

鋁合金表面處理技術發展動向（一）

金屬中心 ITIS 計畫 劉文海
出版日期：2011.07.29

一、前言

鋁的表面處理的種類概略有陽極氧化處理、化成處理、塗裝和電鍍，表面處理的目的主要作為前處理的有脫脂和浸蝕的表面清淨化處理、研磨、去光澤，著色等的裝飾處理以及陽極氧化、化成處理、塗裝之類的皮膜處理以賦予耐蝕性、硬度、耐磨耗性、接著性、潤滑性、導電性、熱反射性、熱吸收性等特殊機能，參見表 1，本文扼要說明各種鋁合金表面處理技術發展動向。

表 1 鋁表面處理的目的

Table1 The purpose of surface treatment of aluminum

處理	所賦予的機能
脫脂	除去油份或污染層
機械研磨	除去刮痕、去光澤
化學研磨	賦予光澤
化成處理	耐蝕性、附著性、接著性
陽極氧化	耐蝕性、裝飾性（色彩）
塗裝	耐刮性、耐磨耗性、接著性
電鍍	潤滑性、脫模性、導電性、熱吸收性、反射性等

資料來源：「現場で生かす金屬材料シリーズ－アルミニウム」，2007

二、陽極氧化處理

鋁合金在自然環境中，其表面會產生一層厚度約 $20\text{\AA}\sim40\text{\AA}$ 之疏鬆鈍態氧化膜，此氧化膜具有防止腐蝕之功效，但若處在環境不佳的條件下，所生成的氧化膜亦會因剝落而失去防蝕保護之作用，因此在實用上均會進行「陽極處理」，主要是藉由電化學反應，在鋁合金表面上產生一層緻密且均勻的氧化膜，該氧化膜是由很多的微小六角型 Al_2O_3 氧化物細胞所組成，每個六角型氧化物細胞中央有一小

孔，小孔底部有一層障壁層與底材區隔，圖 1 為陽極處理之氧化膜內層結構。陽極處理可增強鋁合金的抗蝕性，同時，也可增加表面之耐刮性，陽極處理後的表面耐刮硬度甚至比傳統烤漆強九倍；此外，另可藉由發色與封孔反應，使鋁材表面呈現出多樣化的色澤，使產品更具有美觀度與高質感。

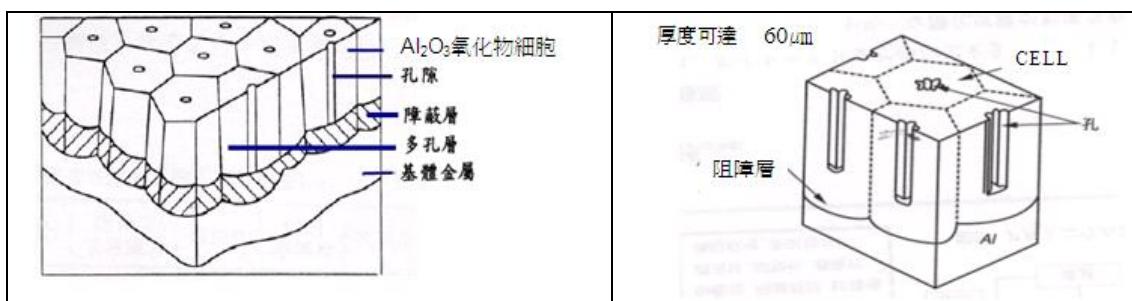


圖 1 鋁材陽極處理之氧化膜層結構

資料來源：www.yuan-chi-tw.com

(1) 處理方法

鋁的典型表面處理—陽極氧化處理也稱為「Alumite」，代表性的陽極氧化處理方法如圖 2 所示，係將前處理過的鋁材料浸漬在 15vol% 的硫酸水溶液中作為陽極，並以碳或鉛板作為對電極，通入直流電流而讓鋁表面長出氧化膜。

陽極氧化硫酸皮膜為多孔質，其單位細胞（CELL）內存在孔和阻障層，電流即透過孔持續流通而使皮膜得以成長，一般在 20°C，15vol% 的硫酸水溶液中進行陽極氧化處理可以成長到 $60\mu\text{m}$ 左右的厚度。至於陽極氧化皮膜中單位細胞和孔的大小，會因電解液的種類和電解條件而變化，例如使用磷酸浴所形成的皮膜的孔比較大，因而其錨定效果變強，用於飛機作為塗裝打底即為一例。

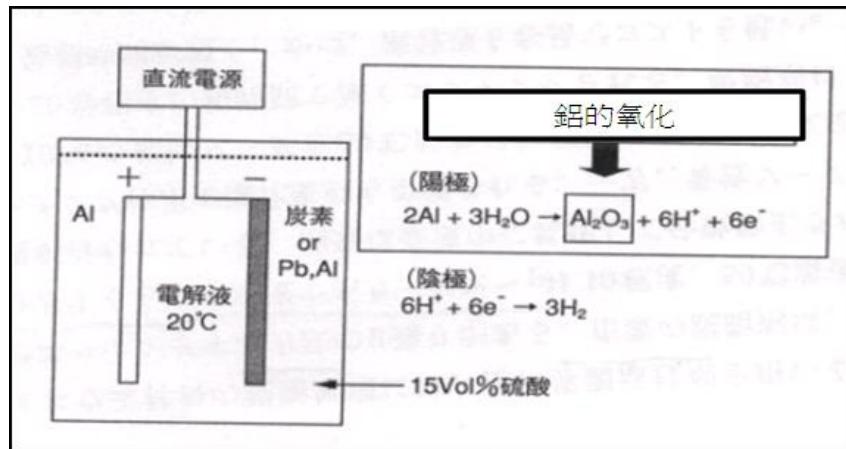


圖 2 鋁材陽極氧化處理方法與反應

資料來源：「現場で生かす金属材料シリーズ－アルミニウム」，2007

(2) 合金的適用性

根據合金種類的不同其陽極氧化皮膜的最終成品或是性質有時也會變化，例如含多量 Si、Fe 的合金其最終成品成灰色，而 Cu、Mn 則是褐色系，而且著色的程度因各元素的含有量或析出狀態而異。另外，2000 系合金由於 Cu 會溶出在電解液中因而皮膜會稍稍軟化，另一方面，4000 系合金則是 Si 會殘留在皮膜裡。

