

構造材料の精密・低温接合に向けた 金属塩被膜付与インサート材の創製

小山 真司

群馬大学 大学院 理工学府 機能創製部門

1 研究背景

近年、地球環境保全の意識の高まりにより、様々な構造体の省エネルギー・高効率化が求められている。アルミニウムは鉄に比べて比重が3分の1程度と軽量であり、輸送機械等の軽量化のために多用されている。また、耐食性や耐熱性に優れており、高い比強度を有するチタンも適用箇所の拡大が進んでいる。

これまでの研究で、金属表面の酸化皮膜は有機酸中での煮沸により金属塩に置換され、接合中の加熱による熱分解で金属面が露出し、他の接合法に比べ低温で固相接合、あるいは、ぬれ性の向上が期待できることが分かった。そこで本研究では、アルミニウム合金どうしの接合部に対して接合界面近傍のみ液相を形成することで、酸化皮膜を浮遊除去することを目的として、アルミニウムとの間で低温の共晶点を有する金属塩被膜付与Znシートを接合界面に挿入し、接合強度への影響を調査した。さらにチタンどうしの接合部に対する金属塩被膜付与Alシートの創製を試み、継手性能に及ぼす金属塩被膜付与条件の最適化を実施した。

2 研究方法

アルミニウムどうしの接合試験には、直径10mmで高さ20mmのA5052製丸棒試験片を準備し、接合面は加工層の除去を目的として電解研磨により仕上げた。Znシートの金属塩被膜処理は、煮沸させたギ酸中に所定時間、Znシートを浸漬することで行った。

一方、チタンどうしの接合試験には、直径10mmで高さ20mmの純チタン製丸棒と厚さ5mmの板状試験片を準備し、エメリー紙(#4000)による機械研磨により仕上げた。Alシート(厚さ0.5mm)の金属塩被膜処理は、沸騰させたアルカリ水溶液に続いてギ酸中に浸漬することで行った。

接合は、アルミニウムどうしあるいはチタンどうしの接合界面に金属塩被膜処理を施したZnシートあるいはAl

シートを挿入し、窒素ガス中にて、接合圧力12MPa、接合時間15minで一定とし、接合温度を変化させて行った。

3 研究成果

3.1 アルミニウム合金どうしの精密接合

継手の接合強度に及ぼすZnシート厚さおよび接合温度の影響を図1に示す。なお、図中には、Znシートを適用しなかった場合及び金属塩被膜処理を施さなかった場合も示している。この図から、どちらの接合温度においても厚さ0.8mm以上のZnシートを接合界面に挿入することで継手の接合強度が向上し、金属塩被膜処理を施すことで、接合強度が大幅に向上することが明らかと

