

アルミボルトの応用検討*

陽極酸化皮膜による耐食性の向上とタッピングねじへの応用

高木 一樹**

TAKAGI Kazuki

1 はじめに

高強度アルミボルトが欧州をはじめ本邦でも近年使用されつつあり、弊社でも種々の用途への適用を検討してきた。しかし、軽量化が訴えられる中でも応力腐食割れの問題や、異種金属接触腐食の問題があり、大幅に普及しているわけでない。特に7000系のアルミ合金の場合は応力腐食割れが問題となるので、定期的に交換や検査が行われる箇所以外は使用されていない模様である。そこでアルミに陽極酸化を施し耐食性、表面硬さを高めることで用途の拡大を狙ったので紹介したい。

2 ねじ部品の耐食性向上

ねじ部品の耐食性を向上させるためにアルミに陽極酸化を施した。陽極酸化の工程では陽極に取り付けたアルミ材の接点から電流を流すことでアルミ表面に酸化膜が成長する。その際にねじ部品では谷底は電流が流れにくいいため陽極酸化皮膜の厚みが薄くなり、電流が流れやすいねじ山の頂点付近の皮膜は厚くなる。また、面に対して垂直に陽極酸化皮膜が成長するので、図1のように曲率が大きい凸部は皮膜の間隙が生じやすい。間隙を防止するには曲率を小さく、なだらかなRがつい

た形状にするとある程度有効だが、ねじの形状としては成立させ難い。そこで、谷底、山頂点に極力均質に陽極酸化複合皮膜を施すことで耐食性の向上を図り特殊陽極酸化アルマ®処理となづけた。アルミ材の材質について、7000系、6000系の2種類を用意した。A7050にはT7処理を、A6056にはT6処理を行い、それぞれ強度540MPa、420MPaを超えている。

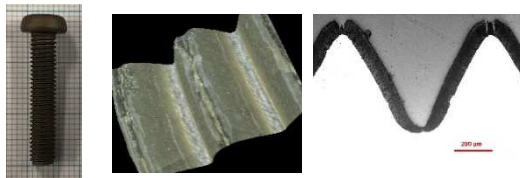
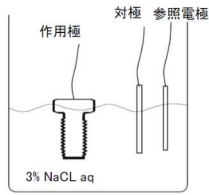


図1 左よりアルミボルト、3D スキャン図、ねじ山縦断面

皮膜の電気的な遮蔽効果を確認するために、図2のように各種ボルトを塩化ナトリウム3wt%水溶液に沈めて電気化学測定 LSV (リニアスイープボルタンメトリ) を行い、各種表面処理の電気の流れやすさを測定した。これにより皮膜に欠陥がある場合は、その部分を通じて電気が流れるので皮膜の性能を評価できる。なお参照電極にはAg/AgClを使用した。

* 原稿受付：平成30年3月6日

** 株式会社ヤマシナ



- 用意した試料
M5x0.8-25 A7050 T7
- (a) アルミ生地
 - (b) 一般的な陽極酸化
 - (c) アルアーマ®

図2 電気化学測定図

一般的な陽極酸化は膜厚 10 μ m 程度であり、特殊陽極酸化アルアーマ®は 40 μ m である。今回用いた特殊陽極酸化は高速で処理できる特徴があり、処理時間を考慮して一般的な陽極酸化 10 μ m と同じ生産性である 40 μ m とした。

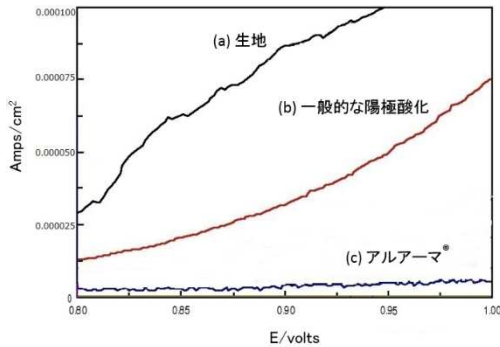


図3 アルミボルト LSV 結果

図3に結果を示す。グラフの縦軸単位は A/cm² であり高いほど絶縁されていないことがわかる。つまり、生地、一般的な陽極酸化、アルアーマ®の順に電子の移動が起きやすい。

応力腐食割れの確認として塩水浸漬 10 分と大気開放 50 分を繰り返す塩水交互浸漬法を行った。SUS304 の四角管を介してアルミボルト M5x0.8 -25 を締付け破断トルクの 80-90%にて SUS304 ナットに各 5 本締付けて、腐食、破断の状況を確認した。塩水は塩化ナ

