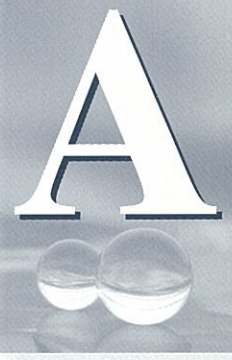


アルミニウムの耐食性と防食・表面処理技術



アルミニウムの日本の年間使用量は、現在、約400万トンであり、鉄に比べれば、その市場は小さい。しかしながら、軽いという性質のほか、耐食性、リサイクルの容易さなどの特長があり、自動車などの輸送機分野への用途拡大が期待されている。

本稿では、アルミニウムの耐食性の特徴を概観し、防食・表面処理技術、ならびに関連する評価技術を紹介して、アルミニウムの新用途を開発する際の参考に供したい。

化学的性質

アルミニウム（以下Al）は、化学的には本来活性な金属であるが、大気雰囲気では優れた耐食性を示す。Al表面に緻密で保護性のある酸化皮膜が形成するためである。写真1は、当社の薄膜化技術を用いて作製した試験片の酸化皮膜の透過電顕（TEM）像である。

鉄は亜鉛めっきを施し、穴あき腐食対策をする場合が多いが、Alに対しては、亜鉛めっきによる防食は例外的と言える。

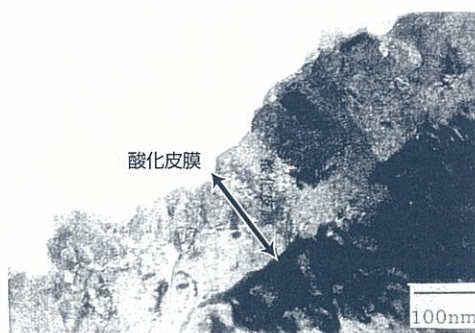
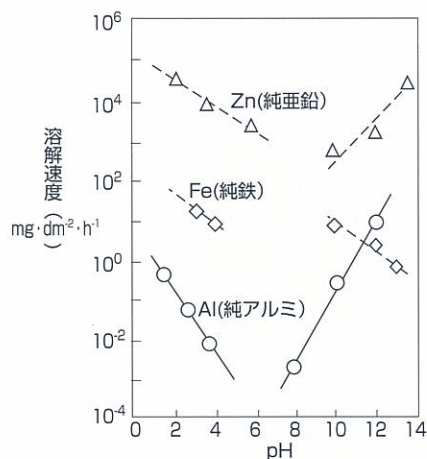


写真1 酸化皮膜の透過電顕（TEM）観察結果
供試材 5083,0材

第1図¹⁾に示すように、Alは中性の水に対して安定であるが、亜鉛と同様に両性金属であるため、酸やアルカリ環境での使用は注意を要する。また、腐食電位が卑な金属であるので、鉄や銅と接して使われ、水環境にさらされる際は、いわゆる接触腐食(電食)のため、Alの腐食は著しく促進する場合があります。電食対策をとる必要がある。



第1図 金属の腐食速度のpH依存性

1) 依：軽金属学会第84回
春季講演概要(1993),
p.283

腐食挙動

Alの代表的な腐食形態を写真2²⁾に示した。Alの典型的な腐食は孔食であるが、第2図³⁾に示す

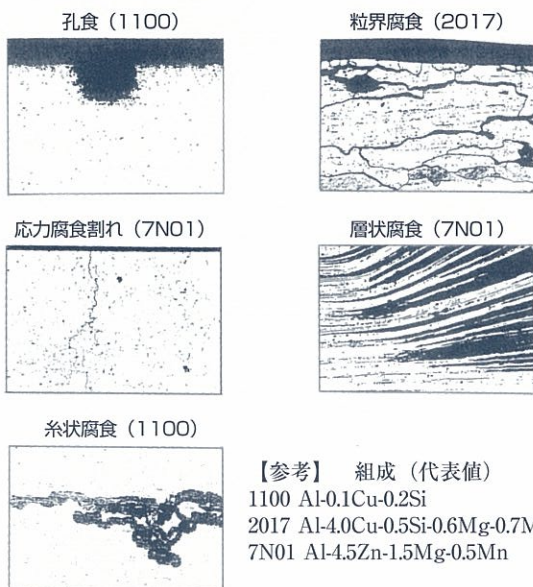
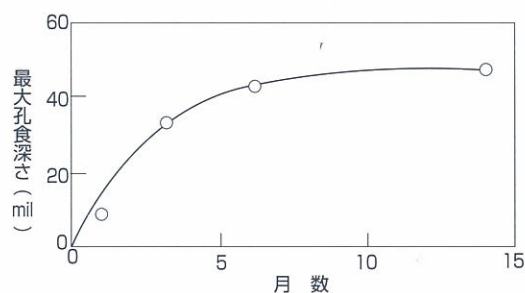


