逆ネジ形状、プローブ長さは0.9 mmである。接合条件は、ツールの回転数は1000 rpm、接合速度は1000 mm/minとした。前進角は3°である。ツールの押込量はプローブの先端が、A1050合金の表面から約1.4 mmの位置となるように設定した。なお、継手形状は突合せ継手とし、接合試験の際、前進側(AS)にC1020合金を、後退側(RS)にA1050合金を配置した。継手の評価は、断面組織観察、引張試験、接合部断面の硬さ分布測定、塩水噴霧試験(試験時間48 hr)により行った。塩水噴霧試験片の寸法は、幅70 mm、長さ150 mmとした。

3. 実験結果

図1にAl-Cu合金接合部断面のマクロ組織と接合部底部近傍のミクロ組織を示す。突合せた板の境界線が塑性変形して接合された。また、C1020合金の表面にA1050合金のバリが形成された。A1050合金の板厚は元の板厚よりも薄く、C1020合金よりも厚くなった。接合部のA1050合金の内部にはC1020合金の切片が侵入、残存した。また、接合部の底部近傍に高さ約0.2 mmの接合不完

全部が残存した。

図2にAl-Cu合金接合部断面の硬さ分布を示す。接合部境界に向かうにつれて、C1020合金の硬さが増加する傾向を示した。また、A1050合金の接合部近傍で継手断面の最低硬さを示した。

図3にAl-Cu合金接合材の引張試験結果を示す。Al-Cu

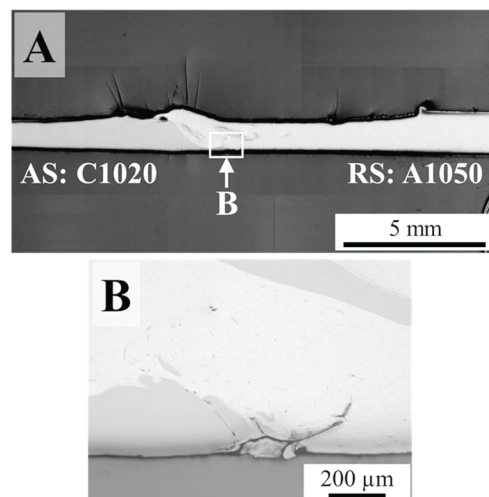


図1 接合部断面のマクロ組織(A)とミクロ組織(B)

