

合金化溶融亜鉛めっき鋼と陽極酸化アルミニウムの 摩擦アンカー接合継手の機械的性質

坂村 勝, 松葉 朗, 大田 耕平, 船木 開^{*1}, 加藤 雅礼^{*1}, 深澤 孝幸^{*1}, 阿部 豊^{*1}, 藤井 英俊^{*2}

Mechanical Properties of Friction Anchor Welded Lap Joints of Galvannealed Steel and Anodized Aluminum

SAKAMURA Masaru, MATSUBA Akira, OTA Kohei, FUNAKI Kai^{*1}, KATO Masahiro^{*1}, FUKAZAWA Takayuki^{*1}, ABE Yutaka^{*1} and FUJII Hidetoshi^{*2}

摩擦アンカー接合をアルミニウム合金と合金化溶融亜鉛めっき鋼 (GA 鋼) に適用すると、鋼突起がひだ形状を呈し、高さが不十分で、鋼突起周辺に大量の化合物層が形成されるため、十分な接合強度が得られないという問題がある。この対策として、表面を陽極酸化処理したアルミニウム合金 (A1100) を用いて接合を試みた。その結果、陽極酸化処理を施した A1100 と GA 鋼の摩擦アンカー接合では、A5052 と GA 鋼の摩擦アンカー接合継手に比し鋼突起の高さ及び形状が改善され、金属間化合物の生成が抑制された。これによって、特に十字引張強度の大幅な低減を一定程度抑制することが可能であることが分かった。

キーワード：摩擦アンカー接合，亜鉛めっき鋼 (GA 鋼)，摩擦攪拌接合，陽極酸化

1. 緒 言

現在、自動車に利用されている鉄鋼材料は、防食のために亜鉛めっきが施されているものが数多く見受けられ、その中でも日本では合金化溶融亜鉛めっき鋼 (GA 鋼)¹⁾ が多用されている。

一方、筆者らは軟質金属と硬質金属の重ね点接合の手法として、先端が球面の接合ツールを用いる接合方法を考案し (以下、摩擦アンカー接合²⁾ と称す)、これまでアルミニウム合金と鋼の接合³⁻⁵⁾ 及びマグネシウム合金と鋼の接合⁶⁾ に適用して、特に本接合法で得られた継手の十字引張強度 (引き剥がし強度) が高いことを報告してきた。しかし、本手法をアルミニウム合金と合金化溶融亜鉛めっき鋼 (GA 鋼) の重ね継手に適用した際に、以下の現象が発生し十分な継手強度が得られないことが判明した⁷⁾。①A5052/SPCC の場合 (図 1) に比し鋼突起は高さが低くなり、ひだ形状を呈する。②鋼突起の周辺に

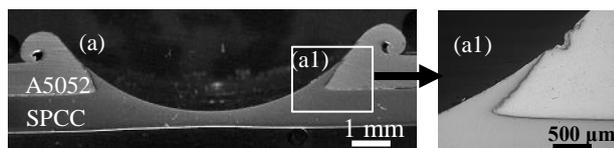


図 1 A5052/SPCC 接合材の断面マクロ及び光学顕微鏡写真 (押込量 1.5mm)

多量の化合物層が存在する (図 2)。これらの原因は、GA めっき膜とアルミニウムの直接接合であると考えている。そこで本研究では、この対策として、表面に陽極酸化被膜を有するアルミニウムと GA 鋼に摩擦アンカー接合を適用し、上記①、②の現象を抑制することを試みた。

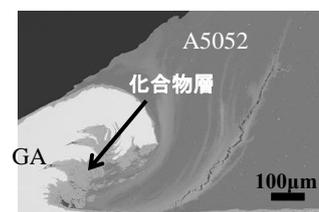


図 2 A5052/GA 接合材の断面 SEM 写真 (押込量 1.5 mm)

