

アルミニウム合金用接着接合下地 ——TAF AD 処理と樹脂との接着性評価——

東栄電化工業株式会社相模原工場 第1事業部技術課

要旨 アルミニウムと樹脂の接着接合の需要はとどまることなく、今後も軽量化・コストダウン・生産性向上の観点から、ますます増加の一途をたどるであろう。その手法についてもあらゆる分野で研究対象となっており、中でもアルミニウム表面の構造的・化学的改質は接着と切り離せない技術である。「TAF AD 処理」は従来の下地処理と比較して高い信頼性を保ち、環境負荷の低減やリードタイムの自由化を可能にできる下地用特殊陽極酸化処理であり、様々な用途へ実用拡大が期待されている。

キーワード アルミニウム、接着、接合、下地、陽極酸化処理、アルマイト、化成皮膜処理、クロムフリー、重金属フリー、接着剤フリー、長期信頼性、複合材料

1. 接着について

接着には糊付けのイメージがあり、低強度の接合法とされているケースが多い。確かに応力で比較すると溶接に及ぶべくもないが、接合面積が稼げる箇所では高い強度を発揮できる。接着は基本的に面接合であり、疲労強度の大幅な向上が期待できる。接着剤を用いる接着法は、溶接などでは不可能な材料や異種金属の接合が可能であり、接合時に高温を必要としないなどの特性を有する。

2. アルミニウム－樹脂の接着接合

アルミニウム・樹脂接合系が対象となる用途・技術分野は非常に多岐にわたる。①家電、建材、鉄道車両などにおける美観・素材保護のための塗装、②自動車、航空機、電機、建材、スポーツ用品における構造接着、③包装材料における金属蒸着・ラミネート、④印刷分野におけるPS版の樹脂被覆、⑤電子工業における配線の層間絶縁膜の形成などがある。構造の軽量化、接合部の強度・信頼性向上、生産性の向上、コストダウンなどの用途に使用される場合が多い。金属材料の接合方法の長所・短所について表1に示すように、接着接合は軽量化、省エネルギー化、自動化、工程の短縮および短時間接着などの要求から増加している。特に、アルミニウム合金の接着は軽量化による燃費向上のために航空機、自動車、鉄道車両などでは必要不

可欠となった。これらは優れた接着強さと過酷な使用条件に耐える接着耐久性が要求される。アルミニウムの接着耐久性は接着界面の耐湿性に依存するが、被着材の表面にも大きく影響されるので、被着材(アルミニウム)の表面処理が重要な鍵となる。例えばアルミニウムに塗装する場合、表面処理なしではほとんどの塗料で問題を生じてしまう。

表1. 各種接合技術の利点と欠点

手法	利点	欠点
ねじ・ボルト	作業が容易 取り外しが容易 異種材質の接合	平坦性が悪い 穴あけ加工が必要 薄板には不向き
リベット・カシメ	作業が容易 異種材質の接合	平坦性が悪い 穴あけ加工が必要
溶接	接合強さが大	高温が必要 歪みの発生が大
はんだ付け	作業が容易 導電性	高温が必要 フラックスが必要
接着	異種材料の接合 低温での作業が可能 応力の分散が可能 気密性の確保が可能 絶縁性	耐熱性の限界 取り外しが困難 硬化に時間が必要

3. 下地処理と密着強さ試験

この下地処理としては、各種化成処理や陽極酸化処理(アルマイト処理)などが多く行われてきた。近年、こうした下地処理技術に対して、複合材料の信頼性向上やアルミニウムと組み合わせる材料の多様化、そして接着プロセスの環境負荷低減などを求める声が高まっている。こうした技術的・社会的課題に対応するために開発された下地処理が「TAF AD 処理¹⁾」である。TAF AD 処理で得られた皮膜は厚さ1 μm 程度の陽極酸化処理皮膜の一種であり、接着下地用に設計された特殊な皮膜構造をもつ。この TAF AD 処理は、ロボット・電子機器・半導体製造装置などの分野で使用・検討が進められており、特に高性能プリント配線基板には、良好な放熱性および絶縁層との密着に対する高信頼性から多く採用されている。本稿では、TAF AD 処理されたアルミニウム合金表面の高い密着性について述べる。

①90° 引剥がし密着強さ試験

(1) 供試料として、A1100-H24 材を使用し、表面処理はクロム酸化皮膜処理(クロメート)、硫酸陽極酸化処理(一般アルマイト)、TAF AD 処理の3種を行った。

(2) それぞれの皮膜上に厚さ 100 μm のエポキシ樹脂

を加圧成形により、樹脂層厚 10mm まで積層したのち、90° 方向に引剥がし密着強さ(ピール強度)の測定を行った。(図 1)