(3) 封孔處理

某些腐蝕性物質會通過陽極氧化皮膜的孔而侵入鋁材，因而有時候會造成耐蝕性下降，因此要進行封孔處理以堵住孔洞。封孔處理如圖 3 所示，其原理係利用氧化皮膜的水合作用所致的體積膨脹而堵住孔洞。主要是在 80°C 以上的離子交換水中浸漬數十分鐘進行處理，而工業上則是使用 0.5%左右的醋酸鎳水溶液，一般認為這樣會因為發生鎳的氫氧化物的析出反應而更有效地堵住孔洞。

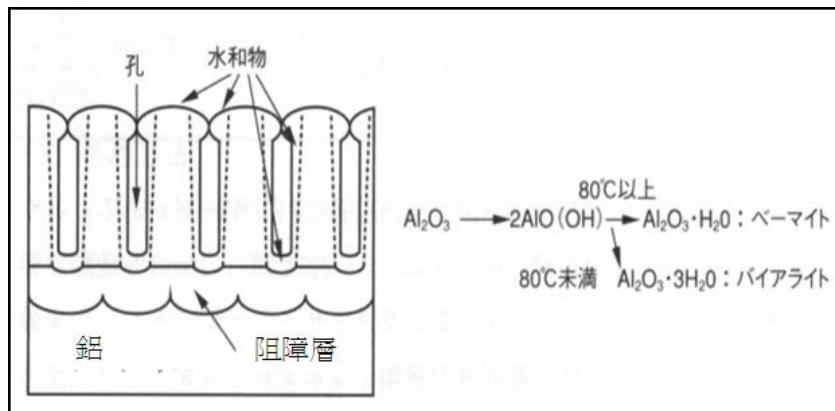


圖 3 鋁材封孔處理之皮膜結構

資料來源：「現場で生かす金屬材料シリーズ－アルミニウム」，2007

(4) 著色處理

陽極氧化皮膜的孔還可以運用於皮膜的著色，其著色方式如圖 4 所示，主要包括利用染料進行染色的方法、讓金屬在孔內析出的電解著色方法，以及利用其合金成份讓皮膜發色的合金發色等 3 種。特別是由於染色可以透過染料的選擇而得到廣範圍的色彩，因此大量應用在重視外觀的 3C 攜帶式產品的外殼等用途。不過由於染料會因紫外線而產生退色的傾向，因此較適用於屋內使用的電子產品。

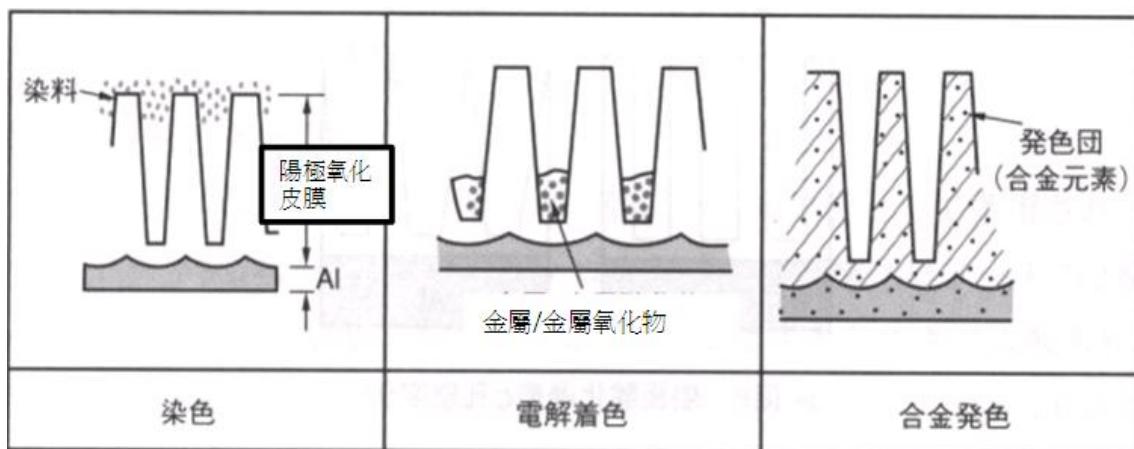


圖 4 鋁材陽極氧化皮膜的著色方式

資料來源：「現場で生かす金屬材料シリーズ－アルミニウム」，2007

另一種，電解著色製程係以陽極氧化處理後的鋁材料作為負極，在含有 Cu、Sn 等之金屬鹽的溶液中進行電解，讓金屬粒子在孔內析出而著色的方法，可以得到的色調是灰色系或茶色系，不過因紫外線而產生的退色很少，因此經常使用在屋外用的外牆或圍籬等建材。

至於合金發色，則是因 Fe 或 Si 等的析出物不會被陽極氧化而會留在皮膜內，因而利用其來進行發色，其色調大多是灰色系。由於 Fe 或 Si 等的析出形態大大地影響到色調，因此為了得到再現性良好的穩定色調，必須非常注重軋延或熱處理條件管理。(待續)