

## 元素添加による異材摩擦攪拌接合界面での金属間化合物層厚さの抑制

○青沼 昌幸<sup>\*1)</sup>、岩岡 拓<sup>\*1)</sup>

■キーワード 摩擦攪拌接合 (FSW)、異種金属溶接、チタン、金属間化合物

1. 溶接法での**元素添加とFSWとの併用**により、接合界面の脆化層（金属間化合物層）厚さは減少した
2. 添加元素の合金元素との反応と脆化層の除去効果により、**界面の脆化層厚さの抑制**が可能である
3. 母材組成に合わせた添加元素を用いることで、他の合金に対しても有効な方法と推測される

## ■研究の目的

摩擦攪拌接合 (Friction Stir Welding: FSW) は、接合中の温度が低い固相接合法であり、異種金属接合に有効な接合法とされる。本研究では、強度低下要因となる異材接合界面の脆化層（金属間化合物層）生成の抑制を目的として、FSWと従来溶接法による第三元素の事前添加を併用し、接合界面での金属間化合物生成の抑制効果と、接合界面微細構造の改善効果について検討を行った。

## ■研究内容

本研究では、Ti と反応性の高い Al を含む Mg-Al-Zn 合金と、工業用純チタン (CP-Ti) との異材接合界面における、Ti-Al 系金属間化合物層厚さの減少を目的に検討を行った。本研究の接合の概要図を図 1 に示す。後に FSW での接合界面となる Mg-Al-Zn 合金の突き合わせ位置に対し、アーク溶接法でのビードオンプレートにより事前に細線を溶融添加した。添加元素は、Ti と全率固溶体を生成し、Al とは金属間化合物を生成する Zr (99.5%) とした。添加後、Zr を添加した領域を CP-Ti と突き合わせて FSW により接合し、接合界面における金属間化合物層厚さの抑制効果について検討した。

Mg-Al-Zn 合金側の攪拌部には、添加した Zr が粒状あるいは片状となって分布しているのが確認された。SEM-EDS による特性 X 線像観察により、分布した Zr の表面には Al との反応相が確認され、Zr が Mg-Al-Zn 合金に含まれる Al と反応することで、基地に固溶した Al 量を減少させる効果が確認された。また、分布した Zr 片への Ti-Al 系金属間化合物の付着も確認され、接合界面に生成した Ti-Al 系金属間化合物が Zr 片との摩擦によって除去される効果も認められた。

図 2 に接合界面の二次電子像と EDS による線分析結果を示す。Zr 無添加の接合界面には、Al-Ti 系金属間化合物層が観察されたが、Zr を添加した接合界面では、Zr 無添加と比較して Al の検出強度が減少しているのが確認された。接合界面の層について STEM-HAADF 像による観察を行った結果、Zr を添加した接合界面では厚さ 500nm 未満のごく薄い Al 濃化層が観察された。

これらのことから、事前の Zr 添加により、Mg-Al-Zn 合金に固溶した Al と Zr とが優先的に反応し、さらに、Zr 片が接合界面を摩擦することによる Ti-Al 系金属間化合物層の除去効果が得られ、接合界面での金属間化合物層の厚さを抑制する効果を得られることが明らかとなった。

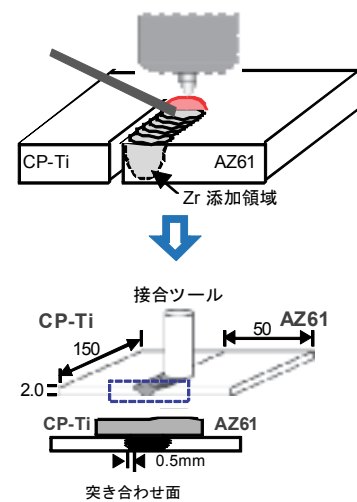


図 1. 接合の概要図

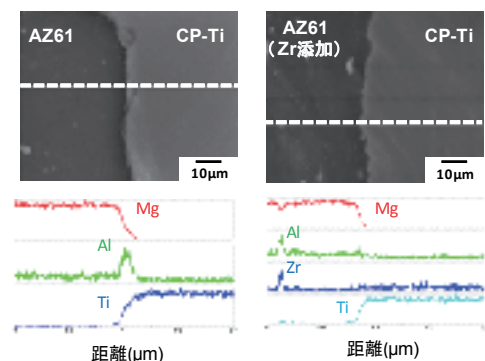


図 2. 接合界面の SEM-EDS による線分析結果

## ■研究の新規性・優位性

摩擦攪拌接合法 (FSW) による異種金属接合は、従来法に比べて高強度の接合部を得られるが、本研究での方法により、さらに高品質な異種金属接合が可能となる。

## ■産業への展開・提案

- ① 接合が困難な異材組み合わせでの接合施工
- ② ボルト締結部の置換による軽量化・低コスト化
- ③ 金属間化合物抑制による接合部特性の向上

## 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 (24560902) により実施されました。

\*1) 機械技術グループ

H24.4 ~ H27.3【科学研究費基盤研究 C】組成調整による接合界面反応の制御を利用した異種金属接合