(3) また、硫酸陽極酸化皮膜は 100°C 以上の加熱によりクラックが発生することはよく知られているが、TAF AD の加熱の影響を調査するために 150°C × 30min で加熱した試料についても引剥がし密着強さの測定を行った。

(4) 密着強さ測定後の試料表面へのエポキシ樹脂の残存程度を赤外分光光度計により調査した。

試料の各種皮膜厚さ及び上記試験結果を表 2 に記す。

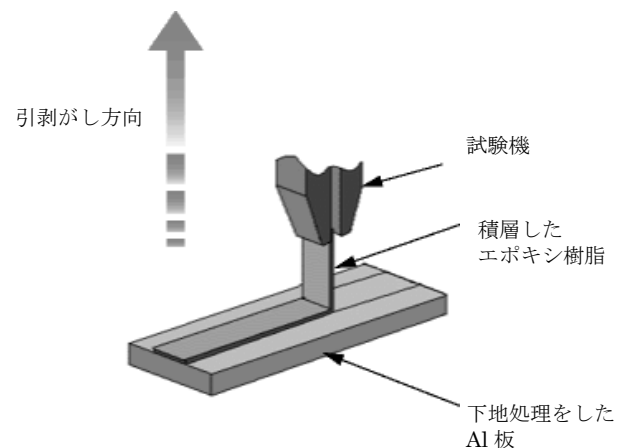


図 1. 90° 引剥がし密着強さ試験の方法

表 2. 各種皮膜厚さと引剥がし密着強さ試験結果

	皮膜厚さ [μm]	密着強さ [kgf/cm]		引剥がし試験後の 樹脂の残存度	
		常態	150°C 雰囲気 30 分間保持後		
クロム酸化皮膜処理 (クロメート)	<1	0.57		—	残存なし
硫酸陽極酸化処理 (一般アルマイト)	2.38	0.54		—	ごく僅かに残存
TAF AD 処理	1.41	1.18 樹脂 凝集破壊		1.20 樹脂凝集破壊	残存程度大

TAF AD 処理は従来のクロム酸化皮膜処理や硫酸陽極酸化処理と比較して、密着強さで大きく上回る値が得られ、加熱後も密着強さの劣化は見られなかった。

また、引剥がし試験後の TAF AD 処理の試料のみ、試験面の殆どに樹脂の残存がみられた事から、本試験で得られた TAF AD の密着強さは、樹脂の凝集破壊であることが判る。言い換えれば、樹脂が凝集破壊するまで TAF AD 処理の剥離が発生しないと言える結果であった。

②簡易クロスカット剥離試験

- (1)①の(1)と同種の皮膜を試料とした。
- (2)それぞれの皮膜上にセロハンテープ(ニチバン(株)製 JIS Z 1522 準拠)を、2.74MPa の力で圧着した。
- (3)圧着したセロハンテープに、図 2 の要領で格子状にカッターナイフで切込みを入れた。切り込みは、

1 辺が 5mm の正方形が縦 6 マス×横 6 マスになるようにした。

- (4)切込みを入れたセロハンテープの上に、セロハンテープよりも接着強度の強い粘着テープを、2.74MPa の力で圧着し、その粘着テープごとセロハンテープを 9.31kgf/cm の力で引剥がした。

図 3 に試験結果を示す。TAF AD 処理、クロム酸化皮膜処理、硫酸陽極酸化処理の順で、セロハンテープの残存が多くみられ、同じ陽極酸化処理でも、硫酸陽極酸化処理では殆どのセロハンテープが粘着テープとともに剥離したが、TAF AD 処理では全てのセロハンテープが残存した。また、試験後に全ての試料に残存したセロハンテープを手で引剥がし、除去しようと試みたが、TAF AD 処理の試料はセロハンテープのテープ基材と接着剤が剥離してしまい、TAF AD 処理表面の接着剤は除去することができなかった。本試験からも TAF AD の接着性が優れていることが伺えた。