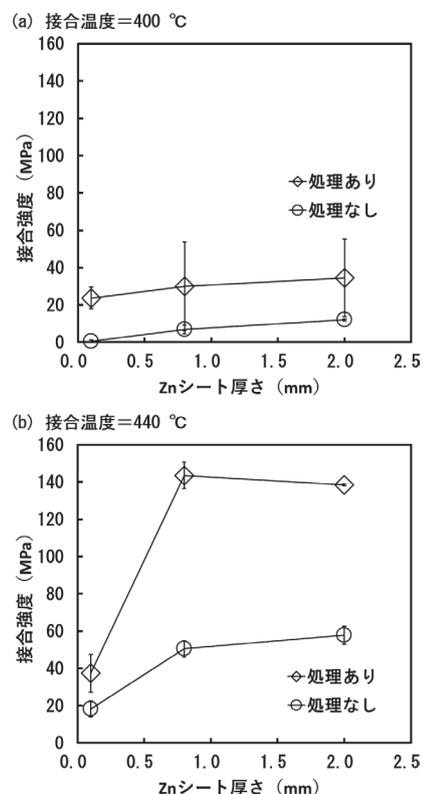


図1 アルミニウム合金の接合強度に及ぼす金属塩被膜付与Znシートの適用効果と接合温度の影響

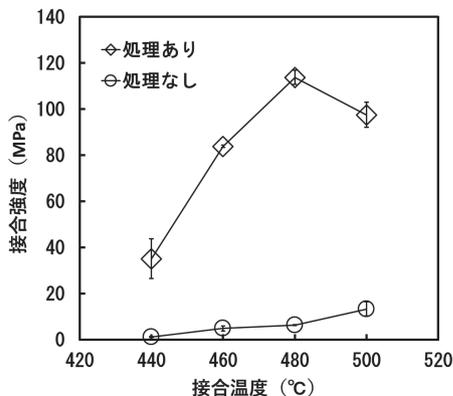


図2 チタンの接合強度に及ぼす金属塩被膜付与Alシートの適用効果と接合温度の影響

なった。また、接合温度を400℃から440℃に上昇させることで、継手の接合強度が2倍以上増加することが分かった。

ここで、ZnとAlは約381℃で共晶反応を生じ、Zn自身は約420℃で融点に達することで、接合部には液相が形成される。したがって、金属塩被膜処理を施したZnシートを適用することで、接合界面近傍には比較的少量の酸化物が浮遊した液相で満たされ、接合界面の巨視的かつ高強度を有した密着化が達成された結果、接合強度が大きく向上したものと推察される。

3.2 チタンどうしの精密接合

継手の接合強度に及ぼす金属塩被膜処理の適用効果および接合温度の影響を図2に示す。なお、図中には、金属塩被膜処理を施さなかった場合についても示している。この図から、金属塩被膜処理を施さなかった場合に比べて、接合強度が最大で90MPa増加することが明らかとなった。しかしながら、接合温度を500℃に上昇させると、接合強度は低下した。

したがって、金属塩被膜処理を施したAlシートを適用することで、接合過程の初期からTi母相と反応を開始できたため、継手性能が大幅に改善されたものと考えられる。しかしながら接合温度を500℃とすることで、接合界面にAlとTiからなる脆弱な金属間化合物が形成されたため、接合強度が低下したものと推察される。なお、この考察結果は、破面のミクロ観察で滑らかな破断形態が観察され、X線回折においても金属間化合物が検出されたことから裏付けられている。

3.3 被膜処理表面の生成物解析

Znはギ酸に浸漬することで、Znの金属塩であるZn(OH)(OOCH)を生成することが知られている。図3のフーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) 測定の結果、Zn

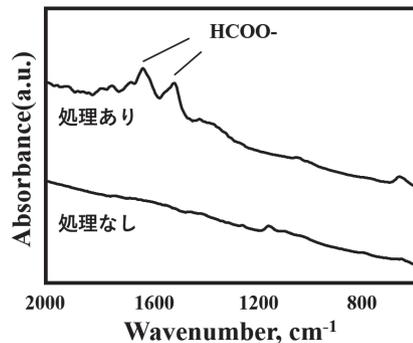


図3 処理前後のZnシート表面のFT-IR測定結果

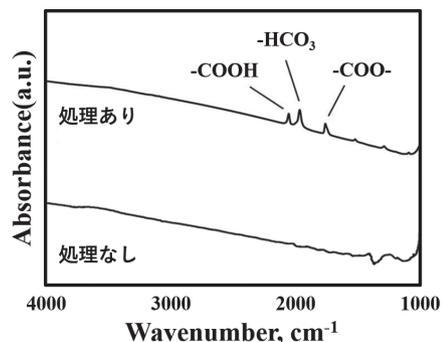


図4 処理前後のAlシート表面のFT-IR測定結果

のギ酸塩の生成が確認された。一方でAlは、アルカリ水溶液に続いてギ酸に浸漬することで、Alの金属塩であるAl(O₂CH)₃・3H₂Oを生成することが知られている。図4のFT-IR測定の結果、Alのギ酸塩の生成が確認された。

ここでZnおよびAlのギ酸塩は、290℃および340℃近傍から熱分解することが知られている。したがって、接合中の加熱により金属塩被膜が熱分解することで金属面が露出し、接合相手材との反応が接合過程の初期から開始された結果、より高強度を有した継手が形成できたものと考えられる。

4 今後の展望

金属塩被膜処理効果の持続性試験および持続性を有する処理方法の検討を進めることで、より実用的なインサート材の開発を行う予定である。また、本報告では、シート状のインサート材について紹介したが、Cuを中心として既にパウダー状のインサート材についても検討を開始している。よって、処理方法を液中処理からドライプロセスに変更することで、任意箇所への金属塩被膜処理の適用を試みたいと考えている。さらに、非鉄金属材料のみならず、金属塩被膜処理を各種鉄鋼材料の精密接合部にも拡張することで、幅広いニーズに応えられるように研究を進める予定である。