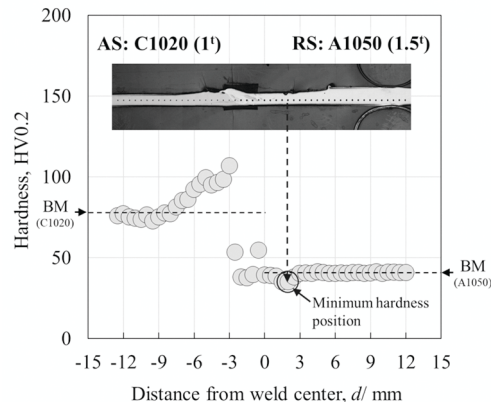


図2 接合部断面の硬さ分布

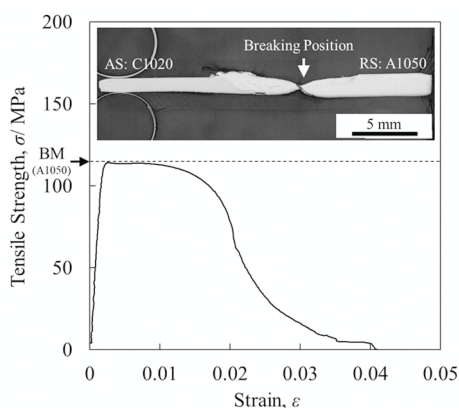


図3 接合材の引張試験結果

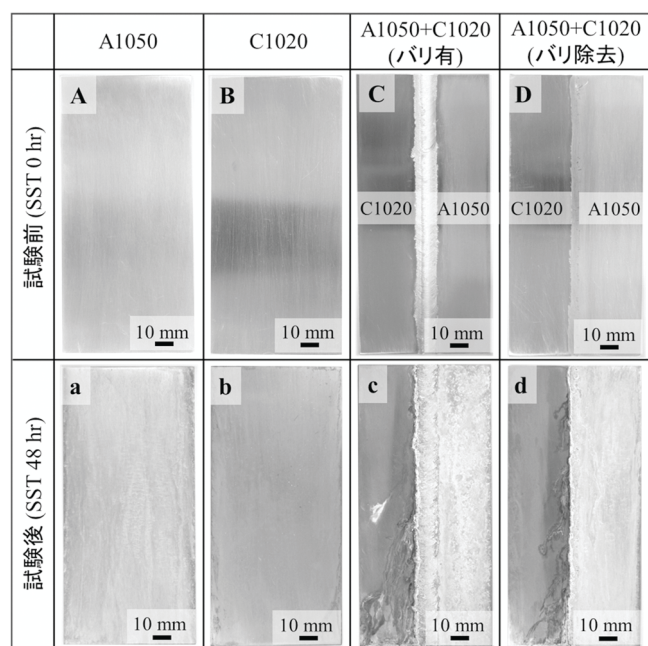


図 4 各種材料の塩水噴霧試験結果

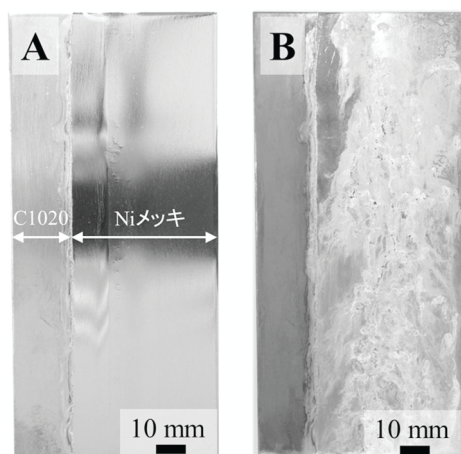


図 5 Ni メッキ試験片の塩水噴霧試験結果
(A: 試験前, B: 試験後 (SST 48 hr))

境界で破断せずに、板厚が薄くなった A1050 合金側で破断した。なお、Al-Cu 合金接合継手の引張強さは、試験片 3 本の平均で 114 MPa (3.4 kN) であった。A1050 合金の母材の引張強さから見積もった継手効率は 99 % であった。

キーワード：異材接合、摩擦攪拌接合、アルミニウム合金、銅合金

Development of Friction Stir Welding for Dissimilar Thin Metal Plates

Functional Material Processing Section; Shigeki KAKIUCHI and Product and Function Evaluation Section; Naoyuki MIYATA

In this study, thin sheets of Al alloy and Cu alloy with different thicknesses were joined by friction stir welding. Then, a joint with high joint efficiency was fabricated. The corrosion resistance of the dissimilar metal material joints was also confirmed by salt spray testing. The joint efficiency estimated from the tensile strength of the base metal of A1050 alloy was 99%. The Al-Cu alloy jointed material exhibited significant corrosion on the A1050 alloy side compared to the unbonded A1050 alloy.

図 4 に各種材料の塩水噴霧試験結果を示す。A1050 合金と C1020 合金のいずれも、試験後に金属光沢が失われた。A1050 合金には白色の腐食生成物が試験面全面に発生した(図 4a)。一方、Al-Cu 合金接合材の場合は、未接合の A1050 合金と比べて、A1050 合金側の腐食が顕著になった。また、バリに有無にかかわらず Al-Cu 接合部近傍において腐食生成物が濃くなる傾向を示した。なお、バリを除去しなかった試験片は、バリを除去した試験片と比較して、A1050 合金側の腐食が促進される傾向を示した。

次に、A1050 合金側の耐食性の向上を目的に、Al-Cu 接合材に Ni メッキを施した。Ni メッキは Cu 合金の一部をマスキングし、電解 Ni メッキにより行った。なお、メッキ前に、図 4D の試験片と同様に、バリを除去した。図 5 に Al-Cu 合金接合材に Ni メッキした試験片の塩水噴霧試験結果を示す。Ni メッキの表面から粉末状の腐食生成物が部分的に発生した。C1020 合金側の変色は図 4c と図 4d と概ね同等であった。白色の腐食生成物が発生しなかった Ni メッキは金属光沢を維持した。

4. 結言

本研究は、板厚が異なる Al 合金と Cu 合金を FSW により接合し、接合部の機械的性質と耐食性を調査した。その結果、摩擦攪拌接合部の A1050 合金の板厚は元の板厚よりも薄く、C1020 合金よりも厚くなった。また、突合せた板の境界線が変形して接合された。引張強さは A1050 合金の母材とほぼ同等で、板厚が薄くなった A1050 合金側で破断した。Al-Cu 合金接合材料は、未接合の A1050 合金と比較して、A1050 合金側の腐食が顕著であった。

参考文献

- 1) Mohamed I.A. Habba, Mohamed M.Z. Ahmed: *Journal of Advanced Joining Processes*, **11** (2025) 1-51
- 2) 富岡泰造: 溶接学会論文集, **40**, 4 (2022) 169-174
- 3) 王栄光, 長野博夫: 材料と環境, **60**, 1(2011) 22-27