

マルチマテリアル部材の創成と高信頼性非破壊評価技術の開発

ものづくり研究開発センター 山岸英樹、佐藤智、加工技術課 柿内茂樹、清水孝晃、高林外広*

評価技術課 宮田直幸、富山大学 高辻則夫、會田哲夫

1. はじめに

車両の軽量化には、従来の鋼材の改良だけでは限界があるため、近年では、より軽量な高性能素材を適材適所に使用するマルチマテリアル化による最適設計のニーズが高まっている。このため自動車分野を中心として、高強度で信頼性の高い異材接合技術の開発が活発化している。

本研究では、高速動作かつフリーモーションにより精密・柔軟な制御が可能な AC サーボプレス機(コマツ産機(株): H1F200-2)を用いて、「アルミニウム合金とマグネシウム合金」及び「炭素繊維強化熱可塑性樹脂(CFRTP)とアルミニウム合金」の組合せにおいて、それぞれ「鍛接法」¹⁾および「かしめ法」²⁾によるマルチマテリアル部材創成に取り組んだ。なお、鍛接法については、フェーズドアレイ超音波探傷試験機(PAUT)を用いて接合界面の可視化についても実施した。高強度かつ高生産性を実現する異材接合技術開発とともに、説明力が高い非破壊検査技術開発に取り組んだ。

2. 実験結果

2.1 アルミニウム合金とマグネシウム合金の鍛接

アルミニウム合金とマグネシウム合金の鍛接法(チタンインサート)において、予熱温度を変えた場合の外観写真を Fig. 1 に示す。予熱温度 250 °C では成形不可能であり、また 420 °C ではバリやワレが生じた。320 °C 及び 380 °C では良好な外観を得ることができた。

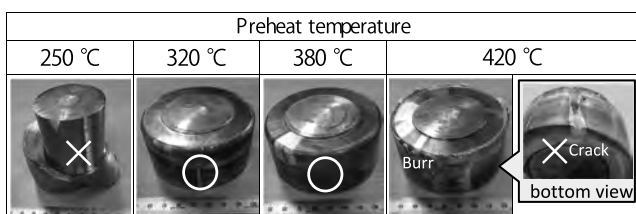


Fig. 1 Appearance of the forge-welding specimens

次に予熱温度、圧力保持時間及びインサート材板厚が引張強さに及ぼす影響をそれぞれ Fig. 2(a)-(c)に示す。最

*現 企画管理部

適なフリーモーションにより、予熱温度 380 °C 以上またインサート材厚み 0.3 mm 以上において高強度に接合可能であることが分かった。また、圧力保持時間は、設定下限の 0.1 秒でも問題なく接合できた。さらに素材の研磨は不要であることを確認しており、サーボプレスの高速性を活かしたハイサイクル接合を可能とした(1 サイクル約 1.8 秒)。

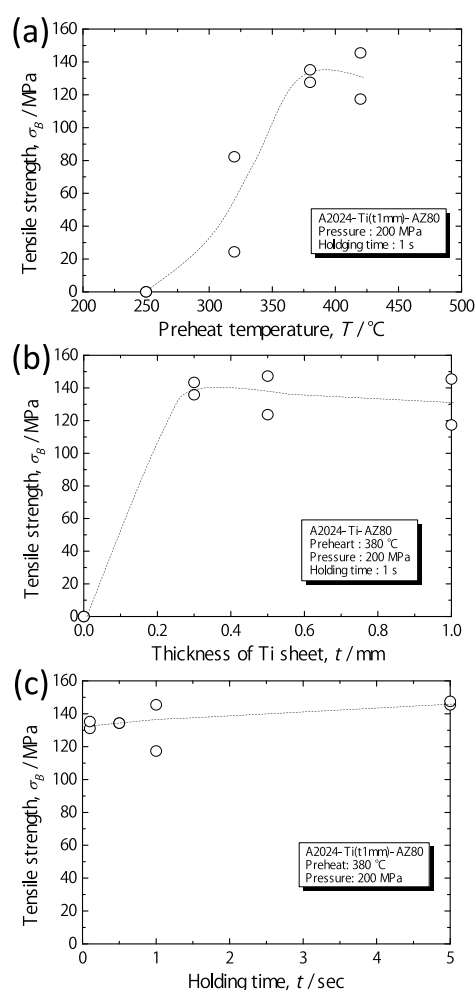


Fig. 2 Tensile strength versus (a) preheat temperature, (b) thickness of Ti sheet and (c) pressure holding time

Fig. 3 に鍛接部材中央の断面マクロ写真及び PAUT による接合界面の 3D 可視化画像を示す(高さ方向は約 50 倍に伸長)。界面の塑性流動状態を分かりやすく可視化できた。なお巨視的なインサート材のヤブレは 0.3 mm 厚材でもほぼ生じていなかった(最大で幅 300 μ m 程度)。

