

K-7

A5052 アルミニウム合金/C1100 銅摩擦攪拌スポット接合材における フックの形態と接合ツール形状の関係

Relationship between hook morphology and welding tool shape
in friction stir spot welded A5052 aluminum alloy/C1100 copper joint

○潘雨皓¹, 渡邊満洋², 野口祐³, 吉田和範³

*Yuhao Pan¹, Mitsuhiro Watanabe², Yu Noguchi³, Kazunori Yoshida³

Abstract: Friction stir spot welding was used to join A5052-H34 aluminum alloy and C1100 pure copper plates. Tool shoulder diameters of 8 mm and 10 mm were applied, with probe length of 2.1 mm, 2.2 mm and 2.3 mm, and dwell time ranging from 10 s to 30 s. The microstructure of the joint was evaluated, showing changes in hook morphology depending on the shoulder diameter and probe length.

1. 緒言

輸送機器やその他の工業製品において多機能化や高性能化を実現するために、適材適所に複数の材料を使用するマルチマテリアル化が進んでいる。電気自動車の主要部品であるバッテリーや配線などの電子部品には、従来は優れた導電性を持つ銅が使用されてきたが、軽量化やコスト削減を図るため、軽量かつ高導電性を持つアルミニウムとの併用が期待されている。これに伴い、アルミニウムと銅を健全に接合する技術の確立が求められている。

摩擦攪拌スポット接合は、摩擦攪拌接合を基に開発されたスポット接合技術であり¹⁾、高速回転する接合ツールを被接合材料に挿入して一定時間保持させることによって接合を行う手法である。通常、接合プロセス中の温度は母材の融点より低く大きな熔融を伴わないため、アルミニウムと銅の異種金属接合においては脆弱金属間化合物層形成の抑制が期待されている²⁾。我々は以前、摩擦攪拌スポット接合したA5052アルミニウム合金/C1100銅接合材のツール挿入深さならびにツール保持時間と引張せん断強度の関係を調べ、接合部縁部にはフックが形成され、そのフックの形態と引張せん断強度に相関が認められることを報告した³⁾。この結果は、接合条件によって実現される温度や圧力、攪拌の程度等に起因されて形成されるフックの形態が接合材強度に影響を与えていると理解することができるが、そのフックの形態とツール形状の関係については不明である。そこで本研究では、アルミニウム合金/銅摩擦攪拌スポット接合材において形成されるフックの形態とツール形状の関係を調べた。

2. 実験方法

供試材には、A5052-H34アルミニウム合金板(以降、Alと記述)とC1100純銅板(以降、Cuと記述)を用いた。供試材の寸法は100 mm×30 mm×2 mmであり、供試材の表面は接合前に#1000の耐水研磨紙で研磨した後、アセトンで脱脂し、十分乾燥させた。Fig.1に用いた接合ツールの形状を示す。ツールはSKH51高速度工具鋼で作製し、プローブ径を4 mmに固定し、ショルダー径を8 mm, 10 mmに、プローブ長さを2.1 mm, 2.2 mm, 2.3 mmに変化させたものを用意した。なお、プローブの側面にはM4のねじを施した。

接合には、汎用縦型フライス盤を用いた。上板にAl、下板にCuを用い、高速回転(回転速度:1430 rpm)させたツールをAl側から押し込み、プローブ底面がAl表面から2.3 mmの深さに達した時点から10 s~30 sに保持して接合した。得られた接合材は断面を切り出し、接合界面近傍の組織を光学顕微鏡で観察した。接合材の強度は、引張せん断試験を用いて評価した。

3. 実験結果及び考察

本研究では、ショルダー径を8 mmと10 mm、プローブ長さを2.1 mm, 2.2 mm, 2.3 mmに設定し、フックの形態の観察および接合材強度の評価を行った。その結果、ショルダー径やプローブ長さに応じて、フック形態に違いが観察された。プローブ長さを短くすることでショルダーがAl表面をより強く押し付け、この圧力がフックの形態に影響を与えることになったと考えられる。以下に、その結果を示す。

Fig.2に、プローブ長さが(a)2.3 mm, (b)2.2 mm, (c)2.1 mmの場合に形成されたフック近傍の光学顕微鏡像を示す。なお、ここで示している像は、ショルダー径が8 mmに固定して得られたものである。プローブ

長さが 2.3 mm (Fig.2(a)) から 2.2 mm (Fig.2(b)) に短くなることでフックは直立し、特に短い保持時間 (10 秒および 15 秒) においてもツール挿入穴の側面に沿って直立したフックの形態が観察された。また、フックの先端部が分断している様子も認められた。プローブ長さが 2.2 mm から 2.1 mm (Fig.2(c)) へ短くなると、フックが直立していることには変化がなかったが、先端部の分断は認められなかった。

ショルダー径 10 mm の条件でも、プローブ長さが 2.2 mm から 2.1 mm に短くなると、フックはより鮮明に形成された。しかし、ショルダー径が大きいため Al 表面により大きな圧力がかかり、全体的にフックの体積が大きくなることが確認された(Fig.3)。特に、プローブ長さが短いほど、材料がより広範囲に塑性変形し、結果としてフックの成長が促進されたものと考えられる。

4. 参考文献

- [1] 福田敏彦: 自動車用アルミニウム合金の接合技術, 溶接学会誌, Vol.84, P.519-527, (2015).
- [2] 熊井真次, 村石信二, 原田陽平, 糸井貴臣, 前田将克: 種々の先端的高速固相接合法により作製したアルミニウム合金同種・異種接合材の組織形成ならびに接合メカニズムの解明, 軽金属, Vol. 67, P.447-459, (2017).
- [3] Mitsuhiro Watanabe, Yuhao Pan, Yu Noguchi, Kazunori Yoshida: Effect of Hook Morphology on Joint Strength of Friction Stir Spot Welded A5052 Aluminum Alloy/C1100 Copper Joint, Proc. 10th World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering (MCM'24), P.MMME138-1-6, (2024).

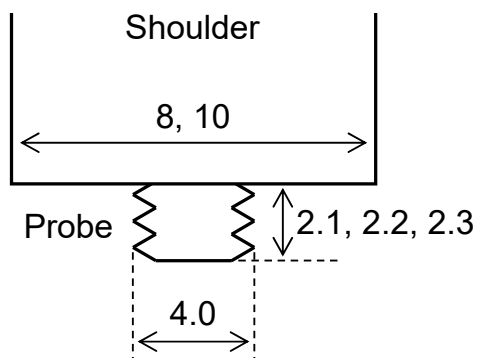
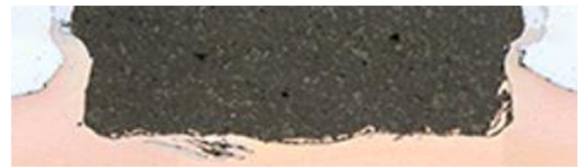


Fig.1 Welding tool.



(a)



(b)



(c)

Fig.2 Cross section of welded area in joints obtained by using each tool probe length with constant dwell time (15 s) and shoulder diameter (8 mm).

(a) 2.3 mm. (b) 2.2 mm. (c) 2.1 mm.



(a)



(b)

Fig.3 Cross section of welded area in joints obtained by using each tool probe length with constant dwell time (30 s) and shoulder diameter (10 mm).

(a) 2.2 mm. (b) 2.1 mm.