

軽金属と樹脂の熱圧着接合に関する研究

デジタルものづくり課 本多直生、山本貴文 機能素材加工課 柿内茂樹

1. 緒言

近年、輸送用機器分野では燃費向上のために軽量化が必要不可欠な課題となっており、構造体の軽量化に向けて、鉄鋼材料より軽量の軽金属材料や樹脂材料、樹脂と繊維の複合材料などの併用が求められる。仮に、金属部品を軽量化目的のために同寸法で樹脂に置き換えると、比強度は向上するものの強度は低下する。そのため、軽量化と強度のバランスを図るために軽金属材料と樹脂材料を効果的に組み合わせたマルチマテリアルを目指す必要があるが、この場合に金属と樹脂の接合が課題となる。

本研究ではアルミニウム合金と熱可塑性樹脂を用いた摩擦攪拌点接合において、接合条件の検討と接合条件による接合状態の違いについて調査した。

2. 実験方法

2.1 供試材

アルミニウム合金は、A6061 合金を使用した。またアルミの接合面については 80 番のサンドペーパーで研磨した。熱可塑性樹脂は、東レプラスチック精工株式会社製の PPS 樹脂板 (TPS-PPS (NC)-SC) を使用した。板寸法は共に板厚 2mm×幅 30mm×長さ 100mm である。

2.2 試験および評価方法

Fig. 1 に接合の模式図を示す。板材 30mm×30mm の重ね部分を上から穴の開いたブロックで押さえ、穴の部分にツールをアルミ側から挿入して摩擦攪拌点接合させた。使用ツールの材質は SKD61、形状は直径 10mm でプローブ無しのものである。接合条件について、ツールの回転数 (以下 S) は 1200、2000rpm、垂直方向へのツールの送り速度 (以下 F) は 6、12mm/min、ツールの押し込み量は機械指示で 0.4mm とした。接合部の評価は断面観察、引張せん断試験実施後の破壊形態の観察を行った。

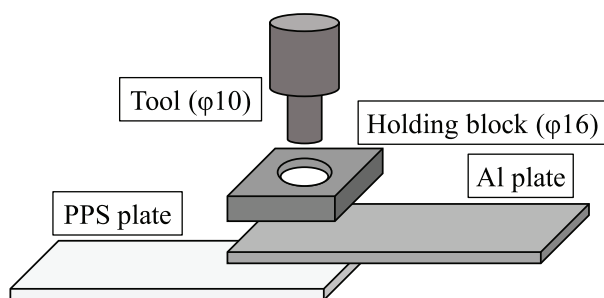


Fig. 1 Schematic diagram of joining test

3. 実験結果および考察

Fig. 2 に、S と F の違いによる引張せん断試験実施後の破壊形態の結果を示す。結果として、アルミ表面に樹脂が僅かに残る破壊 (Mode A) と樹脂側の母材破壊 (Mode B) に分かれた。Fig. 3 は条件①から④の接合部中央アルミ部の断面写真を示す。Fig. 4 には破壊面の様子を示す。

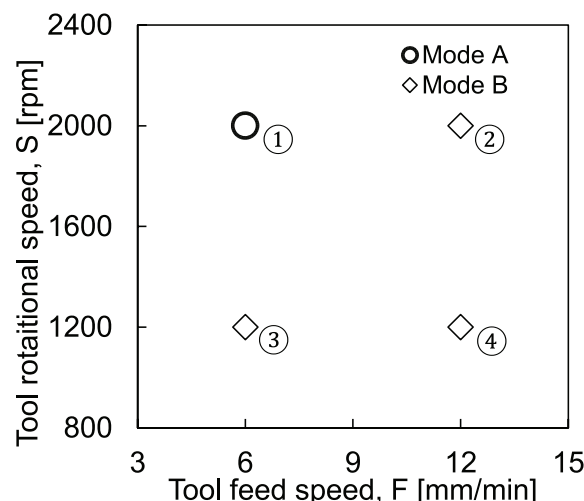


Fig. 2 The effect of tool feed speed and tool rotational speed on Al (polishing with #80 sandpaper)/PPS joint