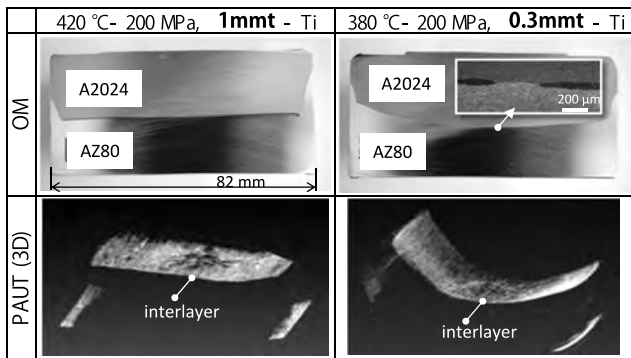


Fig. 3 Optical micrographs of the cross section and its 3-dimensional (3D) images of the forge-welding interface

2.2 CFRTP とアルミニウム合金のかしめ接合

CFRTP とアルミニウム合金のかしめ法において(素材はともに 50×150×3 mm 短冊材)、パンチ挿入量及びその保持時間が引張せん断荷重に及ぼす影響をそれぞれ Fig. 4(a)及び(b)に示す。挿入量は 4 mm が最適であること、また保持時間は安定した樹脂硬化のため、30 秒以上が望ま

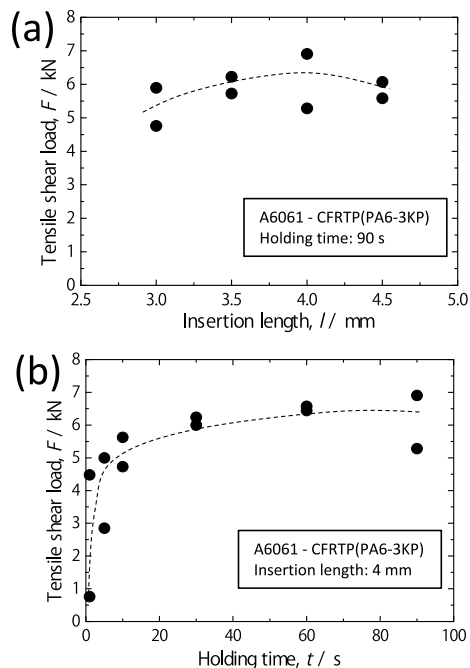


Fig. 4 Tensile-shear load versus (a) insertion length and (b) holding time

しいことを明らかにした。パンチ挿入量 4 mm 及びその保持時間 90 秒において、最大引張せん断荷重は 6,905 N に達した(Fig. 5)。本接合法は、接着剤等による直接接合とは異なり、その継手形状から、繊維強化樹脂としての強度を発揮して破壊に至るため高強度となる(かしめ部直径 15 mm における相当引張せん断強さは 39.1 MPa。一般の直接接合では樹脂の強度が上限となりせん断強さは 20 MPa 程度が限界)。このように、下穴は加工のしやすい金属とし、サーボプレスのフリーモーションを活かして CFRTP をその連続繊維を切らずに狭小部に流し込み、機械的にかしめる接合技術を開発した。本法は、ボルトやナットなど重量の増加を伴わず、また接着剤で懸念される経年劣化がない。さらに短時間加工で高強度を実現する他にない優位性があるため、自動車分野への適用を目指し特許出願を行った。

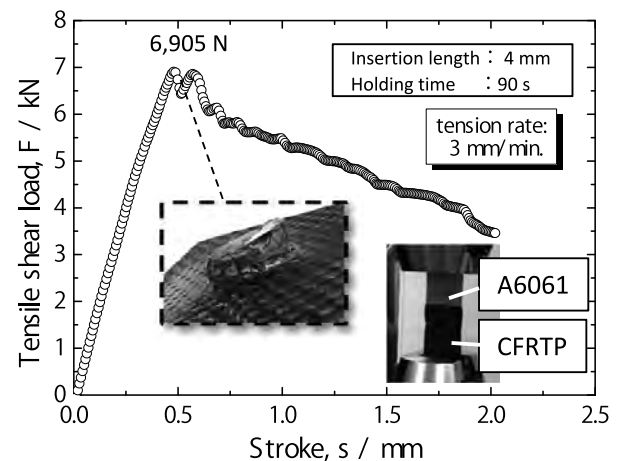


Fig. 5 Load-stroke curve of the swaged material

「参考文献」

- 1) H. Yamagishi et al.: *Metall. Mater. Trans. A*, **46** (2015) 3601-3611.
- 2) 山岸ほか：富山県工業技術センター研究報告 **30** (2016) 8-9.

キーワード：マルチマテリアル、鍛接、かしめ、アルミニウム合金、マグネシウム合金、CFRTP

Development of Multi-Material Joint and its Nondestructive-Evaluation Technique

Toyama Industrial Technology Center; Hideki YAMAGISHI, Masaru SATO, Shigeki KAKIUCHI, Takaaki SHIMIZU, Sotohiro TAKABAYASHI, and Naoyuki MIYATA, University of Toyama; Norio TAKATSUJI and Testuo AIDA

The two pressing processes, forge-welding and swage, were examined to develop a multi-material joint, which had a high-strength and a high-productivity, using an Alternate-Current (AC) servo press. In the forge-welding of aluminum alloy to magnesium alloy the process time has achieved less than two seconds. On the other hand, the swage of Carbon Fiber Reinforced Thermo-Plastics (CFRTP) to aluminum alloy has attained double the shear-strength of a strong adhesive bond.