トリウム 3.5wt%水溶液を使用した。

表1 塩水交互浸漬結果

材質	熱処理	強度	表面処理	結果
① SCM435	調質	1040	亜鉛鍍金	赤錆発生
② A7075	T6	510	生地	2日後ねじ破断
③ A7050	T7	540	一般的な陽極酸化	10日後ねじ破断
④ ↑ ↑ ↑			アルアーマ®	大きな変化なし
⑤ A6056	T6	420	生地	1日後腐食発生確認
⑥ ↑ ↑ ↑			一般的な陽極酸化	3日後腐食発生確認
⑦ ↑ ↑ ↑			アルアーマ®	大きな変化なし

表1に実験に供したボルトと結果を示す。鋼製ボルトは一日で腐食が始まった。比較対象として入れた A7075 T6 では 2 日後に破断したものがあつた。明確な破断がおきたのは②③のみであつたが、⑤⑥も腐食が進行しており、外観に著しい変化が無かつたものはアルアーマ®を施した④⑦のみであつた。図4に代表の写真を掲示する。



図4 試料状態 左より

- ① 鋼製ボルト SCM435 14日経過
- ② アルミボルト A7075 生地2日経過
- ③ アルミボルト A7050 一般陽極酸化 9日経過
- ④ アルミボルト A7050 アルアーマ® 5ヶ月経過

電気化学測定の結果と交互浸漬法の結果の整合性は取れており、電気的回路を形成しやすく、皮膜に欠陥があると考えられる試料ほど 7000 系では破断までの日数が短く、6000 系では腐食が進行した。

陽極酸化皮膜の欠陥を無くし、電気的な抵抗を高く保つことは、異種金属電位差による腐食に対して、また応力腐食割れに対しても抑止効果があることが実証できた。

3 アルミ製タッピンねじの材質選定

アルミ製のタッピンねじを使用する場合、相手材の硬さとの兼ね合いでねじ山の変形が懸念される。どの程度の硬さの相手材まで使用可能か、各種アルミ材でタッピンねじを製造し、ねじ込み試験によりその限界の調査を行った。表2、3 中に○をつけた部分はおねじの山の変形が無く、めねじを成形できた組合せである。

なおアルミ製タッピンねじに陽極酸化処理を施すことにより表面硬さを向上させ、より硬い相手材に対してめねじを成形することができる。

表2 ねじ込み試験によるねじ山の変形

陽極酸化なし

ねじ 材質	熱処理	強度 MPa	相手材			
			アルミ ADC12	樹脂 押し出し材	樹脂 PA GF30	樹脂 ABS
A5052	—	310	—	—	—	○
A6056	T6	420	—	—	○	○
A7075	T73	470	—	○	○	○
A7050	T7	540	—	○	○	○

表3 ねじ込み試験によるねじ山の変形

陽極酸化あり

ねじ 材質	熱処理	強度 MPa	相手材			
			アルミ ADC12	樹脂 押し出し材	樹脂 PA GF30	樹脂 ABS
A5052	—	310	—	—	○	○
A6056	T6	420	—	○	○	○
A7075	T73	470	○	○	○	○
A7050	T7	540	○	○	○	○

使用する相手材に応じて、アルミ材の材質を選択する必要がある。可能性がある組合せについては更に重点的に調査を行った。

4 樹脂用アルミ製タッピンねじ

アルミの強度が低いことから、柔らかい樹脂への適用を当初検討した。その後、PPS GF

あるいはPAGFなどの樹脂に対して検討を行い性能を確認した。

アルアーマ PT®として量産販売を開始しており、材質 A6056 T6 処理 強度 420MPa にて PA GF や PPS GF にも適用可能である。アルミ生地のまま樹脂ボスに締付けるとねじ山頂点にわずかな変形がみられたが、陽極酸化処理を施すことによりこの問題は解消された。実験の一例を次に示す。

表4 ねじ込み試験 条件

ねじ	4mm 樹脂用タッピンねじ
ねじ材質 熱処理	鋼製 SCM435 調質 アルミ製 A6056 T6
樹脂ボス	PPS ガラス繊維+無機フィラー50% 下穴Φ3.3 掛長さ 8.3mm
被締結物	SPCC板厚1.6mm Φ5.5
ドライバ回転数	300rpm

