

摩擦攪拌点接合の接合部における微細構造評価

あいち産業科学技術総合センター 柴田佳孝、中西裕紀、野本豊和、杉本貴紀、
徳田宙瑛、清水彰子

1. 背景

環境負荷低減を目的とした輸送機器の燃費向上が求められており、部材を軽量化するため Al 合金の使用量が増加している。輸送機器の接合部には溶接が広く用いられているが、Al 合金の溶接では溶接後の大きな変形やブローホールの生成、前処理や不活性ガス使用の必要性など課題も多く、施工関係者にとって大きな問題となっている。このような Al 合金の溶接時の問題を解決できる接合技術の一つとして摩擦攪拌接合 (Friction Stir Welding :FSW) が注目されている。FSW は比較的簡易な加工機で容易に接合が可能であるため、既に鉄道車両、航空・宇宙、自動車、民生機器などへの適用拡大が活発に検討され、実用化されている。しかしながら、FSW の接合メカニズムについては未だ十分に把握されておらず、適切な接合条件を見出すことが難しい。そこで本研究では接合強度に影響を与える要因を探るため、FSW 接合部における微細構造評価を目的とした。

2. 実験内容

本研究では析出強化型の Al-Zn-Mg-Cu 系合金 (A7075-T651) について評価した。3 mm 厚の板材を重ね、FSW の接合方法の一つである摩擦攪拌点接合 (Friction Stir Spot Welding :FSSW) により接合した試料を作製した。ツールの形状は長さ 3 mm、直径 5 mm のプローブを有するショルダ直径 10 mm の逆テーパ形のツールを使用した。

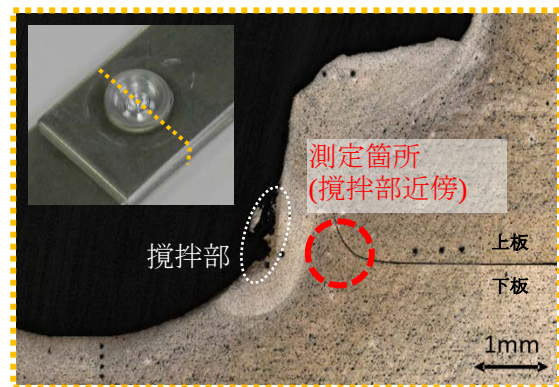


Fig. 1 接合試料断面測定位置

ツール回転数及び挿入深さの条件を検討し、その中から最もせん断強さが大きくなったツール回転速度 1320 rpm、挿入深さ 5 mm の条件で加工した試料を用い、その接合断面 (Fig. 1) を分析対象とした。

これまでに接合断面のビッカース硬さ試験を実施し、接合断面全体で未加工材よりも硬さが低いこと、接合断面のなかで部位によって硬さが違うことを確認した。また SEM-EBSD 測定についても実施しており、攪拌部及びその近傍において、物性の向上と相関があると考えられている結晶粒サイズの微細化を確認した。このような接合断面において、物性の強化に寄与している析出物が結晶粒サイズの微細化した領域でどのような状態にあるのかを評価するため、攪拌部近傍を測定箇所を選択した。比較として攪拌部から 5mm 以上離れた位置を母材の領域として測定した。

加工による歪みや析出物の構造変化を確認するため、あいちシンクロトロン光センター (あいち SR) の BL8S1 で XRD 測定を行った。使用した X 線のエネルギーは 14 keV (波長 0.862 Å)、ビームサイズ 0.5×0.5 mm、検出器には PILATUS 100K を用いた。

また構造変化を特定の元素から確認するため、あいち SR の BL5S1 で XAFS 測定を行った。ビームサイズ 0.5×0.5 mm で Zn-K 吸収端を転換電子収量法で測定した。

3. 結果および考察

XRD 測定結果を Fig. 2 に示す。Al 由来ピークの積分強度の変化から攪拌部近傍で Al の結晶構造が配向したことが、ピーク位置及び半値幅の変化から結晶子サイズが小さくなったことを確認した。

MgZn₂ 由来ピークは積分強度が一様に低下したことから、MgZn₂ が Al に固溶したと推察された。ピーク位置及び半値幅の変化から結晶子サイズが大きくなったことが確認され、MgZn₂ は適切な時効処理後の状態とは異なる状態で析出していると推察される。

