

Q-9

FSW で異材接合はできますか？

A-9

摩擦攪拌接合（以下 FSW と略す）は特殊な形状のツールを回転することにより引き起こされる母材の塑性流動と加工時に発生する摩擦熱とを利用した固相接合であり、熔融温度まで材料温度が上昇しないことが特徴となっています。一方、異種金属同士の熔融溶接では、接合界面に脆弱な金属間化合物が生成されるため、十分な接合強度が得られないことが問題となっています。

FSW と同じく摩擦現象を利用した摩擦圧接では、既にアルミニウムと鉄とを異材接合した自動車のプロペラシャフト等が実用化されています。しかしながら摩擦圧接の継手は丸棒または管材の組合せとなっており、その適用範囲は限定されます。このため、素材形状が円形に限定されない FSW に対する期待は大きく、種々の金属の組合せについて異材接合が検討されています。

種類が異なるアルミニウム合金同士の異材接合では Fig. 1 に示すような接合界面にツールを挿入し両方の金属を攪拌、混合する一般的な FSW の方法で接合が可能です。しかし、アルミニウム合金と鉄あるいは銅との接合においては、この方法では異材の攪拌、混合が起これ、脆弱な金属間化合物が形成されてしまいます。この対策とし

異材の攪拌・混合

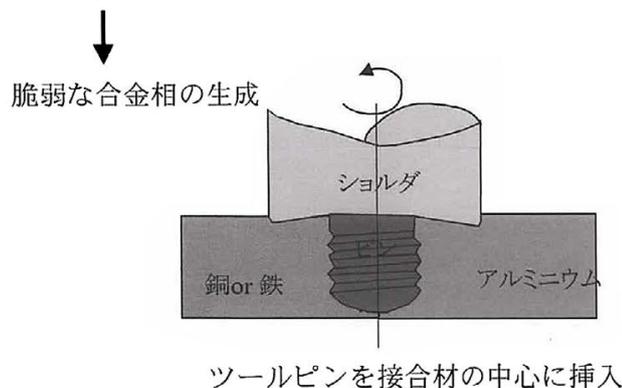


Fig. 1 FSW による異材接合方法とその課題¹⁾

て、施工方法の面から FSW の改善が検討されています。

アルミニウムと鉄（鋼）のように、接合時における母材の変形抵抗が大きく異なる場合、Fig. 2 に示すようにツールの挿入位置を軟質金属であるアルミニウム側に偏らせる方法が提案されています。この方法では、母材の軟質母材金属側のみを攪拌して塑性流動を生じさせ、もう一方の硬質母材金属にこすり付けることで拡散接合させます²⁾。これにより母材同士の混合が起これず、脆弱な金属間化合物の生成が抑制されます。また、軟質側の金属にツールを挿入することで、入熱量の制御やツールの耐久性の向上も期待できます。

以下に、異種金属接合の検討例を紹介します。

• アルミニウムと鉄¹⁾

自動車の軽量化を進める上でアルミ化は有効ですがコスト増加が課題となっています。最近では適材適所の考え方から部分的にアルミニウムを用いることが考えられています。ここでの最大の技術課題は異材接合で、種々の方法が検討されており、FSW もその一つとなっています。アルミニウム合金（A6N01）とステンレス鋼（SUS304）とを前述のようにアルミニウム側にツールを偏らせた方法により FSW で接合検討した例では、接合界面、表面共に欠陥の無い継手が得られ、破断はアルミニウム内で生じています。接合界面における合金層の厚さは Fig. 3 に示すように $0.6 \mu\text{m}$ であり、異種金属接合において接合強度が得られる目標とされる厚さ $1 \mu\text{m}$ 以下と薄くなっています。

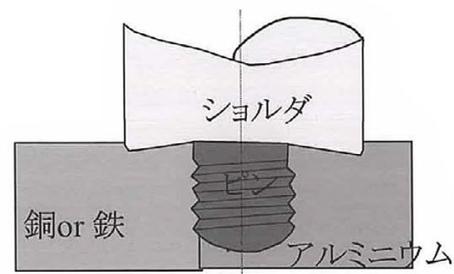


Fig. 2 異材接合用に提案されたツール配置

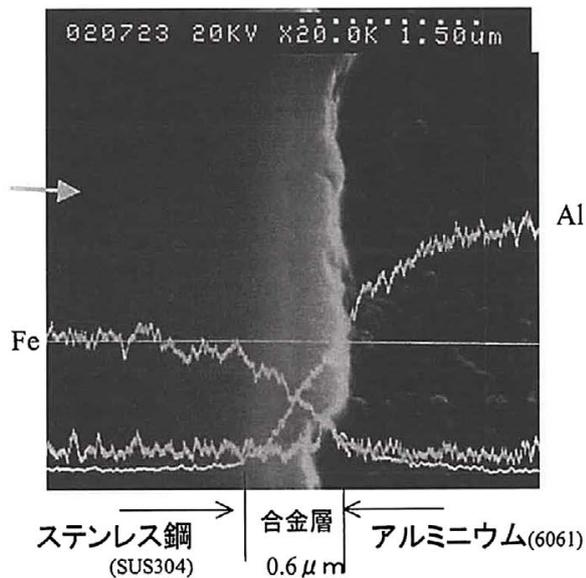


Fig. 3 接合界面の分析結果例

• アルミニウムと銅¹⁾

アルミニウム合金 (A6061) と無酸素銅の組合せに対し、前述したアルミニウムと鉄との接合と同様に、アルミニウム合金側にツールを偏らせて接合した例でも、合金層が非常に薄くなり、アルミニウム側で破断が生じ、母材とほぼ同じ引張強さが得られる継手となっています。この事例では、伸びの低いことが今後の課題となっています。

• アルミニウムとマグネシウム²⁾

マグネシウムはその軽量化効果を期待して、自動車部品や家電製品などに使われていますが、溶融溶接が難しいという難点があるためFSWへの期待は高く、異材接合についても検討されています。ツールを接合界面に配置する一般的な方法で、マグネシウム合金 (AZ31B) と純Al (A1050) との接合を検討した結果では、欠陥のない健全な継手を得られています。接合界面には拡散により金属間化合物が形成され、さらにAZ31BがA1050側に食い込んでおり機械的にロックされた構造 (mechanical interlocking joint) になっていると見られています。

また、マグネシウム合金 (AZ31) とアルミニウム合金 (A5182) との異材接合例では77%の継手効率が得られたものの、伸びが4%と、大幅に低下するという問題が生じています。

上記以外にも鋼種やアルミニウム合金種の異なる組合せが検討・報告されています。FSWによる異材接合では接合部の引張特性が劣る等の課題がありますが、いずれ実用化されることでしょう。

参 考 文 献

- 1) 岡村他：本誌, Vol. 42 (2004) No2, P49.
- 2) 平野他：溶接学会論文集, Vol. 2 (2003) No4, P539.