ノート

異種金属材料の非溶融接合技術の開発 ～アルミニウムと鋼板の接合～

平石　誠*　中川　昌幸**

Non-melting Joining of Dissimilar Metals
～Joining between Aluminum Alloy and Steel Sheet～

HIRAISHI Makoto* and NAKAGAWA Masayuki**

1. 緒　言

機械装置を構成する材料には様々な材料特性が求められるが，中でも「軽さ」は省エネルギー化や機械装置の性能の向上，取り扱いの容易さなどの観点から重要な特性の一つである。ただし，多くの場合，強度あるいは耐食性，加工性などの複数の特性を併せ持つことが必要となるため，これを実現する方法として異なる特性を持つ材料をつなぎ合わせる接合技術が注目されている。しかし，従来の部材を溶かす「溶接」を行った場合，金属間化合物の生成に伴う脆化や割れの発生により接合が困難であるため，非溶融接合技術の開発に向けた研究がなされている。本研究では継手形態として汎用性の高い点接合を対象として，非溶融接合の一種である摩擦圧接の原理を応用した鋼板とアルミニウム合金の接合技術の開発に取り組んだ。

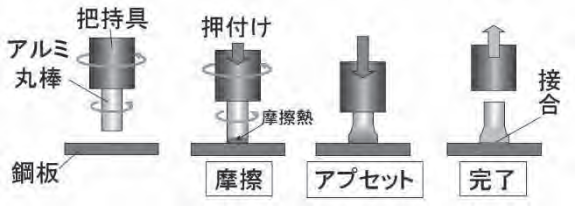

図１　接合原理

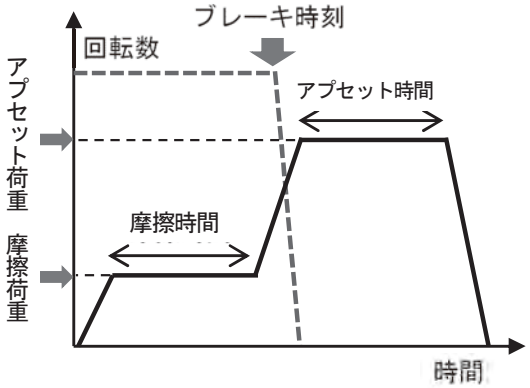

図２　接合工程

2. 実験方法

製作した摩擦圧接機を用いてアルミニウム合金丸棒（A5052，φ6 mm）と冷間圧延鋼板（SPCC，厚さ1 mm）の接合実験を行った。

図 1 は接合原理を表したものである。回転させたアルミニウム丸棒を鋼板に押し付けて摩擦熱を発生させ（摩擦過程），適正な時間だけ保持して接合部周辺の材料を軟化させた後に回転を急停止し，これとほぼ同時に押付荷重を増し材料を圧縮変形（アプセット過程）させて接合を完了する。押付荷重と回転数の時間変化をグラフ状に表すと図 2 のようになる。

接合実験では摩擦時間やアプセット荷重が接合強さに及ぼす影響を調べた。接合条件を表 1 に示す。

接合部の強さを評価するために引張試験を行った。引張荷重の負荷方向は接合面に垂直方向（引張強さ）とした。

表１　接合条件

回転数	50 s^{-1}
摩擦荷重	1.7 kN
摩擦時間	1.0～5.0 s
アプセット荷重	1.7～3.1 kN
アプセット時間	5.0 s

* 中越技術支援センター
** 下越技術支援センター

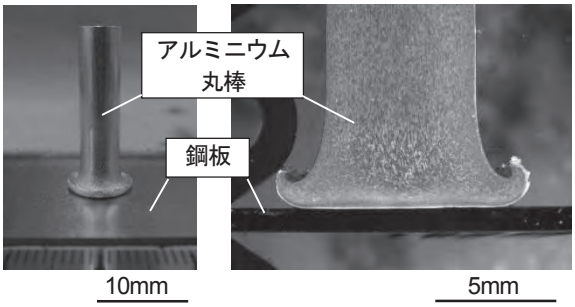

図３　接合した試験片

3.　実験結果

接合された試験片の外観および断面を図3に示す。アルミニウム丸棒は接合部付近で拡がり，その先端はカールしてバリを形成した。バリは主にアプセット過程に形成されたもので，接合界面に沿った塑性流動によるものである。