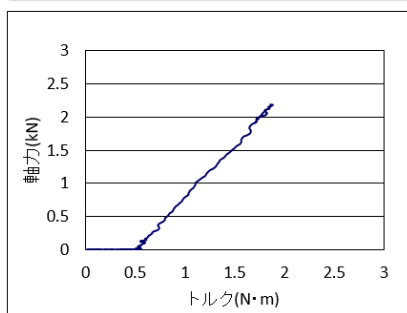
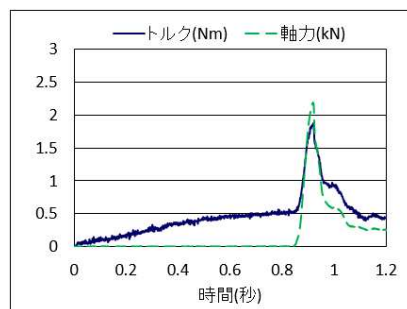


図5 タッピンねじ ねじ込みグラフ(例)

表5 タッピンねじ ねじ込み試験結果

	ねじ込み トルク最大 (Nm)	締付け破断 トルク最小 (Nm)	破断時 軸力最小 (kN)	破断箇所
鋼製ねじ	0.82	2.29	1.91	めねじ
アルミ製ねじ	0.67	1.90	1.90	おねじ軸部

鋼製のねじと比較して、低いトルクでねじ軸部が破断するが、ドライバの締付けトルクの設定は十分可能である。

次に、ヒートサイクルによる軸力の変化をロードセルを用いて測定した。アルミ製タッピンねじにはアルミ製のロードセル、鋼製タッピンねじには鋼製のロードセルを使用した。温度変化20℃→100℃×1h→-30℃×1h→20℃これを4回繰り返した。図6に結果を示す。

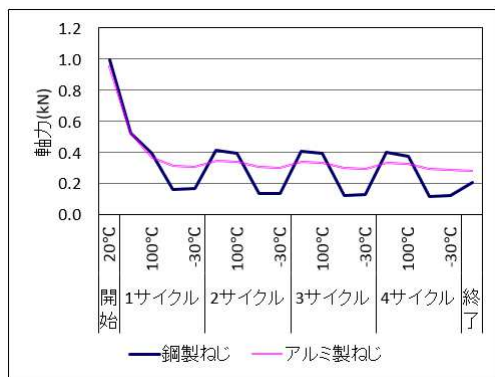


図6 ヒートサイクル軸力変化

鋼製のねじと比較してアルミ製のねじの軸力変化が小さいことは明確である。参考に類似の材質の平均的な線膨張係数をあげると次の通りである。

鋼 (中炭素鋼) 10.7×10^{-6} ²⁾

アルミ (A6061) 23.6×10^{-6} ³⁾

樹脂 (PPS GF+MD) $20.0-30.0 \times 10^{-6}$ ⁴⁾

樹脂材質と被締結材の組合せによってアルミねじの軸力変化は小さく温度変化による軸力低下を防ぐには有効である。

5 アルミ材へのアルミ製タッピンねじの可能性

アルミ材にめねじを成形するには良い潤滑材を塗布しなければ焼付きなどの問題が起

きる。また、アルミ材の強度、皮膜の硬さも高いほうがねじ山の変形を防ぐには良い。

相手材がアルミダイキャストADC12の場合、7000系のアルミを使用して陽極酸化処理を施すことで使用可能となる。A6056で試したが、こちらはねじ山が変形して安定した結果が得られなかった。押出し材などのアルミではA6056でも使用することが可能である。

6 陽極酸化皮膜の可能性

このような高硬度、高耐食の特徴を持つ陽極酸化皮膜をアルミインサートナットに施すことで、電食対策を施したナットとしてCFRPなどへの適用検討が進んでいる。

アルミインサートナットをCFRPやCFRTPと一体成形する場合、中の炭素繊維とアルミ材が直接接触すると腐食環境下では電位差によりアルミの腐食が進行する。これを防止するために、今回紹介したアルミボルトと同様に陽極酸化皮膜を適用することで耐食性の向上を試みた。結果は良好で塩水交互試験を2000回実施して腐食などの問題は無く、今後の展開を期待したい。

参考文献

- 1) 軽金属学会編 (1985) アルミニウム材料の基礎と工業技術 第一版 P.204
- 2) 日本機械学会編 (1985) 機械工学便覧
- 3) アルミニウムハンドブック第4版 (1990) 神戸製鋼
- 4) ポリプラスチックス株式会社データベース PPS ジュラファイド 6165A7S より