

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

チタン(Ti)及びチタン合金は軽量、高強度であるほか、耐熱性、耐食性に優れた特性があり、構造部材としてみても航空宇宙や船舶、自動車等輸送機器、化学プラント、電力、海洋エネルギー、建築、医療、スポーツ分野など様々な産業で利用されている。また、アルミニウム(Al)及びアルミニウム合金は軽量かつ耐食性に優れた実用軽金属材料であり、導電性にも優れる。近年は、輸送機器及び機能性部品の軽量化や電動化に伴い様々な材料との異材接合のニーズが高まっている。これら高機能な実用軽金属材料の組合せであるTi/Alの接合は様々な場面で持続可能な社会を構築するための一つの組合せになると考えられる。

本研究では近年提案された、高生産性のもと高強度異材接合を可能にするスポット鍛接法¹⁻³⁾を用いて、純チタンとアルミニウム合金のシート材の重ね異材接合を行い、加工条件と継手強度の関係さらにはその接合界面の状態を調査した⁴⁾。

2. 実験方法及び結果

材料の組合せは、TP270/A6061とした。各材料の寸法は $30 \times 100 \times 1 \text{ mm}^3$ である。適切な予熱後、ACサーボプレスによりスポット鍛接を行った。運転はクランクモーション、鍛接径は8 mm及び10 mm(D8, 10)、加工直前の接合部表面温度は543 K、583 K及び623 Kとした。スライド位置を変化させ、接合温度と圧下比 R 及びプレスピーク荷重から求めた見かけのパンチピーク面圧 P が継手の引張せん断荷重に及ぼす影響を調べた。さらに同程度の圧下比約2.2において、界面破断(BI)となる非健全継手(Condition NS, 接合温度543 K)とプラグ破断(BM)となる健全継手(Condition S, 接合温度623 K)について疲労強度線図を取得、これらの界面をTEM観察により比較した。

Fig. 1に継手強度に及ぼす鍛接条件の影響を示す。同じ接合温度では鍛接径の差は継手強度に影響しなかった。一方、接合温度は継手強度に強く影響した。接合温度の増加とともに母材破断に移行する圧下比は大きく低下した。Fig. 2は破壊形態がBIからBMに移行するために必要な接合温度と圧下比及びピーク面圧の関係を示す(破壊形態領域図)。接合温度の増加とともにBMに移行する鍛接条件は緩和される。言い換えれば、「大きい塑性流動(新生面)を導入するほどより低温で接合可能」となる。これは拡散反応の障害となる汚染層の除去が進むことによる。健全継手における

TEM観察及びEDS成分分析より接合界面には TiAl_3 と思われる数十nm厚の反応層が認められた。一方、非健全継手では数nm厚程度の極めて薄い反応層であった。疲労強度試験の結果も合わせ、本接合界面の反応層厚は数十nm程度が必要であることが示唆された。

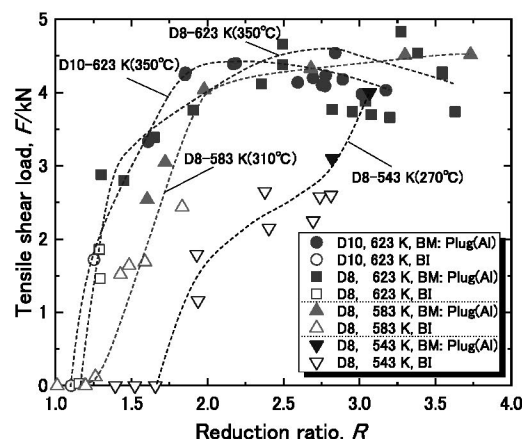


Fig. 1 Variation in tensile shear load of the Ti/Al forge-welded joints as a function of reduction ratio R for punch diameters of 8 mm (D8) and 10 mm (D10)

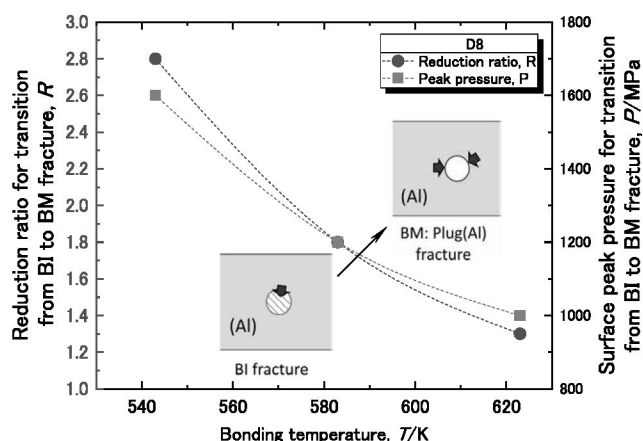


Fig. 2 Relationships between bonding temperature and R and P required for transition from bonded interface (BI) fracture to base metal (BM) fracture

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) 山岸: PCT/JP2021/003018
- 2) H. Yamagishi: *Metall. Mater. Trans. A*, 52, 2021, pp. 741-752
- 3) H. Yamagishi: *Mater. Lett.*, 279, 2021, 130080
- 4) H. Yamagishi: *Metall. Mater. Trans. A*, 53, 2022, pp. 264-276