



文 / Michael Oliver 博士

背景

在 2008 年第 108 期《螺絲世界》雜誌中，我曾經發表一篇有關航太與汽車螺紋扣件的文章，談及物理特性包括強度、螺紋長度和尺寸規格的差異，並比較這兩種螺紋扣件的相對成本，也談到螺紋扣件因應這兩種工業用途產生各種不同的表面塗裝和電鍍層。本文中，我將繼續討論有關螺紋扣件在這兩種工業應用中所使用的鍍金屬電鍍層。

1980 年代中後期，全世界的航太與汽車工業都使用鍍金屬電鍍扣件（不論是螺紋或非螺紋）。鍍金屬從當時至今，一直都是良好的電鍍金屬。鍍層是一種性質極薄的犧牲鍍層，摩擦係數穩定。鍍層的抗蝕性良好，依據 ASTM B117 標準規範 (IAW)，經過至少 96 小時的鹽霧測試，組裝接合後再經由測試裝置或同等方式施以扭力，螺紋部位及頭部下方部位的鍍層都不致於有剝落的不良現象，且最重要的是，鍍金屬電鍍施作成本低廉且取得方便。唯一的缺點是有時需要鉻化或磷化處理，多上一層表面塗裝。航太扣件規格，就我所知，大多數已不再認為鉻化處理有其必要。但是很可惜，好時光還是必須結束，鍍金屬在汽車工業的使用已成過去。

歐盟已通過毒性物質列管法規，鍍金屬即為列管物質之一。歐洲汽車產業率先制定規範，規定汽車製造業者改採不含鍍金屬的扣件。美國對此規範並未正面回應，因其認為廠商不必聽命於歐盟制定的規章。接下來發生的事我們都知道的，在歐洲市場賣汽車或是汽車零件，產品製程使用的所有扣件必須不含鍍金屬。

在「改變」的時期，我曾經在某家專為汽車供應商作扣件測試的實驗室工作。早期，檢測螺紋扣件的六價鉻或三價鉻塗裝實在令人灰心喪氣。常常才剛打開盒子，大多數扣件的塗裝在運送過程中早已剝落。然而，時代不斷前進，扭矩技術改善許多，現今我們所面對的新問題是摩擦係數。我們用扭矩 / 張力荷重元來進行測試，測量螺紋及頭部下方兩個部位的摩擦係數值在 0.2 上下。依據這樣的趨勢，我們必須重新配置生產工具，改用更高轉速的氣動扭矩槍，因為必須提高測出的最終扭矩值才能通過檢驗。

展望未來

上文所述用意為將討論的話題提供背景資料，接下來的文章要談鍍金屬在航太螺紋緊固件的應用。時至 2013，歐盟推出「潔淨的天空」此行動。在這個時間點上，我們不知道這個創舉將給產業製程帶來什麼程度的影響，鍍金屬是否從此不再使用於飛機和其相關設備。

平均來說，我知道每一輛汽車大約有 1,100 個扣件。另一方面，每一架飛機可能有超過 100 萬個扣件（螺紋和非螺紋型）。對於汽車工業，螺紋扣件的繪圖若變更，其他文件不用跟著變更；航太方面就沒有這麼容易，舉例來說，某政府需要製造一架有六個機翼的飛機。為了此合同，我需要一套繪圖，方便承包商按照我想要的規格來製造。因此，我有第三級的完整裝配圖（繪圖詳細的程度是任何有設備及專業知識的人，憑著一整套繪圖就能製造出最終產品），這些附圖包含組裝子配件到最終裝配，也就是整架飛機機體需要的所有螺紋扣件的扭矩範圍。一旦變更螺紋扣件的塗層或鍍層，這些繪圖必須全部變更。進一步來說，這些繪圖在裝配上所使用的扣件類型和數量都要標出，因大部分扣件以工業標準或經過修正的工業標準來控制品質。

在理想的世界裡，政府所要的六機翼飛機繪圖不需任何改變；但是我們並不在完美的世界裡，且擁有繪圖所有權的各個政府也非常複雜。就拿一個規範來作例子，姑且稱它作 ABC-X，這個規範具有一個剪力級數和極限強度，軍方所有兵種都使用這種螺紋緊固件。然而，每個兵種皆有自己的要求。如

果不使用鍍鍍塗層，而改為新類別的塗層，所有航空母艦的駕駛都會要求塗層同時具有抗鹽水性和抗硫性（因噴射引擎有排廢氣口）；但是，其餘飛機駕駛就不會有這個要求。因此，此兩種組織擁有迥然不同的要求，且大規模的研究和經濟採購將不復存。所以，如果你執掌一個規格機構，你會在規格上添加數不清的選項嗎？答案是否定的。

由上述例子可得知，如果不同的航太機構存在同一個政府部門下，而且他們各有不同的要求，這些機構就必須各自更新他們自己繪製的圖，那將會有成千上萬的製圖要更新，執行這任務所需的工時將會是天文數字。

我剛才談到，既有的塗層和鍍層若要符合所有航太機構所有的需求和要求，會發生什麼事。相較之下，想想如何為航太業找到鍍金屬替代物質，這樣的任務比較簡單。幾十年來從事汽車業的人做了許多研究，也發展相關領域的產品。但是，大多數的政府不是這樣運作。政府機構一定要成立委員會，並藉由繁複的研究報告，從鍍電鍍工廠勒令歇業對於環保與金融衝擊的研究，以至附近海域斑點蠓蠅生態困境的研究（你知道這是真的）。大家指著汽車業界所作的研究，看到一些塗層 / 鍍層如何符合新制規定的要求，這並不重要，因為這些研究並沒有研究經費資助，而是受政府控制。汽車業投入 10 年歲月，從概念到現實面來研究鍍替代物，那麼政府要花費多久時間才能取代航太產品中緊固件所使用的鍍？我的猜測是 20 年。其次，就是繪圖的問題。

腐蝕在航太扣件是個非常大、且真正存在的問題。美國有兩種基本規格，包括 ASTM B117 鹽霧（霧化）裝置操作標準規程，以及 ASTM G85 修改鹽霧（霧）標準規程，外加 SO₂ 鹽霧循環測試。一般人大多了解 117 規範，但就不熟悉 G85 規程。目前既有的汽車扣件塗料有一些可通過 300 小時的 G85 規格，但不多。其中，有些具有多層塗裝，同時滿足耐腐蝕的要求以及摩擦相關係數的要求（符合鍍鍍塗層的要求）。

新的塗層或鍍層還另有個環境的小問題，那就是溫度。我舉個實際的數字，就說 -70°C 到 +70°C，當我們添加一些振動和 8-10 克少許的負荷，鍍金屬可以處理這一切外加因素，而且沒什麼問題。但是，替代品做得到嗎？

結論

取代汽車扣件鍍塗層不是一個簡單直接的任務，許多零件在實際更迭替換的測試和評估中消耗。但是最終，這些消耗還是值得的。同樣的事情若換到航太業來做，卻成了不同的任務，因航太業實際上有兩個部分，民用航太和政府航太。當然，政府航太業不改變時，民用航太為什麼要改變。筆者認為，航太業終究會改變，但是改變不會來得快，也不容易。繪圖、政府官僚及不停歇的會議在美國稱作「簡報過勞死」，即簡報展示，一直輪播投影片，直到你就要睡到一頭栽進你面前的咖啡杯，把自己淹死為止。