

Q-37 FSW と FSSW の違いについて教えてください。

A-37 まずは FSW に関する接合の原理、特長、設備などを説明し、そして FSSW を説明します。

摩擦攪拌接合 (Friction Stir Welding) は1991年に The Welding Institute で発明された接合法であり、母材より相対的に硬いツールを回転させながら母材に差込み、接合方向にツールを移動させることにより、母材を熔融させることなく接合する固相接合法の一種です。実用例が多いアルミニウム合金の接合の場合、ツール材質には一般的に工具鋼が用いられます。Fig. 1 に代表的な突合せ接合の模式図を示します。摩擦発熱により母材の変形抵抗が低下し、ツール周辺の母材がツールの動きに合わせて塑性流動し一体化されます。塑性流動した部分は攪拌部と呼ばれ、通常微細で均一な再結晶組織となり、その周辺は熱加工影響部、熱影響部、原質部へと至ります。摩擦攪拌接合の継手の品質は、熔融溶接に比べて、溶接金属が铸件組織にならないので靱性に優れ、入熱が少ないため母材強度の低下が少なく歪みも少ないのが特長です。突合せ継手での実績が多く、通常突合せ面へ二段円筒型 (細い先端部をプローブまたはピン、太くなる面をショルダーと称す) のツールを回転させながら差込み、ショルダー面が母材表面に当接した後接合方向に移動させます。接合部の裏側まで完全に接合する場合、硬質の裏当て治具の上に母材を拘束して接合し、ピンの長さは接合した母材厚さの8~9割程度の長さとし、健全な継手を得るための接合条件として、ツールの回転数、接合速度が重要なパラメーターとなり、最適条件から大きく外れると攪拌部に長手方向にトンネル状の穴が生じたり、ショルダー端部が通過した表面にバリが顕著に生じることがあります。接合終了部にはツールの移動を止めて抜き去った後に穴が残ります。用途としては、

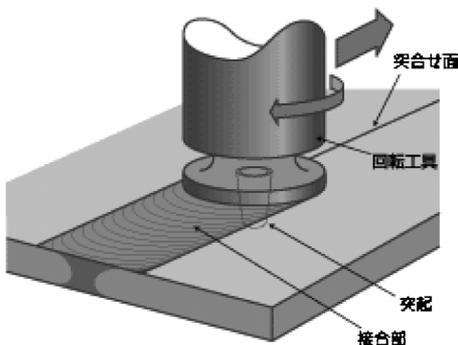


Fig. 1 摩擦攪拌接合 (FSW) の原理

比較的低温で塑性加工性の良いアルミニウム合金への適用が多く、押出形材を幅方向に接合して広幅材にして鉄道車両、船舶、橋梁分野に盛んに適用され、圧延材を接合したものが電機、航空宇宙分野に適用されています。最近では、重ね継手や曲線、曲面の接合でも実績があります。装置は多数のメーカーがありますが、ツールに掛かる荷重が大きい事と、材料の拘束を強固に行う必要があるため、剛性の高い装置を選定した方が接合品質は広い条件範囲で安定します。最近では、銅や鉄系材料での実績も出てきており、また派生技術として Fig. 2 に示すポピン (糸巻き) 形状のツールを用いることにより裏当て治具を要する事無く接合するとともに、母材の厚さの変動にも追従できるセルフリアクティング法等も開発されています。

摩擦攪拌点接合 (Friction Stir Spot Welding) は摩擦攪拌接合の派生技術で、日本で開発と実用化が進んでいます。工法としては Fig. 3 のように摩擦攪拌接合と同様のツールを回転させながら、重ねた板母材の下板にピンの先端が達するように差し込み、ピンの側面に逆ネジを設ける等して上下方向の攪拌を十分に行って一体化させます。主