接合面の裏側に当たる鋼板表面に線径0.3 mmのK熱電対を取り付け，接合時の温度を測定した（図4）。接合部の温度はアルミニウム丸棒が鋼板に接触するのと同時に上昇し，アプセット荷重に切り替わると410℃に達した。そしてブレーキをかけ摩擦発熱量が小さくなると急速に低下した。塑性流動を生じやすい高温状態でアプセット荷重付加を付加するためにはブレーキとのタイミングが重要となる。

接合条件が接合強さに及ぼす影響を調べた結果の一例を図 5 に示す。アプセット荷重の増加とともに接合強さは増加した。併記した寄代（アルミニウム丸棒の長さ変化量でバリの排出量と同義）も同様の傾向を示しており，寄代が接合強さの指標となることを示唆している。なお，摩擦時間（1.0～5.0 s）が接合強さに及ぼす影響は少なかった。

引張試験後の破断部では図 6 のように鋼板が大きく変形した。破断面を電子顕微鏡で観察すると，黒い筋状の未接合部（図 7 (a) 矢印）が観察されたが，延性破面（図 7 (b)）が広い面積に認められ，強固な接合がなされていることが確認された。

4.　結　　言

鋼板とアルミニウム合金丸棒の非溶融接合技術の開発に取り組み，接合部の温度変化および摩擦圧接条件が接合強さに及ぼす影響を把握した。

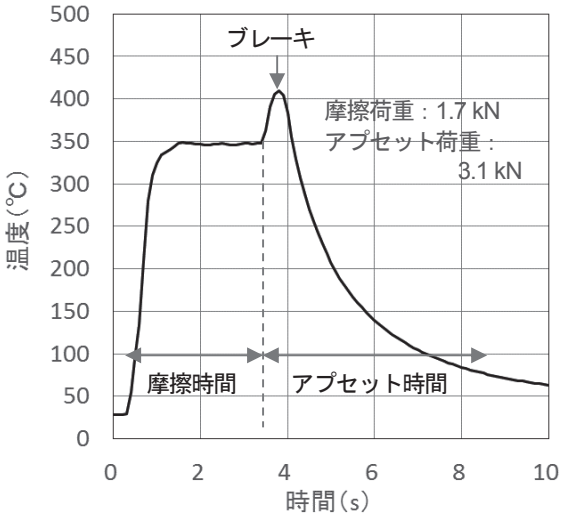

図４　接合部付近の温度変化

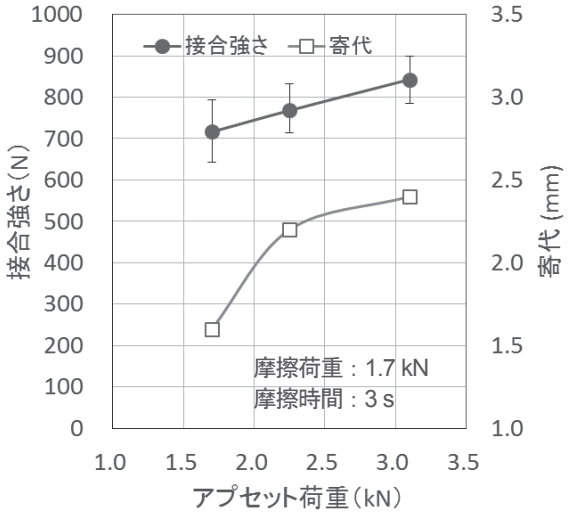

図５　接合強さの変化

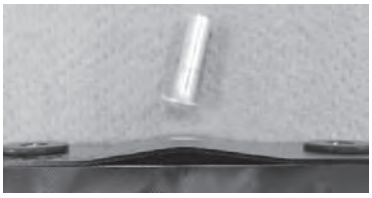

図６　破断部の様子

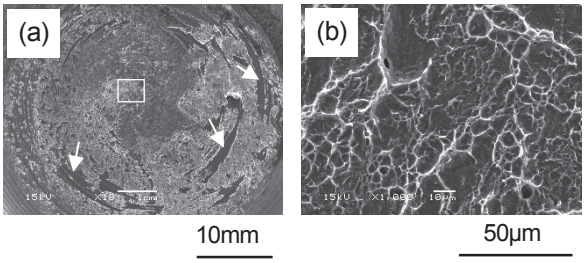

図７　破面の電子顕微鏡像
（(b)は(a)の囲み部の拡大）