

補助事業番号 2022M-282

補助事業名 2022年度摩擦攪拌技術を用いた機械的・冶金的ハイブリッド点接合法の開発補助事業

補助事業者名 近畿大学工学部機械工学科 生産加工学研究室 教授 生田 明彦

1 研究の概要

本研究は、摩擦攪拌接合技術を用いて機械的接合と冶金的接合を組み合わせた広範な異材に対応する接合法を確立するため、全く異なる材料組み合わせの非鉄/非鉄および非鉄/樹脂接合の最適化手法を見いだすことにより有効性を検証することを目的とする。

2 研究の目的と背景

軽量化の観点から、輸送用機器を中心に採用が進んでいるマルチマテリアル化のためには、異材接合が必須となる。その際、様々な材料組合せに対応するため、接着、機械的接合、冶金的接合等、種々な接合法が検討されている。それぞれの接合法には特徴があり、適した材料組合せが存在する。そのため、広範な材料の組合せには、接合自体も異なる手法を組合せれば、対応した接合法になることが期待できる。このような中で、摩擦攪拌接合は固相接合であるため、高品質な接合が可能であり、異材接合法として注目されている。一般的に、摩擦攪拌接合は材料を攪拌して練り混ぜることにより一体化させる冶金的接合法であるが、材料を攪拌するためには材料を塑性流動させているため、この塑性流動を用いて機械的接合に必要な形状を成形することも可能であると考えられる。このような観点から、本事業では、摩擦攪拌接合技術を用いて、機械的接合と冶金的接合を組合せてハイブリッド化することにより、広範な材料組合せに対応する接合法の開発が目的である。なお、本手法では、アルミニウム合金を主体としたスポット溶接に代わる点接合に着目する。ここでの機械的接合は、重ね合わせた異種材料のうち、あらかじめ穴加工した下板上板側から摩擦攪拌点接合を行い、塑性流動により、上板を下板の穴部へ押し出すようにしてリベット状の突起を形成させる。また、冶金的接合は、リベット状の機械的接合後、機械的接合時に上板に形成された押し出し穴を埋め戻しながら、再度、摩擦攪拌点接合を行い、さらに界面を接合させる。予備実験の結果、本方法の基礎的な知見は既に得られているが、様々な材料組合せに対応できるかの検討は不明なままである。そこで、本研究では、より広範な材料組合せの対応を目指し、非鉄/非鉄及び非鉄/樹脂の異種接合について検討する。具体的にはアルミニウム合金/チタン合金及び、アルミニウム合金/CFRP(炭素繊維強化プラスチック)に注目する。ここで、アルミニウム合金/チタン合金では、接合強度に大きな影響をおよぼす界面状態に関し、金属間化合物の生成を念頭に表面処理の有効性を検討するとともに、接合界面の元素分析から接合状態を検証する。アルミニウム合金/CFRPでは、融点が全く異なる材料を低温で接合させる条件探索を行い、接合界面に官能基付与を目的とした表面処理の有効性を検討する。これらにより、本手法の有効性を確認することを試みる。

3 研究内容

(1) 摩擦攪拌技術を用いた機械的・冶金的ハイブリッド点接合法の開発 (<https://seisankakou.sub.jp/abstract.html>)

摩擦攪拌技術を用いた機械的・冶金的ハイブリッド点接合法は、様々な材料組み合わせに対応できる異材接合法であると考えられるため、非鉄/非鉄および非鉄/樹脂の組み合わせの適用について検討した。まず、非鉄/非鉄の組み合わせとして、アルミニウム合金/純チタンを検討した。その際には、材料界面の表面処理が重要であると考え、ブラストによる表面処理を施した材料も用いて継手を作製し、強度試験を行った結果を図1に示す。摩擦攪拌技術を用いた機械的・冶金的ハイブリッド点接合法により作製された重ね合わせ継手の引張せん断試験結果は、ブラスト処理の有無で比較すると、ブラスト処理ありの場合、条件によってはブラスト処理なしの場合と比較して約1.5倍であった。これらのことから、ブラスト処理は引張せん断強さの向上に対して有効であり、第二工程での圧接過程が重要であることが明らかとなった。また、その際の界面観察および元素分析結果を図2に示す。界面状態は、ブラストの有無に関わらず密着しているが、ブラストありの場合がブラストなしの場合と比較して、界面が凹凸化していることが明確であり、ブラスト処理がアンカー効果として働き、継手強度向上に寄与したと示唆される。ただ、分析元素であるAlおよびTiの界面近傍における分布から、ブラスト処理の有無および形成した突起部におけるアルミニウム合金/純チタン界面で相互拡散はしていないことが確認された。

