

自動車の軽量化を実現するために必要な 新接合プロセスの開発 (第4報)

次世代自動車用ドアへの摩擦アンカー接合の適用

坂村 勝, 山本 健, 大田 耕平^{*1}, 大石 郁^{*1}

Development of Joining Process for Vehicle Weight Saving IV

Friction Anchor Joining Applied for Next-Generation Vehicle Doors

SAKAMURA Masaru, YAMAMOTO Ken, OHTA Kohei^{*1} and OHISHI Kaoru^{*1}

We have proposed a novel spot joining process "Friction Anchor Joining" for dissimilar metal lap joints using a tool with a spherical ceramic tip. In this report, the friction anchor joining process was applied to a lap joint of Al alloy (A5052; 1mmt), steel (SPCC; 0.6mmt) and Al alloy (A5052; 1mmt). The joining process only between the upper A5052 sheet and the middle SPCC sheet deforms the lower A5052 sheet, which is required to keep a smooth surface. In order to reduce the deformation, the effects of the backing plate were investigated. Consequently, a plate with poor heat conductivity and with hardness of over HV 100 successfully reduced the deformation of the lower sheet.

筆者らは、先端が球面セラミックスのツールを用いる異材点接合技術である摩擦アンカー接合を提案中である。本研究では、A5052 (1 mm 厚) / SPCC (0.6 mm 厚) / A5052 (1 mm 厚) の重ね継手の上2枚を摩擦アンカー接合によって点接合し、最下材であるA5052に発生する膨らみが裏当材によってどう変化するかについて実験を行った。その結果、裏当材として、熱伝導率が低く、硬さが概ねHV100以上の材料を用いると、最下材A5052に発生する膨らみを低減できることが分かった。

キーワード：摩擦アンカー接合，異材接合，鋼板，アルミニウム合金，自動車

1. 緒 言

輸送機器の軽量化対策のひとつとして、アルミニウム合金/鋼のハイブリッド構造が検討されており、アルミニウム合金と鋼の異種金属接合への要望が高まっている。現在、アルミニウム合金と鋼の異材接合については抵抗スポット溶接、レーザ溶接やリベットなど様々な接合^{1)~3)}が検討されているが、コストや汎用性などの点から摩擦攪拌点接合が注目を集めている^{4)~6)}。摩擦攪拌点接合の特徴として、抵抗スポット溶接と比較した場合、接合時の1打点当たりの単価を1/5に抑えられること⁷⁾、ヒュームやスパッタなどが発生せず作業環境が良いこと⁸⁾などが挙げられている。一方、課題として、接合ツールが高価であること、ツールの耐久性が低いこと、接合時の品質管理が確立されていないことなどがある。接合ツールの耐久性を向上させる手段として、プローブなしの接合ツールを用いて上板のアルミニウム合金のみを攪拌することにより接合する研究が多く発表されているが^{9), 10)}、供試体を3枚以上重ねた接合には適用できな

いなどの問題がある。これに対して、著者らは先端が球面の接合ツールを回転させながら下板の鋼側まで押し込み、下板の鋼板からなる突起部を上板のアルミニウム合金側へ形成することによって、その突起部のアンカー効果により接合する方法を考案し^{11)~13)}、“摩擦アンカー接合”という名称で特許出願した¹⁴⁾。本手法は、原理的には3枚重ねの異材継手の点接合^{15), 16)}やシーラ剤を挟んだ条件での接合が可能である。しかし、図1に示すような自動車用ドアのへム部への適用を想定した場合、接合部裏側にできる接合痕が問題となる可能性がある。そこで、本研究では本接合法を自動車用ドアのへム部に適用すべく、接合条件と接合痕の相関を明確にすることに取り組んだ。

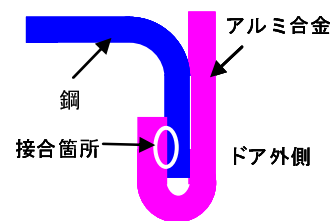


図1 軽量化自動車ドアへム部模式図

2. 実験方法

供試材としては、110mm×80mm×1 mm の A5052 と 110mm

^{*1} 西部工業技術センター

×80mm×0.6mm の SPCC を用いた。供試材を、図 2 に示すように、上から A5052, SPCC, A5052 の順に重ね、先端に窒化珪素球を埋め込んだ接合ツールを用いて最上材の A5052 と SPCC の

接合ツールは、図 3 に示すように、先端の球径がφ5mm で鋼製ホルダーからの突出量は 1.5mm とし、鋼製ホルダーの先端 R を R7 とした。接合は、図 4 に示すように、エアシリンダ上にセットした試料を回転する接合ツールに押込むことで実施した。使用したエアシリンダは最大 12kN の垂直荷重を発生させることができる。接合条件は、ツール回転数 1500rpm、押込量 1.6mm、接合時間 2.5 秒とし、シールドガスは用いなかった。なお、本実験での接合時間はエアシリンダにエアを供給している時間を意味する。裏当材として超硬合金、各種アルミニウム合金 (A1050, A2017, A5052, A6061, A7075)、銅 (C1020)、アルミナ、窒化珪素を用い、得られた被接合材の接合裏の膨らみはレーザ変位計を用いて測定した。ツール回転数、押込量等の接合条件を変化させても接合裏膨らみ量は大きく変化しなかったため、上記条件で一連の実験を実施した。

