

陽極酸化被膜処理の研究

箕輪進修高等学校 クリエイト工学科
省エネルギー技術同好会

1. はじめに

地球温暖化や環境を配慮し、脱炭素化が推進される現代、CO₂ 排出削減のため、自動車においてもガソリンやディーゼルなどの内燃機関エンジンから電動モーターの電気自動車への移行が世界規模で進んでいる。

本校では、電動モビリティに関する製作と研究に取り組むため、2022 年に省エネルギー技術同好会が結成され、充電式の二次電池をエネルギー源とした手作り電動車両の省エネルギーを競う大会に参加するため活動を開始した。

2. 競技車両に使用する部品について

我々が参加する Ene-1 は、大会側から支給される同一コンディションの単三形充電電池を動力源とし、手作りの自動車と自転車の電動車両でエネルギーマネジメントを競う大会として、2011 年より鈴鹿サーキットで、その後 2012 年からツインリンクもてぎでも開催され、KV-40 が自動車分門、KV-MOTO が自転車部門となっている。

我々は KV-MOTO に参加するため、電動自転車を製作しており、タイヤ外径が 20 インチ以上の市販自転車をベースにモーターや、空気抵抗を軽減するための乗車姿勢となるハンドルやサドルを取り付け、市販自転車を改造する。市販されていない部品は製作しており、強度を必要な箇所には金属を使用し、軸以外は金属の中でも軽量のアルミニウムを使うことが多い。アルミニウムは板金加工か切削加工によって再作するが、この表面を被膜処理する。



図 1 競技車両

3. アルミニウムの被膜処理について

アルミニウムは酸素との化学親和性が極めて高く、大気中に暴露するだけでその表面に酸化アルミニウムが形成される。この際に生じる酸化皮膜は「自然酸化皮膜」と称され、その厚さは約 10 オングストローム ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$) 程度と極めて薄い。自然酸化皮膜はアルミニウム表面を覆うものの、その厚さが極めて小さいため、防食性には乏しく、長期的な腐食防止には寄与しない。そのため、アルミニウムの耐食性向上を目的とする場合、人工的な酸化皮膜の形成が必要となる。

アルミニウムの耐食性および表面特性の向上を目的とし、人工的な酸化皮膜の形成が広く実施されている。その代表的な方法として陽極酸化処理 (Anodizing) が挙げられる。

陽極酸化処理 (Anodizing)

陽極酸化処理は、アルミニウムを電解液中に浸漬し、電流を印加することで、人工的に酸化皮膜を成長させる手法でアルマイト処理と呼ばれている。この処理により、自然酸化皮膜と比較して、厚さ数 μm ~ 数百 μm の酸化アルミニウム層を形成できる。

(1) 陽極酸化処理の原理

陽極酸化処理では、アルミニウムを陽極 (+極) とし、適切な電解液 (硫酸、シュウ酸、リン酸など) 中で電流を流すことにより、酸化反応を促進する。これにより、アルミニウム表面には多孔質構造を有する酸化アルミニウム層が形成される。この多孔質構造は、後処理により機能性を付与することが可能である。

(2) 陽極酸化皮膜の特性

陽極酸化処理によって形成される酸化皮膜は、以下の特性を有する。

- ① 耐食性の向上：酸化皮膜が外部の水分や酸素の侵入を抑制し、腐食を防止する。
- ② 耐摩耗性の向上：酸化アルミニウムは高い硬度を有し、機械的強度が向上する。
- ③ 電気絶縁性：酸化皮膜はアルミニウム本体とは異なり、電気を通さない絶縁性を有する。
- ④ 染色性：多孔質構造を利用し、染料を浸透させることで、着色処理が可能である。

4. 必要とする材料

- (1) 電解液
 - ・市販のバッテリー液（希硫酸）を利用
- (2) 電極材料
 - ・鉛板（陰極）：電解槽内で陰極として使用し、反応を促進する。
 - ・アルミニウム線（陽極）
- (3) 電源
 - ・直流電源（可変電圧式、1～20V 程度）
 - ・自動車用バッテリー
- (4) 電解槽（容器）
 - ・プラスチック製の容器（ポリプロピレン製など耐酸性のものの電解液を入れる）
- (5) 導線とクリップ
 - ・細くない被覆線（ブースターケーブル）
陽極と陰極を接続するために使用。
- (6) 染色用の材料（任意）
 - ・染料（繊維用染料、食品用染料など）
酸化皮膜に着色するために使用。
- (7) 封孔液
 - ・市販されている封孔剤を使用
- (8) 加熱ヒーター
 - ・染色（50℃）と封孔処理（90℃）の際に容器を加温する。ホットプレートや電磁コンロなど。

