

物の生成が確認された。しかし、マグネシウム母材に含まれる Al が減少することによって、これらの微細構造も異なることが判明しており、これらの接合界面での反応層の厚さと微細構造が、接合部の諸性質に影響を及ぼすと推測された⁶⁾。

しかし、マグネシウム合金母材に、Al だけでなくその他の添加元素が含まれる場合には、その影響により、また異なった接合界面組織が形成される場合が見られる。例えば、Al を合金元素として含む、難燃性マグネシウム合金の Mg-6mass%Al-2mass%Ca 合金 (AMC602) と、Mg-6mass%Al 合金 (AM60) とでは、CP-Ti との摩擦攪拌接合界面における組織形態は異なる。図 11 に、ツール回転数 850rpm、接合速度 50mm/min、ツール荷重を 7.8kN 一定とし、プローブにより CP-Ti を 1.5mm 切削する位置で摩擦攪拌接合した AM60 と CP-Ti との接合界面の SEM 像を示す。AM60 と CP-Ti との接合界面では、観察位置によってばらつきがあるものの、TiAl₃ 金属間化合物が厚く生成している。

図 12 に、比較として同じ接合条件で接合した、AMC602 と CP-Ti との接合界面の透過型電子顕微鏡 (TEM) による明

視野像と EDS による点分析結果を示す。この接合界面でも Al と Ti との反応層が生成するが、その厚さは AM60 と CP-Ti との接合界面と比較して減少している。この理由としては以下のことが考えられる。

AM60 母材は、 α -Mg と、少量の Mg₁₇Al₁₂ 金属間化合物 (β 相) により構成されているが、摩擦攪拌接合により β 相が分解され、攪拌部は、 β 相の Al が α -Mg に再固溶した α -Mg 単相の動的再結晶組織となる。一方、AMC602 では、母材において CaAl₂ が生成しており、母材の α -Mg に含まれる Al 量は AM60 と比較して低い。両母材の α -Mg に含まれる Al 量を比較すると、AM60 で約 5.1mass%、AMC602 で約 3.5mass% であった。また、CaAl₂ は摩擦攪拌接合での温度においては安定であり、攪拌部において AM60 の β 相のように分解されない。したがって、AMC602 では、攪拌部の α -Mg に固溶する Al 量は、母材マトリックスでの Al 量のまま保持され、母材に含まれる Al の一部は CaAl₂ のままで攪拌部に破碎分散される。つまり、接合界面において Ti と反応する攪拌部の α -Mg に固溶した Al の量は、AM60 と比較して AMC602 では少ないこととなり、CP-Ti との接合界面に生成する金属間化合物層の厚さと構造が、AMC602 と AM60 とで異なる結果となる⁷⁾。

4. おわりに

本稿では、異種金属溶接・接合の問題点と摩擦攪拌接合法の異種金属接合への適用検討例について、接合界面組織の形成を中心に解説した。摩擦攪拌接合法の異種金属接合への適用により、接合界面での金属間化合物の生成を、完全に抑制することは、現状では難しいと言わざるを得ない。しかし、接合条件の最適化などにより、接合界面での金属間化合物層の厚さを 100nm 未満に抑制することは可能であり、従来の溶接法と比較して、接合部の諸性質を向上できる可能性が示されている。摩擦攪拌接合による異種金属接合には、多くの研究者と技術者が実用化を目指して取り組んでおり、今後の研究の発展によって、長い間困難とされていた組合せでの異種金属接合が可能となることが期待される。

最後に、本稿で示した研究は大阪大学接合科学研究所共同研究制度により行ったものであることを記し、関係各位に深く感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 95 1) 藤井英俊：溶接学会誌，77-8 (2008)，731-744.
- 2) 中田一博：溶接技術，9 (2004)，141-146.
- 3) 岡村久宜，青田欣也，高井英夫，江角昌邦：溶接学会誌，72-5 (2003)，436-444.
- 4) 福本昌宏，椿正己，下田陽一朗，安井利明：溶接学会論文集，22-2 (2004)，390-314.
- 5) Masayuki Aonuma and Kazuhiro Nakata: Mater. Trans., 52 (2011)，948-952.
- 6) Masayuki Aonuma and Kazuhiro Nakata: Materials Science and Engineering B, 161 (2009)，46-49.
- 7) Masayuki Aonuma and Kazuhiro Nakata: Materials Science and Engineering B, 173 (2010)，135-138.

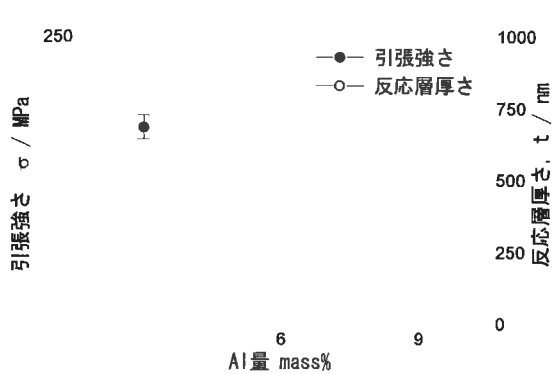


図 10 工業用純チタンと Mg-Al-Zn 合金との摩擦攪拌接合部の引張強さと反応層厚さとの関係

1μm

図 11 工業用純チタンと AM60 合金との摩擦攪拌接合界面の SEM 像

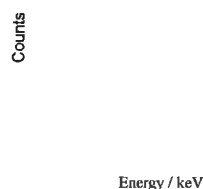


図 12 工業用純チタンと AMC602 合金との摩擦攪拌接合 105 界面の TEM による明視野像と EDS 点分析結果