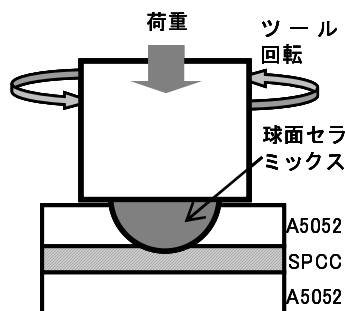


図 2 接合概略図

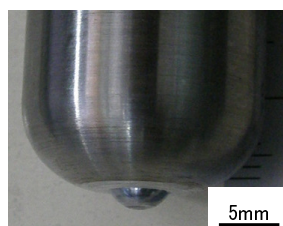
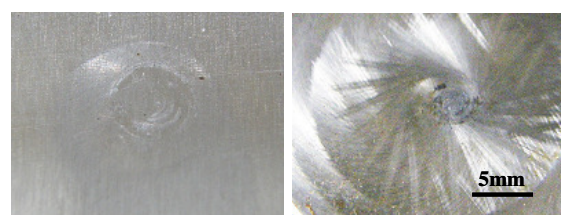
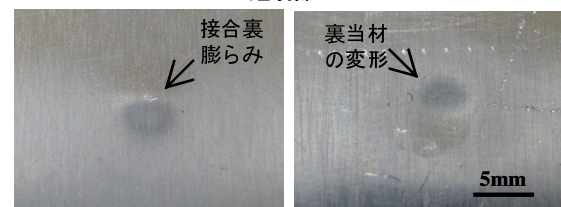


図 3 接合ツール外観写真



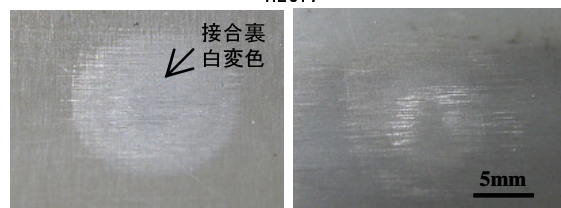
超硬合金



A1050



A2017



窒化珪素

図 5 接合部裏側（左側）及び裏当材（右側）外観写真

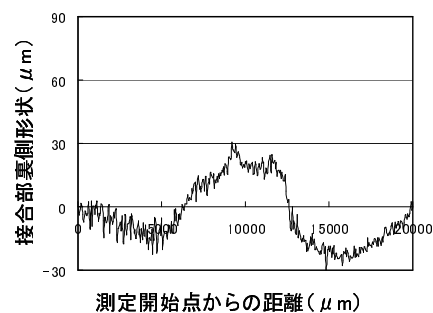


図 6 接合部裏側の形状（裏当：超硬合金）

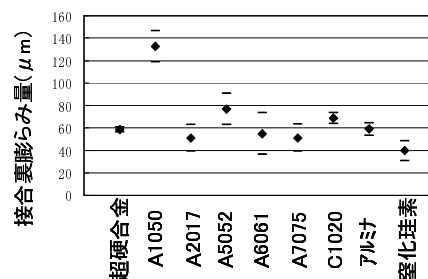


図 7 裏当材と接合裏膨らみ量との相関

3. 結果及び考察

3.1 接合裏膨らみ量への裏当材材質の影響

図 5 に裏当材として超硬合金、A1050, A2017, 窒化珪素を用いた場合の接合材裏側及び裏当材の外観写真を、図 6 には裏当材として超硬合金を用いた場合の接合裏形

状測定結果を示す。ここで、接合裏プロファイルの最上点と最下点の差を接合裏膨らみ量と定義し、図 7 に裏当材の種類と接合裏膨らみ量の相関を示す。窒化珪素の場

合は膨らみ量は少ないものの、白っぽく変色していることが分かる。また、低硬度の A1050 は膨らみが非常に大きくなったが、これは、裏当材そのものが変形したことに起因している。

3.2 材料温度と接合裏膨らみ量の相関

最下材の A5052 と裏当材の間に熱電対を挿入し、接合時の温度を測定した。図 8 に裏当材の熱伝導率と最高到達温度の相関を示す。なお、熱伝導率は文献値を用いた。図より熱伝導率が高いほど、最高到達温度は低くなるという妥当な結果が得られた。次に、図 9 に最高到達温度と接合裏膨らみ量の相関を示す。図より、最高到達温度が高いほど接合裏膨らみ量は低減する傾向にあることが分かる。つまり、接合裏の膨らみを低減するためには、最下材である A5052 をより高温にする必要があり、そのためには裏当材として熱伝導率の低い材料を用いること