写真2 アルミニウムの代表的な腐食形態

通り、腐食の進行は経過時間とともに緩慢になるので、耐穴あき性は強いと言える。

一般的に、強度の大きな2000、5000、7000系Al合金は、応力腐食割れ（SCC）感受性が高いので、特に、構造部材用に使用するには、設計面での考慮が重要となる。また、糸錆は自動車の外板塗装材などで問題となる外観錆であり、Alの耐食性および表面処理の面から、検討すべき腐食形態である。



第2図 アルミニウムの孔食の進行状況
供試材 6061-T6(Halifax 海水中)

A-1

A-2

2) 軽金属協会：アルミニウム材料の基礎と工業技術(1998), p.197

3) 神鋼アルミニウムハンドブック

Alの防食・表面処理は、目的と用途に応じて適切な選択をすることが重要であるのは、他の金属と同様である。Alの防食・表面処理技術の種類は多岐にわたるが、本稿ではAlに特有な技術を紹介するにとどめる。

酸化皮膜にかかわる技術

陽極酸化処理（アルマイト）は、酸化皮膜を電氣的に厚く成長させた表面処理である。写真3は、ミクロトームによる薄膜化技術を用いて作製した試料について撮影した透過電顕写真である。アルマイト皮膜に孔（ポア）が存在する様子が確認できる。その機能は耐食性、塗料の密着性の向上、硬さの付与などさまざまであり、建材、器物（鍋など）に多用されている。

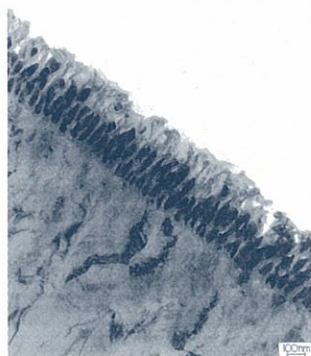
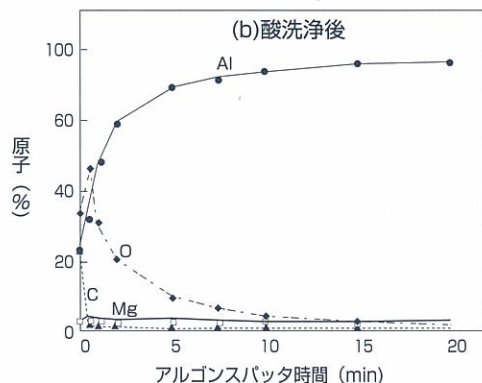
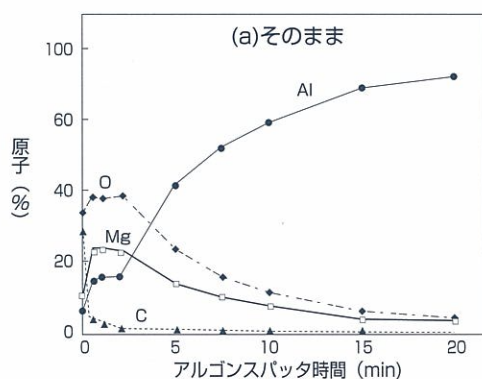


写真3 アルマイト皮膜の透過電顕（TEM）観察



第3図 表面層の分析(XPS)結果
供試材 Al-4.5Mg, O材

ペーマイト処理もアルマイトと同様に、クロム酸塩を含まない表面処理であるため、環境対策が容易であるという特長を持つ。

Al表面の酸化皮膜は、Alの耐食性を特徴づけるが、接着性に影響する場合がある。

第3図はAl-Mg合金表面層のXPS (X-Ray Photoelectron Spectroscopy)分析結果である。Mgを多く含む酸化皮膜は酸洗浄することで、制御できることがわかる。なお、表面層の分析はXPSやAES (Auger Electron Spectroscopy)で分析するのが有用である。当社には、このほかレーザーラマン分光分析など固有技術があり、腐食過程の追跡 (In-Situ)を可能にしている。

合わせ板による防食

Alは合わせ板（クラッド）を容易に製造できる特長があり、工業製品として活用されている。写真4は3003Al合金に腐食電位が卑な7072（亜鉛を添加したAl合金）をクラッドした材料の腐食の進行状況を示したものである。腐食形態は横広がりとなり、穴あき寿命が大幅に延びることを示唆している。本技術は、ラジエータチューブ材あるいは航空機材に適用されている。

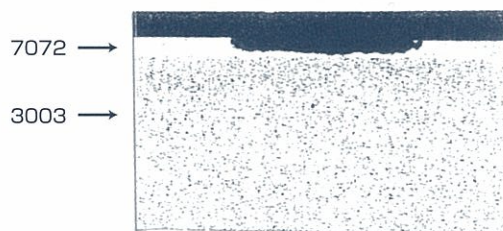
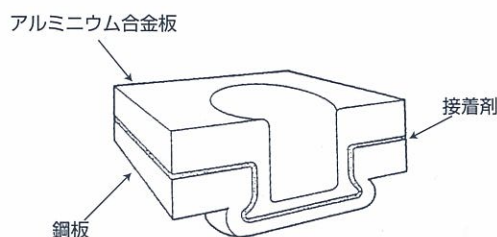