2. 実験方法

2.1 供試材料及び接合方法

供試材としては、表面に陽極酸化処理を施したアルミニウム合金 (厚さ 1.0mm, 被膜厚さ 10 μ m, 以下、陽極酸化 A1100 とする) と合金化溶融亜鉛めっき鋼 (厚さ 1.2mm, めっき厚さ 8 μ m, 以下 GA 鋼とする) を用いた。供試材の形状は、引張せん断試験用は 30mm \times 80mm, 十字引張試験用は 30mm \times 150mm とした。そして図 3 に示すように、上側に陽極酸化 A1100, 下側に GA 鋼として重ね、先端に窒化珪素球を埋め込んだ接合ツールを用いて、エアシリンダ上にセットした供試材を回転する接合ツールに押し込むことで接合した。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。接合ツールは、図 4 に示すように、先端の球径が ϕ 12.7mm で鋼製ホルダーからの突出量は 5mm とした。また接合条件は、ツール回

2018. 6. 30 受理 加工技術研究部

*1 東芝マテリアル株式会社

*2 大阪大学接合科学研究所

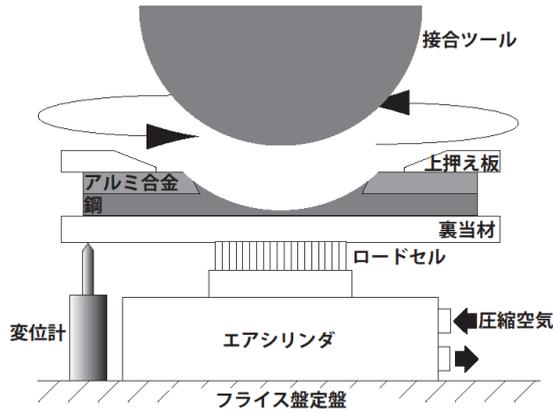


図3 摩擦アンカー接合用装置概略図

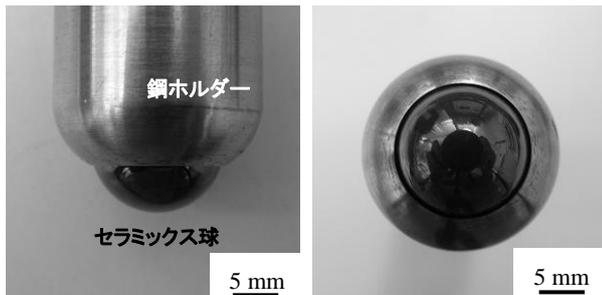


図4 摩擦アンカー接合用ツール外観

回転数 1500rpm, ツール押込量 1.1~1.8mm, 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。

2.2 接合材の断面評価及び接合強度測定

接合材の断面評価については, 切断及び研磨後, 日本電子(株)製走査型電子顕微鏡 JSM-6010LA (エネルギー分散型X線分析(EDS)装置付属)を用いて行った。強度試験として, JIS Z 3136にしたがって引張せん断試験を, JIS Z 3137にしたがって十字引張試験を(株)島津製作所製オートグラフ AG-10TB で引っ張って実施した。引張速度は 0.08mm/s とした。

3. 結果及び考察

3.1 接合部の断面

図5に, ツール押込量を 1.5mm として接合した材料の突起部近傍の断面 SEM 反射電子像を示す。図2の A5052/GA 接合材の突起部近傍と比較すると, 鋼突起の高さ, ひだ形状は改善され, 金属間化合物層生成は大幅に抑

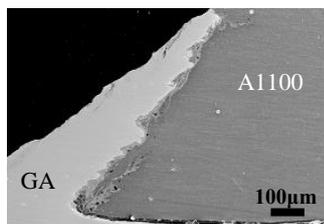


図5 陽極酸化 A1100/GA 接合材の断面 SEM 写真 (押込量 1.5 mm)

制されていることが分かる。

3.2 接合強度

図6にツール押込量と引張せん断強度及び十字引張強度の関係を示す。ツール押込量 1.8mm の条件で, 引張せん断強度は約 1.2kN, 十字引張強度は約 0.55kN に達している。また, 図7には A5052 と GA 鋼の接合強度評価結果を示す。ツール押込量 1.8mm の条件で, A5052 と GA 鋼の接合材では引張せん断強度約 2.6kN, 十字引張強度約 0.8kN であった。