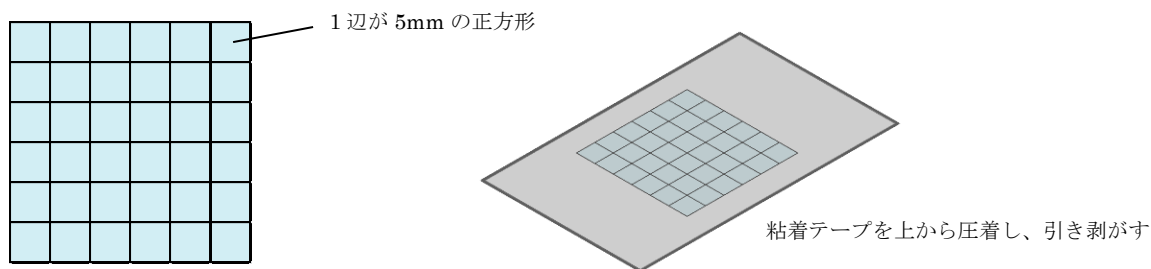


図 2. クロスカット剥離の方法

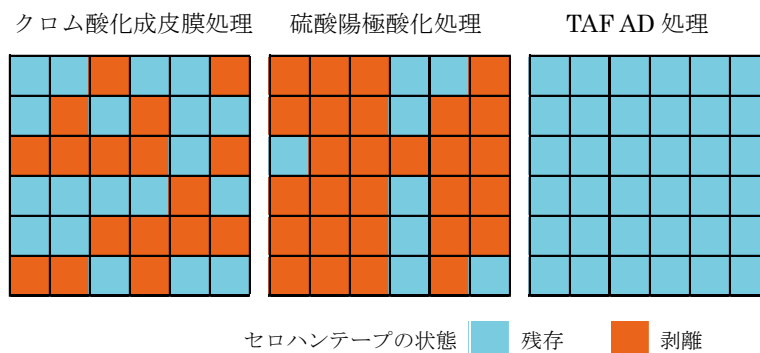


図 3. クロスカット剥離試験の結果

③難表面処理材(ADC12)への効果

ADC12 材にも下地処理の需要は非常に多く、輸送機器部品・建材製品・電化製品・熱交換器などの、アルミ部品用下地処理としての化成皮膜処理を行う例が多数ある。ここでは、難表面処理材の中である ADC12 材への TAF AD 処理の効果について確認する。

- (1) 供試料として、ADC12 材を使用し、表面処理はジルコニウム酸化成皮膜処理、TAF AD 処理の 2 種を行った。
- (2) それぞれの皮膜について、接着剤の引剥がし強度試験を行った。試験は、JIS K 5600-5-7「塗膜の機械的性質-付着性(プルオフ法)」に準拠し、プルオフアドヒージョンテスター「ポジテスト AT-A」(コーテック(株)製)を用いた。なお、接着剤はシアノアクリル酸エチル系接着剤「ロックタイト 401」/ヘンケルジャパン(株)製を使用した。

試験結果を表 3 に示す。ADC12 材についても従来の下地処理と比較して優れていることが判る。

表 3. 接着剤の引剥がし強度試験結果

表面処理	引剥がし強度 Mpa
化成皮膜処理	2.40
TAF AD 処理	5.66

4. TAF AD 処理の優位性と実用展開

TAF AD の処理液はクロム酸などの重金属を含んでおらず、環境負荷が少ない。また、通常の硫酸陽極酸化皮膜を塗装や接着の下地として用いる場合には、皮膜の自然封孔と呼ばれる経時変化により下地の密着強さが失われていくため、処理後直ちに(少なくとも 1 週間以内に)塗装・接着の次工程へ進めなければなら

ない事が知られている。一方で TAF AD 処理をした皮膜は処理後 1 年以上経過した場合であっても良好な密着強さを保つ特性があり、実用上大きなメリットと言える。

TAF AD 処理されたアルミニウム合金における高密着性は、適切に制御された孔径をもつ陽極酸化皮膜の多孔質層(図 4)に樹脂が浸透し、アンカー効果が生じることで発揮されるものと考えられている。このことから、接着剤を使用することなく各種樹脂を直接接合し、アルミニウム合金-樹脂複合材料を作製する有力な手法として、今後も各種用途への展開が期待される。

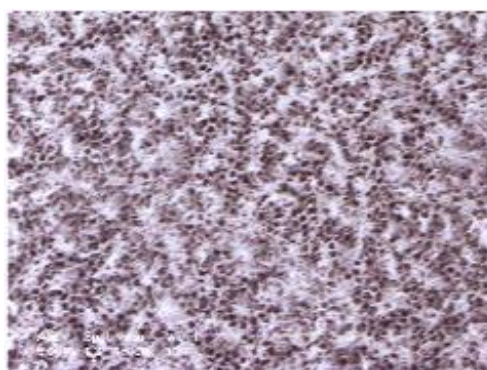


図 4. TAF AD 処理皮膜の表面

脚 注

- 1) TAF AD 処理は東栄電化工業株式会社(神奈川県相模原市)が開発したアルミニウム陽極酸化処理。同社ではこのほか、「耐熱超硬質クラックレスアルマイト『TAF TR 処理』」や「耐熱耐紫外線黒アルマイト『TAF TR BK 処理』」などの特殊表面処理を開発している。これらの表面処理は半導体・電子機器・精密光学部品その他産業機械など様々な分野で実用を拡げている。