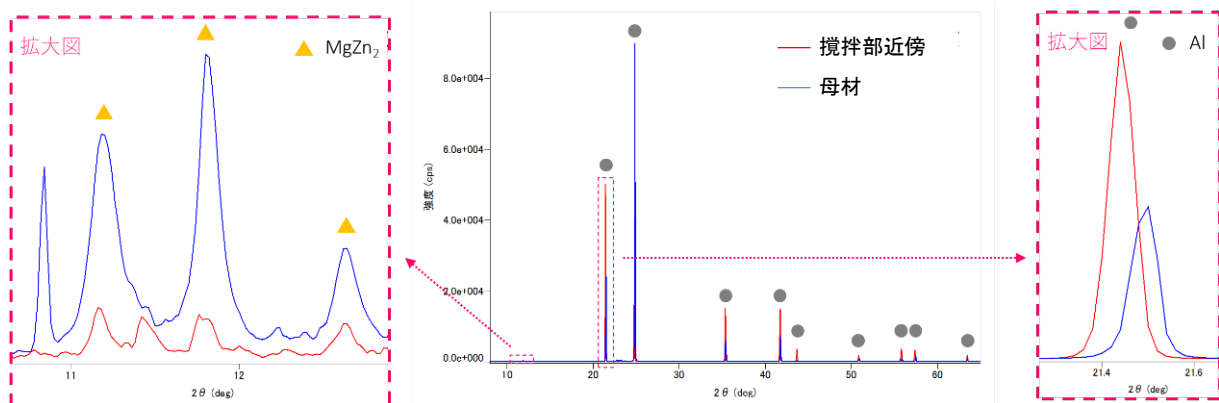


Fig. 2 XRD 測定結果

次に Zn-K 吸収端 XAFS 測定から得られた XANES スペクトルを Fig. 3 に示す。攪拌部近傍では MgZn₂ に由来するピーク¹⁾の強度が低下し、Al-Zn-Mg 化合物に由来するピーク¹⁾強度が増加したことを確認した。固溶している Zn 元素が増加したと推察され、XRD の結果と合致した。

攪拌部近傍において硬さが低下した原因として、物性の強化に寄与する MgZn₂ の一部が Al に固溶したことが、析出している MgZn₂ の結晶子サイズが大きくなり、適切な析出状態ではなくなったことが考えられる。

結晶子サイズが大きくなった原因としては FSSW による加工時に発生する熱の影響が考えられるため、硬さと結晶子サイズ、入熱の相関について、さらにデータを取得し評価を進める。

4. まとめと今後の課題

FSSW により析出強化型の Al-Zn-Mg-Cu 系合金 (A7075-T651) 材同士を接合した試料断面について、XRD 測定および XAFS 測定を実施した結果、攪拌部近傍において MgZn₂ の一部が Al に固溶し硬さが低下したと推察された。今後も継続して評価を進め強度発現のためのメカニズムを探っていく。

参考文献

- 1) Yasuhiro Aruga, Koichi Makii and Seiji Nishi, J. Japan Inst. Metals, Vol. 73, No. 8 (2009), pp. 630-635

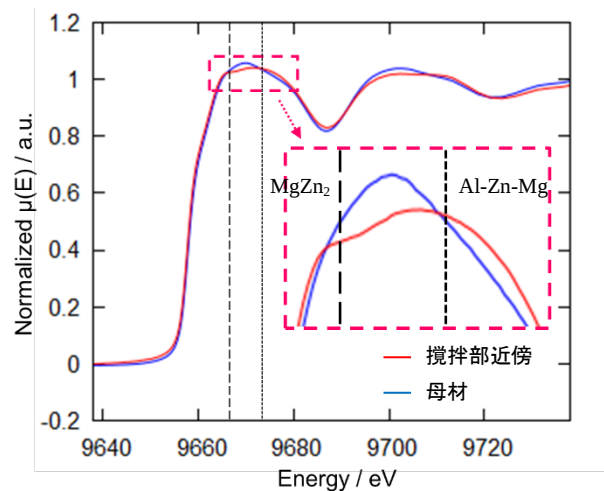


Fig. 3 XAFS 測定結果