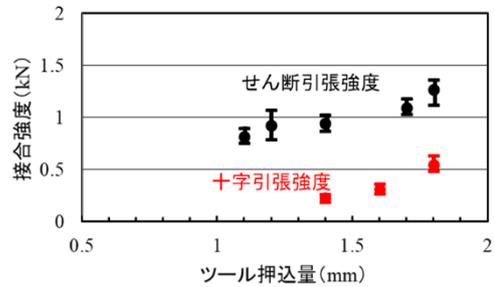


図6 陽極酸化 A1100/GA 接合材のツール押込量と接合強度の関係

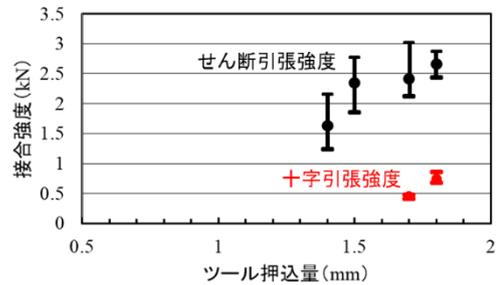


図7 A5052/GA 接合材のツール押込量と接合強度の関係

3.3 引張せん断強度と十字引張強度の比

今回の実験で用いた陽極酸化 A1100 と A5052 の引張試験を行ったところ, 引張強度は陽極酸化 A1100 は約 130MPa, A5052 は約 230MPa であった。このように陽極酸化 A1100 は, A5052 に比し母材強度が低位であるため, 得られた強度そのものの比較はできない。そこで, これ

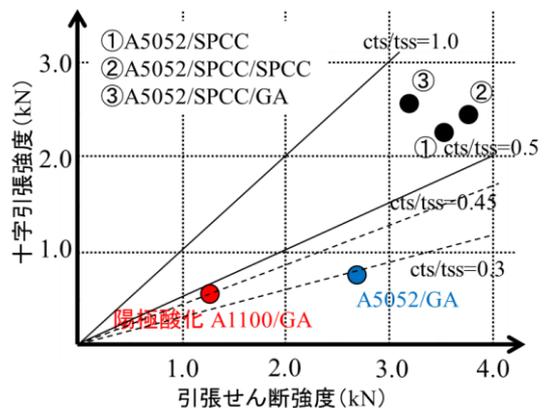


図8 各種摩擦アンカー接合継手の引張せん断強度と十字引張強度の関係

までに得られている摩擦アンカー接合継手の引張せん断強度と十字引張強度の比をグラフ化したものを図8に示す。鋼突起が図1に示すように球面ツールに沿って細く長く伸びた形状を呈した場合は、十字引張強度の引張せん断強度に対する比は0.6~0.8になることが分かる。これに対して、A5052/GA継手の場合は、その比が約0.3と非常に低位となっている。一方、今回得られた陽極酸化A1100/GA継手は約0.45となっている。これは、鋼突起の高さ及び形状が改善され、鋼突起近傍の金属間化合物生成が抑制されたことに起因するものと推定している。

4. 結 言

本研究では、摩擦アンカー接合を、陽極酸化処理を施した、板厚1.0mmのアルミニウム合金(A1100)と合金化溶融亜鉛めっき鋼(GA鋼)の2枚重ね継手に適用し、その断面と機械的性質を評価した。その結果、陽極酸化処理したA1100とGA鋼の摩擦アンカー接合では、A5052とGA鋼の摩擦アンカー接合継手に比し鋼突起の高さ及び形状が改善され、金属間化合物の生成が抑制された。これによって、特に十字引張強度の大幅な低減を一定程

度抑制することが可能であることが分かった。

本研究は大阪大学接合科学研究所共同研究員制度及び公益財団法人天田財団一般研究開発助成を利用して行った。

文 献

- 1) 松山欽一：溶接学会誌，**83**(8)，602 (2014)。
- 2) 大石郁，坂村勝，竹保義博：日本国特許第5854451号。
- 3) 大石郁ほか3名：溶接学会論文集，**32**(1)，1 (2014)。
- 4) 坂村勝ほか5名：軽金属溶接，**52**(12)，453 (2014)。
- 5) 坂村勝ほか4名：溶接学会論文集，**34**(2)，123 (2016)。
- 6) 大石郁ほか4名：広島県立総合技術研究所西部工業技術センター研究報告，**59**，21 (2016)。
- 7) 坂村勝ほか5名：溶接学会論文集，**34**(1)，8 (2016)。