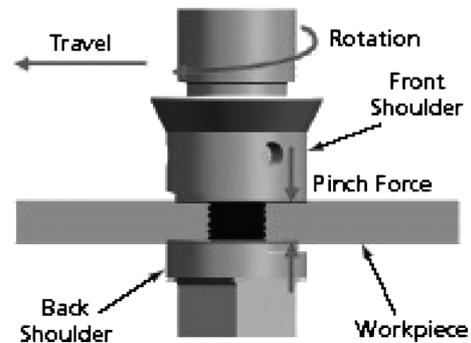


Fig. 2 セルフリアクティング (ポピン) ツール

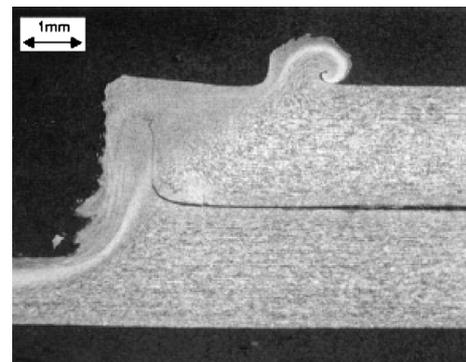


Fig. 4 FSW 点接合の継手断面のフック

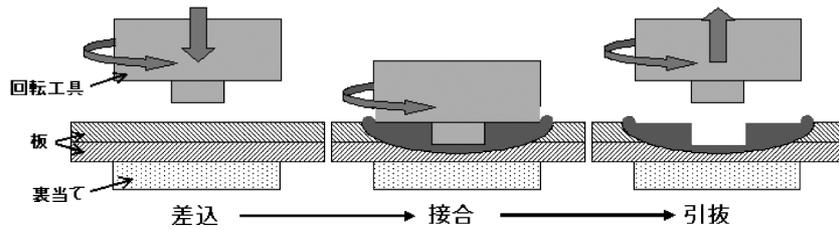


Fig. 3 摩擦攪拌点接合 (FSSW) の原理

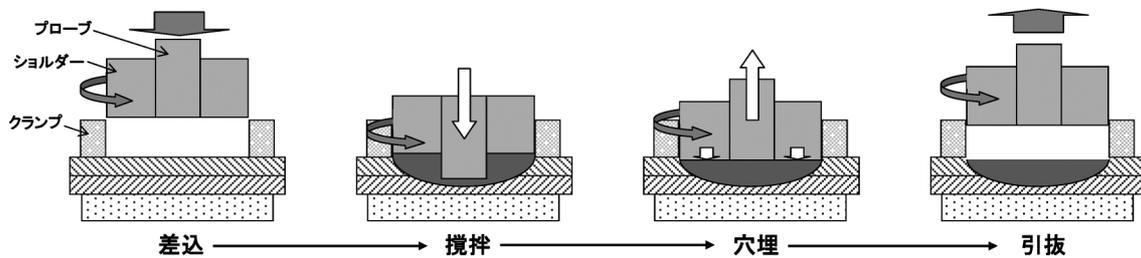
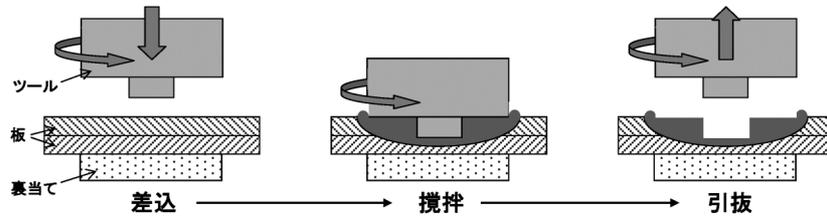


Fig. 5 複動式 FSW 点接合

に抵抗スポット溶接の代替技術として広まりつつあり、ランニングコストが大幅に削減できたとの報告¹⁾もあります。継手の品質は、入熱が少ない点で摩擦攪拌接合に類似するが、ツールの板面方向への移動が無い²⁾ため、下板から上板に塑性流動を生じる際に Fig. 4 に示すようなフックという未接合部のめくれ上がり²⁾が生じて、攪拌部脇の上板厚減少により継手強度が低くなる場合があります。接合条件は、ツールの回転数と差込深さおよび速度ですが、荷重と接合時間をパラメータとして制御する方法が量産で採用されています。設備としては、定置式およびロボットガンが開発されており、裏当ての鋼製円筒治具とツールにより母材を挟むロボットガンが自動車メーカーでクロージャ

一部品のアルミニウム合金ボデーシート材の重ね点接合に多用されています。最近では、周囲に筒状の回転しないクランプを有し、ピンとショルダーが別々のタイミングで突出駆動する Fig. 5 に示す複動式ツールを用いることにより、攪拌部表面周辺に残るバリや母材に残る穴を発生させずに接合するとともに、種々の板厚にひとつのツールで対応できる方法が開発されています。

参考文献

- 1) R. Sakano ら：Proc. of 3rd Int. FSW Sympo., Kobe, JAPAN (2001), CD.
- 2) A. C. Addison ら：Proc. of 5th Int. FSW Sympo., Metz, FRANCE (2004), CD.