写真4 クラッド材（3003/7072）腐食の進行状況

電食防止

電食（異種金属の接触腐食）の防止は、材料の組み合わせ、表面処理による環境の遮断および接合部の設計の観点から対策がとられる。第4図⁴⁾は、Alと鋼板を機械的に接合する際に、接着剤をその間に挿入することで電食を防止すると同時に接合強さの向上を図ったもので、応用範囲は広いと考えられる。



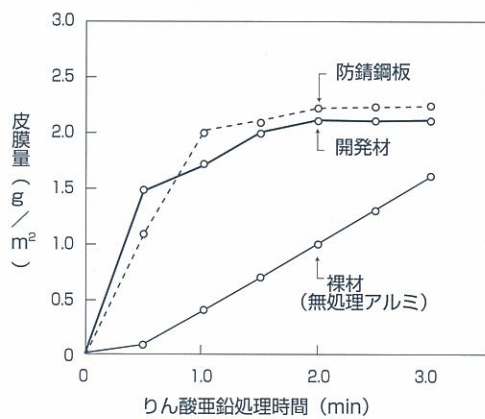
第4図 アルミニウム/鋼板の接合部の電食防止法

4)青野：TOYOTA TECHNICAL REVIEW 43(1993)1,p.90

各種の表面処理製品が製造され、実用化されているが、それらの特性を紹介する。なお、当社は化学反応の追跡、潤滑特性の評価および電気化学的な解析など広範な機能を有しており、これらの腐食防食分野の研究や実用化に対応できる。

亜鉛系めっき材

Alのりん酸亜鉛処理性を改善し、耐糸錆性を向上させるために極薄の亜鉛系めっき技術が開発され実用化された。第5図⁵⁾にりん酸亜鉛処理性の試験結果を示すように、開発材は防錆鋼板と同様のりん酸亜鉛処理性をもつことがわかる。

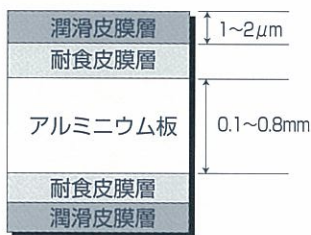


第5図 亜鉛系表面処理材のりん酸亜鉛処理性

潤滑プレコート材

通常、金属板を成形するには、プレス油を塗布して潤滑性を確保するが、写真5に示した潤滑プレコート材KS701⁶⁾は、無潤滑条件でもプレス油を塗布した無処理材以上の優れた潤滑機能を持ち、加工後においても耐食性は確保できる。

○構成



○無潤滑成形性

絞り成形高さ：10.1mm

絞り成形高さ：5.6mm



KS701:プレス油なし



無処理材:プレス油あり

写真5 潤滑プレコート材KS701

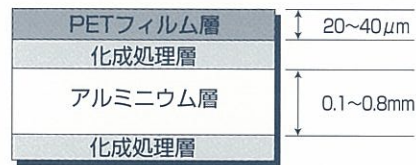
フィルムラミネート材

写真6に示したALUNATE-P⁷⁾は、高加工性のフィルムをラミネートしたもので、厳しい加工にも耐えることができ、加工品の耐薬品性に優れている。また、フィルムに絶縁作用があり、皮膜欠陥がないため、電食を防止する表面処理材としても利用できよう。

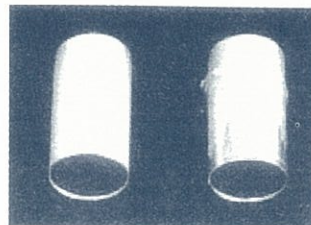
また、KS701およびALUNATE-Pなどのプレコート材は、成形後の表面処理を省略できる可能性があり、環境対応材としてのメリットも期待できると考える。

5)池田：SAE Paper 930703

○構成



○深絞り成形後の外観



ALUNATE-P

塗装材

写真6 高加工フィルムラミネート材 ALUNATE-P

アルミニウムの耐食性・表面処理技術の一端を紹介した。アルミニウムには穴あき腐食を防止するために、めっきを施す必要がないなどの特長があり、「製品から製品」へのリサイクルがしやすいことが理解いただけたと思う。

しかしながら、合金・防食処理が適切でない場合、応力腐食割れなどにより、短期間の使用で材料が損傷して、重大事故につながる恐れがあるので注意を要する。

アルミニウムを新規用途に使用する際には、計画段階からの検討が肝要であると考えます。

当社は、本文中で紹介したように、分析・解析測定などの評価技術のほかに、長年に蓄積された知識・ノウハウを保有しており、これらの固有技術をベースに研究開発や実用化の支援業務にお役立ていただければ幸いです。

[総合技術事業部 腐食防食技術部 豊瀬喜久郎]

6)神鋼技術資料

7)神鋼技術資料