

金属塩生成接合法による Al 合金の精密固相接合

1. はじめに

国際的な地球環境保全への意識の高まりにより、さまざまな構造体の省エネルギー・高効率化が求められている。中でも自動車を始めとする輸送機械の軽量化は強く望まれている。そこで、比強度に優れるアルミニウム合金どうしや耐食性・耐熱性に優れるステンレス鋼との直接接合が注目されている。しかしながら、主としてアルミニウム合金表面に形成される酸化皮膜や加工層が接合阻害因子となり、直接接合は困難とされてきた⁽¹⁾。本稿では、これまで検討してきた金属塩生成接合法について概説するとともに、アルミニウム合金どうし、およびステンレス鋼との接合例について紹介する。

2. 金属塩生成接合法とは

近年、溶融接合とは異なる固相接合現象を利用した接合法が提案され、一部実用化が進んでいる。たとえば、表面活性化接合と呼ばれる接合プロセスがあり、超高真空中で接合面の清浄化に高周波プラズマを照射し、表面清浄化後にそのまま接合する方法である。また、高周波プラズマにより酸化物をフッ化物に変化させて接合する方法、すなわち表面改質後に接合する方法も検討されてきた。著者らも以前の研究で、Sn どのりの固相接合強度に対するハロゲン化物への改質効果について検討し、低温プロセスでありながら高い接合強度を有する接合部が得られることを明らかにしてきた⁽²⁾。しかしながら、これらのプロセスは高額かつ適用範囲に制限があり、ハロゲンを含むため、新たなイノベーションが必要となっていた。

そこで著者らは、環境調和型の有機酸を用いた表面改質法について検討してきた。一般にアルミニウムを始めとする非鉄金属材料やステンレス鋼などの鉄鋼材料は、各種有機酸に曝露することで金属塩を生成することが知られている。またその金属塩皮膜は、加熱することにより低温で熱分解し、金属面を露出させる効果を有していることが明らかとなった。これらの金属塩の諸性質を低温固相接合に利用しようとしたのがわれわれの検討している金属

塩生成接合法 (Metal Salt Generation Bonding) である。

3. 接合部への適用事例

図 1 にアルミニウム合金どうしを大気中で固相接合した場合の、界面強度に及ぼす表面改質処理の影響を示す。なお接合変形量とは、荷重方向の接合後の変形量を表している。この図から、アルミニウム合金表面の酸化皮膜をアルカリ水溶液で除去することで、界面強度が上昇することがわかった。さらに、ギ酸を用いて接合表面にアルミニウムのギ酸塩皮膜を形成し、接合中の加熱により熱分解を生じさせることで、より低温から界面強度が上昇することがわかった。

図 2 にアルミニウム合金と SUS304 ステンレス鋼を低真空中で固相接合した場合の、界面強度に及ぼす表面改質処理効果を示す。この図から、ステンレス鋼側が機械研磨仕上げしたままであっても、アルミニウム表面側の酸化皮膜を低温で熱分解を生じるギ酸塩に置換するのみで、低変形量でありながら、高強度を有する継手が得られることがわかった。

図 3 にアルミニウム合金表面をアルカリ水溶液に浸漬後、ギ酸中で煮沸した場合の表面分析結果 (FT-IR による) を示す。この図から、処理を施すことで酸化皮膜が減少し、アルミニウムのギ酸塩皮膜が形成されていることが確認された。ここで、アルミニウムのギ酸塩は 693K 近傍で脱水・吸熱反応を生じることで、各種ガスや微粒子状の Al_2O_3 を生成することが知られている。したがって接合中の接合表面は、本反応によりアルミニウムの金属面が露出していたものと推察され、これが接合強度向上に寄与していたものと考えられる。

なお、アルミニウムの接合相手材として、銅、チタンおよびマグネシウム等についても同様の効果が得られることを確認している。また本稿では、ギ酸を用いた検討例について示してきたが、金属の種類によっては酢酸やクエン酸といったより環境にやさしい有機酸を用いた場合の方が高い改質効果を有している場合もあった。

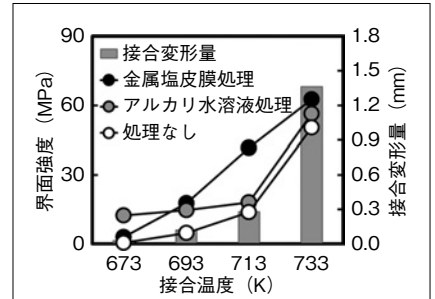


図 1 Al 合金の固相接合例

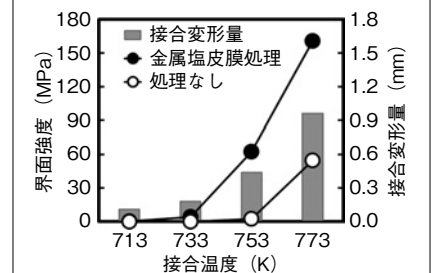


図 2 Al 合金/SUS304 の固相接合例

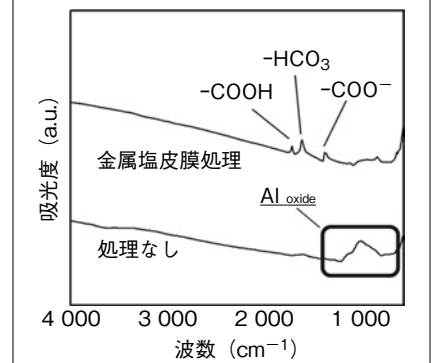


図 3 改質表面の FT-IR 測定結果

4. おわりに

本稿では、金属塩生成接合法による固相接合の低温・低変形量化について紹介した。本接合法は、ろう材等を用いない直接固相接合であることから、精密組立接合技術への展開を進めていく予定である。

(原稿受付 2015 年 1 月 6 日)

[小山真司 群馬大学]

●文献

- (1) Koyama, S., Ting, S.K., Amari, S., Matsu-
bara, K. and Shohji, I., Effect of Surface
Modification by Aqueous NaOH Solution on
Bond Strength of Solid-State Bonded
Interface of Al, *Materials Transactions*, **54**
(2013), 1975-1980.
- (2) 小山真司, 錫/錫圧接界面強度に及ぼすフッ
化水素酸によるハロゲン化処理の影響, 日
本機械学会論文集, **76-769, A** (2010),
91-98.