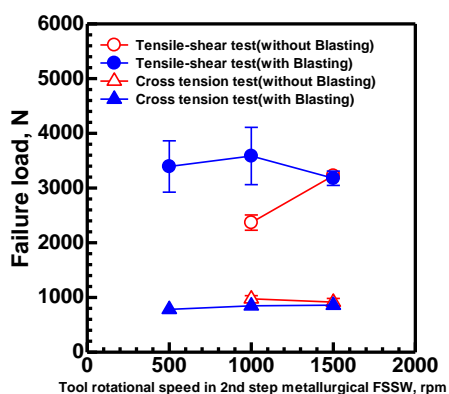


図1 Al/Ti合金重ね合わせ継手の引張せん断および十字引張強さ

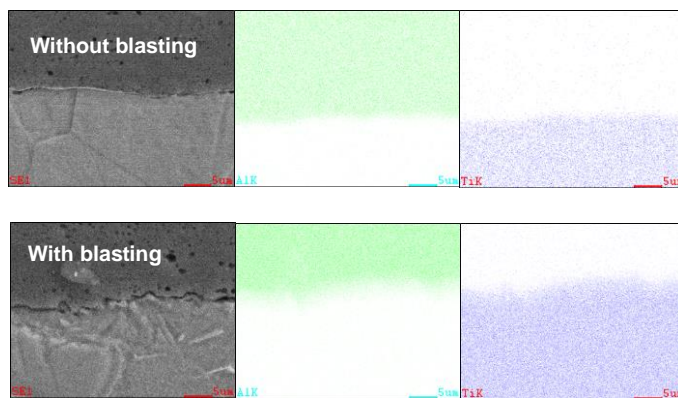


図2 Al合金/Ti接合界面の観察および元素分析結果

次に、非鉄/樹脂の組み合わせとして、アルミニウム合金/CFRPを検討した。その際には、材料間の融点差が大きく、接合時の材料界面温度が重要であると考え、その温度測定を行った結果を図3に示す。本研究では、冶金的接合時での接合条件が界面温度におよぼす影響を調査した。その結果、ツール圧入量を変化させた場合、ツール圧入量の増加にともなう温度上昇は極めて限定的であった。一方、保持時間を変化させた場合、保持時間の増加にともなう温度上昇は顕著であり、図3に示したように界面温度の制御にはツール圧入量よりも保持時間が顕著な影響をおよぼすことが明らかになった。図4は、界面温度測定結果から良好と考えられた条件で、各種の界面

処理も行い、機械的・冶金的ハイブリッド点接合法で作製した継手の強度試験結果を示したものである。引張せん断試験において、ブラスト処理やシランカップリング処理を行った場合、若干、継手強度が上昇していた。界面処理の影響が大きいのは冶金的接合時であると考えられるため、界面処理を行うと、冶金的接合強度は、若干、上昇する程度であり、本接合法において作製された継手の主たる強度は機械的接合によっていると考えられることが明らかとなった。

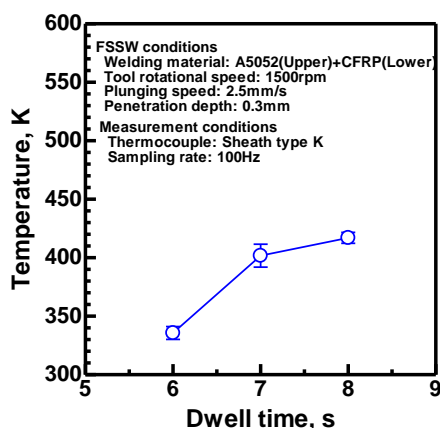


図3 AI合金/CFRP 接合界面温度と保持時間との関係

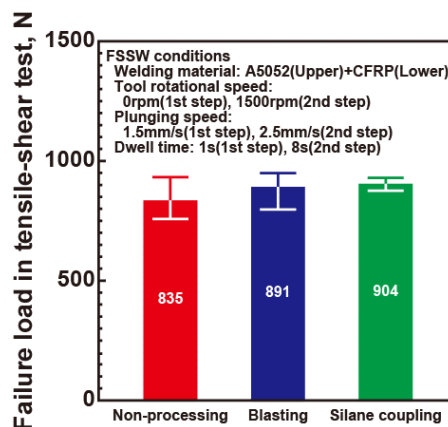


図4 AI合金/CFRP 重ね合わせ継手の引張せん断強さ

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究で注目した手法は、摩擦攪拌接合技術を用いて、機械的接合と冶金的接合を組合せてハイブリッド化することにより、広範な材料組合せに対応する接合法としての一つを示したものである。これは、機械的接合と冶金的接合工程がともに摩擦攪拌接合技術を利用するため、同一機材で達成可能であることや、摩擦攪拌接合技術を利用するため、固相接合であり、適用範囲が広いこと、機械的接合と冶金的接合をハイブリット化するため、両者の利点が活用できること、副資材を一切使用しないなどの優れた点を有する。本研究の結果から、提案した手法の有効性を示すことはできたものの、直ちに産業界で適用できると思われませんが、これまでに決定的で有効な解決方法がない中で、一般化が可能な機器のみを用いて解決方法を示した意義は大きい、今後、本研究成果を基に、可能であれば特許などの権利化を念頭に、生産加工分野への適用を図る。そのための将来の実用化に向けて基礎的な知見となる可能性が極めて高い成果であると考えられる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者はこれまで一貫して生産加工および材料加工分野に関する研究を行っており、その中で、近年は摩擦攪拌接合技術の接合ツールを中心とした研究テーマに取り組んでいる。これら一連の研究結果に関して、各種摩擦攪拌接合法の技術確立のための基礎的なデータ蓄積を念頭に研究を行っている。本研究においては、これまでの研究結果を基に、複合して利用する手法を

提案しており、特に、応用的に利用するための新たな知見が得られたことから、摩擦攪拌接合を用いた生産技術に新たな可能性を与える内容であると考えられる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

溶接学会全国大会講演概要第112集, pp.96-97



溶接学会全国大会講演概要第113集, pp.310-311



7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

該当なし。

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし。

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 近畿大学工学部(キンキダイガクコウガクブ)

住 所: 〒739-2116

広島県東広島市高屋うめの辺1番

担 当 者: 教授 生田 明彦(イクタ アキヒコ)

担 当 部 署: 機械工学科(キカイコウガクカ)

E - m a i l: aikuta@hiro.kindai.ac.jp

U R L: <https://seisankakou.sub.jp/>