5. 作業環境

換気の良い場所（屋外や換気扇のある作業場）硫酸を使用するため、換気と保護具が必要。（ゴム手袋・耐酸性手袋・保護メガネ等）

6. アルマイト処理の実施

(1) アルミ部品の洗浄

中性洗剤やパーツクリーナーを使用し、部品表面の脱脂を確実にを行う

(2) 部品へ電極を取り付ける

アルミ線と部品を接触するように接続する。
（図2）穴に線を通し、木片などで固定した。
確実に接触しているかテスターを使い、導通を確認する。

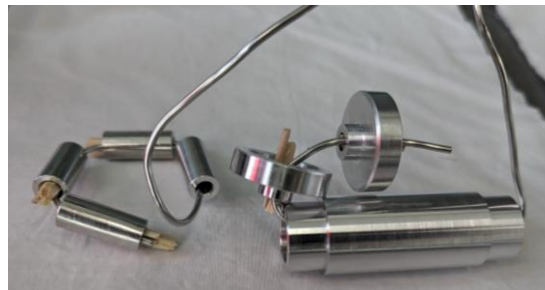


図2 アルミ線と部品の接続

(3) 電解液処理

電解液に接続した部品を浸し、部品を陽極（+）とし、鉛板を陰極（-）とする。自動車用バッテリーからブースターケーブルでそれぞれに接続し 30 分程度電解処理をする。

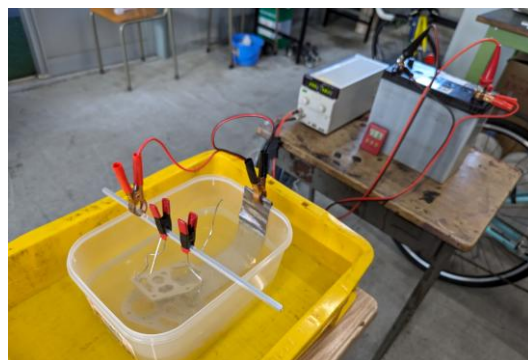


図3 電解処理

バッテリーの減りを補助するために、安定化電源を接続した。（図3）電解処理をすると電解液の液温が上がるため、容器を二重にして水の中に電解槽を入れ、保冷剤も使用して電解液の温度を 20℃に保つようにした。（図4）

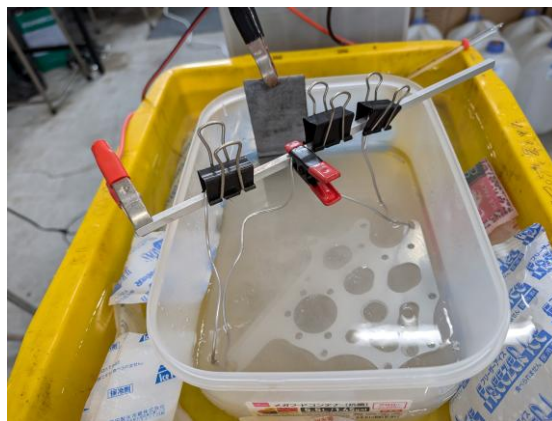


図4 電解液温の調整

電解処理中は陽極（アルミニウム側）→ 酸素（ O_2 ）が発生し、陰極（鉛やアルミニウム側）→ 水素（ H_2 ）が発生（無臭だが可燃性のため換気が重要）、また、硫酸ミスト（ H_2SO_4 エアロゾル）→ 微細な粒子が飛散すると、喉や鼻を刺激する。そのため、窓をあけ扇風機を使用して換気を行った。（図 5）



図 5 電解処理中の換気

(4) 水による洗浄

電解処理した部品をバケツの水で洗浄し、確実に電解液を洗い流す。2 つのバケツで 2 度洗った。

(5) 染色

染料を水に溶かしホットプレートにて $50^{\circ}C$ に加熱しておく。その染色液に 15 分ほど漬ける。着色を確認し、きれいな水で洗浄する。



図 6 染色

(6) 封孔処理

$90^{\circ}C$ に熱した封孔液中で 15 分煮る。（図 7）その後、水で洗浄する。



図 7 封孔処理

(7) 完成

電極のアルミ線を外し完成となる。（図 8）

電解処理ができていれば着色でき、酸化被膜は電気を通さないためテスターでも被膜処理を確認できる。



図 8 アルマイト処理済の部品

7. 最後に

電動自転車の部品加工におけるアルマイト処理の必要性について検討し、その効果と実践方法について考察した。DIY 感覚でアルマイト処理を施すことができることや、電解処理によって酸化被膜が形成され、機械的性質向上につながる事が理解できた。アルミニウム部品の耐食性や耐摩耗性が向上し、より効率的で長寿命な車体の実現につながることを期待したい。