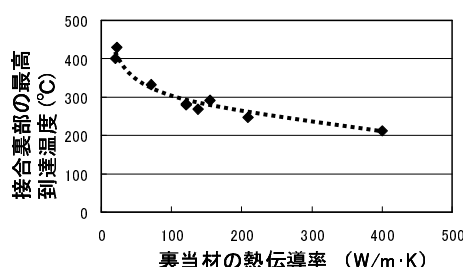


図 8 裏当材の熱伝導率と接合裏部の最高到達温度の相関

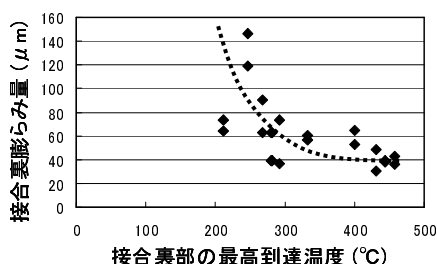


図 9 接合裏部の最高到達温度と接合裏膨らみ量の相関

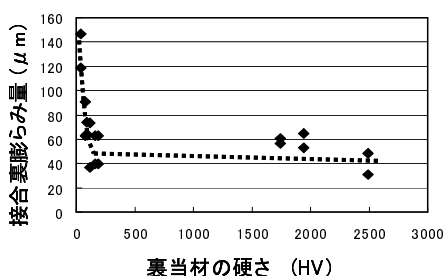


図 10 裏当材の硬さと接合裏膨らみ量の相関

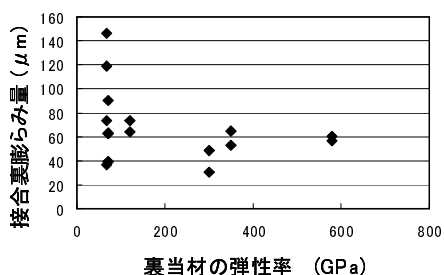


図 11 裏当材の弾性率と接合裏膨らみ量の相関

が好ましいと言える。

3.3 裏当材物性と接合裏膨らみ量の相関

図 10、図 11 に、裏当材の硬さと接合裏膨らみ量、裏当材の弾性率と接合裏膨らみ量の相関をそれぞれ示す。図 10 より、接合裏の膨らみを抑制するためには裏当材の硬さは概ね HV100 以上は必要であると言える。また、横山らが鋼/鋼の重ね摩擦攪拌点接合において低弾性率材の裏当材としての使用が接合裏の膨らみ抑制に効果的である¹⁷⁾としていたが、今回の実験からは、図 11 に示すように、その効果を確認できなかった。

4. 結 言

本研究では、A5052/SPCC/A5052 の重ね継手の上 2 枚を摩擦アンカー接合によって点接合し、最下材である A5052 に発生する膨らみが裏当材によってどう変化するかについて実験を行った。その結果、裏当材として、熱伝導率が低く、硬さが概ね HV100 以上の材料を用いると、最下材 A5052 に発生する膨らみを低減できることが分かった。

なお、本研究は大阪大学接合科学研究所共同研究員制度を利用して行った。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、多大なご協力を頂きました(株)ヒロテックに深謝いたします。

文 献

- 1) 武田美佳子ほか 3 名：神戸製鋼技法，57 (2)，69 (2007)。
- 2) 崎山達也ほか 6 名：新日鉄技報，393，91 (2012)。
- 3) Y. Abe, T. Kato, K. Mori: Journal of Materials Processing Technology, 209, 3914 (2009)。
- 4) 青田欣也，池内健二：溶接学会論文集，26，54 (2008)。
- 5) 立野高寛ほか 4 名：溶接学会全国大会講演概要集，79，58 (2006)。
- 6) 大橋良司，藤本光生：溶接学会全国大会講演概要集，82，66 (2008)。
- 7) http://www.khi.co.jp/robot/robotnewsite%20f/robotnewsite/fsj/fsj_news-site-f/fsj-site/f_mm03_00.html
- 8) 時末光：FSW の基礎と応用，日刊工業新聞社，2005，p. 166。
- 9) 田中晃二，熊谷正樹，吉田英雄：軽金属，56 (6)，317 (2006)。
- 10) 宮川堅ほか 3 名：溶接学会論文集，26 (1)，42 (2008)。

- 11) 大石郁, 坂村勝, 竹保義博: 広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター研究報告, **23**, 1 (2010).
- 12) 坂村勝ほか3名: 広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター研究報告, **24**, 1 (2011).
- 13) 坂村勝ほか4名: 溶接学会全国大会概要集, **87**, 248 (2010).
- 14) 大石郁, 坂村勝, 竹保義博: 特願 2011-033676 (2011).
- 15) 坂村勝, 大石郁, 大田耕平: 広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター研究報告, **25**, 1 (2012).
- 16) 大田耕平ほか4名: 溶接学会全国大会概要集, **89**, 226 (2011).
- 17) 横山毅士, 大橋良司, 藤本光生: 溶接学会全国大会概要集, **84**, 68 (2009).