

# 鍛接法による軽金属材料の高速・高強度異材接合技術の確立

機能素材加工課 山岸英樹

## 1. はじめに

近年開発された低温鍛接法(Cold forge welding: CFW)は、フラックスやインサート材を用いずに直接金属を低温( $T/T_m$ は0.3~0.7程度)かつ短時間で拡散接合するもので、異種金属においては反応層を無害化できる実質“IMCフリー”の接合方法である<sup>1-3)</sup>。一瞬で成形と同時に接合を実現でき、非常に生産性が高いマルチマテリアル法として幅広い分野での活用が期待されている。

本研究では、まだ明らかではないFe/Al鍛接継手の引張強さを調べるため、直接引張を実現する積層法を提案した。さらに破面各相の引張強さと汚染層に対する耐性も明らかにすることで本法の信頼性の向上と社会実装を目指した。

## 2. 実験方法及び結果

ACサーボプレスを用いて、1 mm厚のSPCCをアルミニウム合金A2024によりサンドイッチした鍛接部材を作製した(Fig. 1)。接合前の予熱はアルミニウム合金のみで400°Cとした。SPCCはSiC#1000で研磨したもの(標準材:Std.)と研磨後表面に約2  $\mu\text{m}$ の酸化スケール(主に $\text{Fe}_3\text{O}_4$ から成る)をコートしたもの(コート材:Coated)の2種類を用いた。鍛接部材の中央付近から試験片を切り出し引張試験に供した。接合界面及び破面の化学成分分析などを行い、各鍛接部材の破壊形態及び接合界面各相の引張強さを検討した。

継手の引張強さは標準材で250 MPaに達した。一方、コート材においても約175 MPaと高強度であり、本法の汚染層に対する加工裕度の高さが明らかになった。コート材の界面は塑性流動により酸化スケールが分断・除去されており、部分的に標準材同様清浄度の高い界面での接合となっていた(Fig. 2:実質IMCフリー界面)。両材ともSPCC側破面にはAl合金が細かくネットワーク状に付着していた。当該部はAlの母材破断(Al BM)である。EPMA分析より、その破面は、標準材ではAl BMとFe/Al(unsound)の2相、またコート材ではこれらに加えてFe/Fe-Oの3相であることが分かった。継手の引張強さは各相の面積率と界面破壊時の相当歪における複合則に基づくとし、各相の引張強さを算出した(Fig. 3)。各相の面積率は破面の反射電子像を二値化し求めた。Al BMの引張強さは、鍛接部材からAl合金のみを切り出して求めた(339 MPa)。これより、破壊しなかった健全なFe/Al鍛接界面(sound)は339 MPa以上の引張強さであることが明らかになった。またFe/AlとFe/Fe-Oの引張強さをその破壊形態の平均として算出するとそれぞれ133 MPa

及び41~77 MPaの範囲と推定された。以上の結果より、CFW法で創成したFe/Al界面の引張強さを破面形態まで含め理解することができた<sup>4)</sup>。実用において重要な機械的性質を明らかにした。

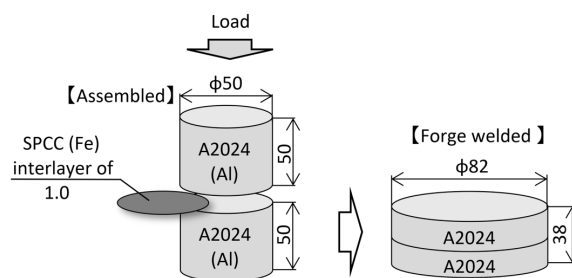


Fig. 1 Configurations of the assembled and after-forged materials (dimensions in mm)

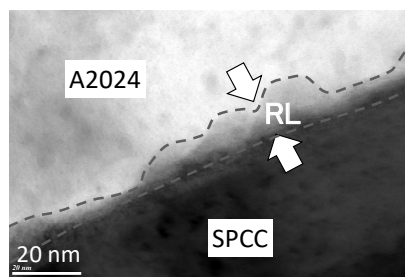


Fig. 2 Transmission electron microscopy bright-field image of a sound bonded interface of the oxide scale-coated

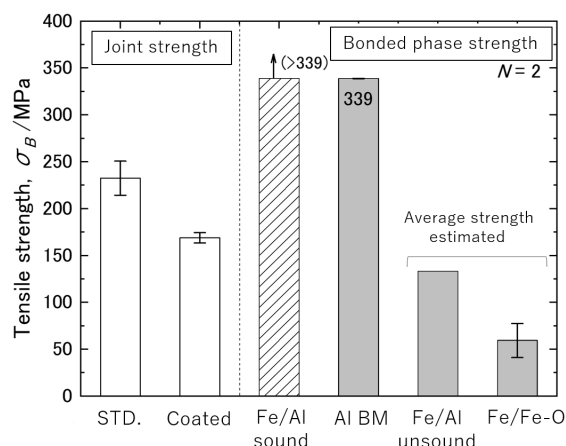


Fig. 3 The tensile strength for joints and each interface

## 謝辞

本研究の一部はJSPS 科研費20K05110の助成を受け実施したものである。記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1)特許第7114029号公報
- 2)PCT/2021/003018
- 3)山岸:アルトピア, カロス出版, 52, 12(2022) pp. 14-21
- 4)H. Yamagishi: *Metall. Mater. Trans. A*, 53(2022) pp. 4064-4080