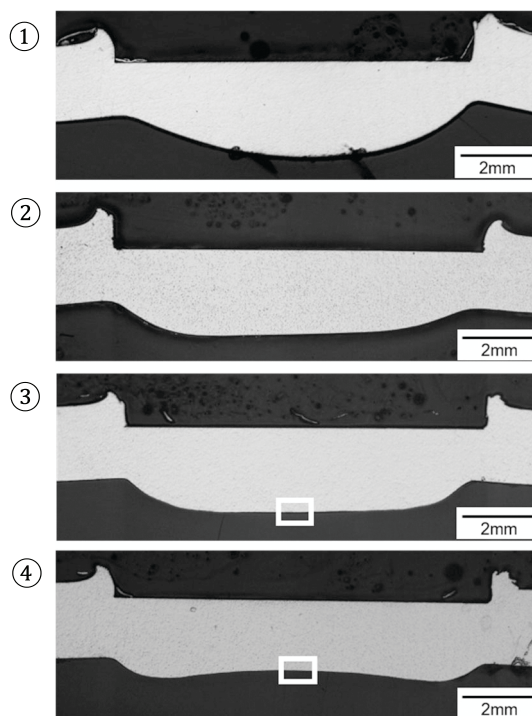


Fig. 3 Cross-sectional images of the joints

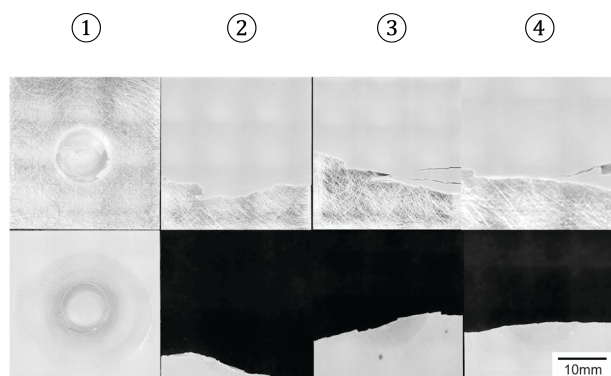


Fig. 4 Fracture surface image of the joints after tensile shear testing

本研究ではいずれの条件についても、接合が可能であることを確認できた。これは、アルミ表面をサンドペーパーで粗面化処理することによって形成されたアンカー部分に、ツールの摩擦熱と加圧によって軟化した樹脂が入り込み、圧着が行われたと考えられる。

次に条件①と他の条件を比較すると、破壊形態が異なり、条件①は接合強度が弱いことが確認できる。Fig. 3 の接合部の断面を観察すると条件①、②は条件③、④に比べアルミが樹脂に円状に食い込んでいることが分かる。これは回転数の増加により入熱量が大きくなり、結果として界面部分の樹脂が過度に軟化し、接合界面部にかかる圧力が逃げてしまったためと考えられる。このことから条件①、②は条件③、④に比べて熱圧着の際に十分に加圧しきれていないことが考えられる。

また Fig. 5 には同じ破壊形態を示した条件③および④について、Fig. 3 の接合部中央の界面部(白枠)を高倍率で観察した画像を示す。

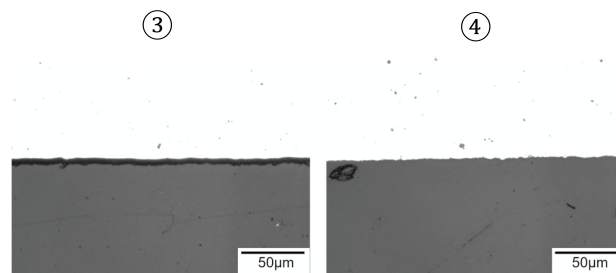


Fig. 5 Cross-sectional images of the center of the joints

条件③についてはアルミと樹脂の間に隙間が確認できる。これはツールの垂直方向への送りが遅いため、熱量が過剰に加わり、樹脂が軟化しすぎた結果、垂直方向への接合界面部にかかる圧力が下がり、圧着が不十分になったと考えられる。このことから、条件①と②を比較した際にも、送り速度が遅い条件①で同様の現象が発生し、接合強度が低下し、条件①の破壊形態に違いが生じたと考えられる。

4. 結言

本研究では、A6061 合金と PPS の摩擦攪拌点接合における接合条件の検討を行った。その結果、アルミの樹脂接触面側に物理的なアンカーを付与することで、ツールによる摩擦熱と加圧により、樹脂をアルミへ圧着できることを確認した。また、ツールの回転数と垂直方向への送り速度により材料への入熱量と加圧力が変化し接合の状態に影響を与え、破壊の形態が変化することを確認した。

今後は点接合だけではなく、線接合での熱圧着接合における接合条件の検討も進めていく予定である。

キーワード：アンカー効果、熱圧着接合、異材接合、摩擦攪拌点接合

Study on Thermal Press Joining of Light Metals and Resin

Digital Manufacturing Section; Naoki HONDA, Takafumi YAMAMOTO and
Functional Material Processing Section; Shigeki KAKIUCHI

In this study, the joining conditions of A6061 alloy and PPS, including frictional heat and press joining using a cylindrical tool, were investigated. It was confirmed that by applying a physical anchor to the resin-contact side of the aluminum, the melted resin could be pressed onto the aluminum due to the frictional heat and pressure from the tool. Additionally, it was observed that the heat input to the material and the applied pressure were influenced by the tool's rotational speed and vertical feed rate, which affected the joining conditions and altered the failure modes.