

金屬塗佈

文 / Guy Avellon

金屬塗佈的原本用途是要強化所包覆的部件表面。方法包括使用銀、黃金、鎳、鉻和銅。然後又知道一些特定的塗佈也能保護基底金屬免於空氣腐蝕。有一些效果比其他的好，且方法也不同。

所有的鋼鐵扣件的表層都具有特定樣式的保護塗層，就算是只有薄薄的一層油來保護運輸中的裸鋼或是做為完整塗佈之前的初步保護的都算。

今日有各式塗佈方式可以用來強化部件的表面、改善抗腐蝕或是在組裝時控制扭力－張力的阻抗。

當被使用於扣件時，較高的厚度會決定塗層的抗腐蝕能力。範圍介於每平方英尺1,000~3,000毫克的厚鋅磷酸鹽塗佈可以通過96至400小時的鹽霧防腐蝕測試。這取決所使用密封劑（像是油或蠟）的樣式。

電沉積鋅塗佈

典型上，電鍍鋅的厚度範圍介於0.00015"至0.0003"之間，中位數為0.0002"（5μ）。根據ASTM B117規範，鹽霧測試在24小時之內會在未受保護的鋅層上出現一些腐蝕產物，那就是紅銹。

這就是為什麼許多鋅塗佈要額外進行無色或有色浸鉻。這些浸鍍是一種密封過程，用以解決鋅沉積的孔洞並強化防腐蝕能力。因此，36個小時後，白色的鋅腐蝕產物會首先出現。

鋅

這是在可以在基質（外露金屬零件）和空氣腐蝕之間提供屏障的金屬。換句話說，它會率先產生腐蝕，藉此保護鋼部件。它可以透過許多方式應用在扣件上，像是熱浸鍍、機械沉澱、電鍍或透過化學轉換。當腐蝕開始時，會有一種白色腐蝕產物。

熱浸鍍鋅

在這個過程中，部件在鋅液中實行浸鍍。由於鋅液的溫度高於華氏800度（攝氏427°度），對8級扣件回火溫度的影響會比對5級扣件的影響還高。因此，這個流程僅限於結構A325（F3125）、A307、圓頂頭螺栓和電塔螺栓以及各式管件和鐵製法蘭。

依據ASTM B695第55級規範，A325結構扣件可以進行熱浸鍍鋅。其他拉力強度高於125ksi的扣件不可以進行熱浸鍍鋅。當使用於螺帽時，螺紋在塗佈後會進行攻牙。

塗佈厚度非常厚，可以是一支電鍍鋅扣件的10~30倍。平均超過0.005吋的防腐蝕塗層極度適合用在戶外，因為厚度夠厚。詳見ASTM F2329規範。

機械鍍鋅

這是另一種不需高溫就可以產生厚層塗佈的程序。因為這是一種使用鋅片液藉由玻璃或金屬球珠的輔助去撞擊部件表面達到塗佈結果的機械性流程，過程中不會引起氫脆化。厚度可以被控制，變異介於0.0003"至0.005"之間。產生的是無光澤或槌子色調的金屬鋅塗層。

這個流程廣泛被用於硬化平墊圈來避免因氫誘發的裂縫。不過這還無法被應用在ASTM A490/490M（F3125/F3125M）的結構螺栓上。

化學轉換

這也被稱作磷酸鹽塗佈，也是唯一可以實際與基底層產生反應和結合的塗佈。電解後的金屬鋅／鐵／錳離子會被化學結合至鋼表面。典型上，這種薄薄的轉換塗層被使用在辦公家具…，因為可以被作為很棒的上漆前塗佈。



浸鉻酸可以搭配能產生顏色和較厚塗層的添加劑。當然，較厚的塗佈可以提供更大的防腐蝕能力。常用的方式是六價鉻或三價鉻。六價鉻比較厚，但已被發現會對環境和公眾健康產生有害影響，所以已經在一般用途被停止使用。使用有色的轉換塗佈，抗紅銹的能力可以推升至96個小時。

為了符合環保署和RoHS（危害性物質限制指令）的要求，三價鉻在所有電鍍部件上已經全面取代六價鉻。三價鉻部件的色彩並不像六價鉻那樣虹彩。它產生的是一種更柔和的黃色。其防腐蝕保護稍微差一些，且其多樣化的表面塗層會中斷擾亂一致的扭力－張力關係。多數所有扣件產品都有電鍍鋅。

螺帽厚度

很多規格要求螺帽的厚度應該跟扣件一樣。這是不必要的。原因之一是會產生螺紋密合問題。電鍍會在外螺紋扣件的螺峰產生「聖誕樹」效應。這是電解液電流密度和部件幾何的結合。峰處最靠近陽極或金屬來源。

螺帽將會有類似的問題，只有電鍍層會在第一條螺紋外層堆積。因為電鍍浴有相對低的「均厚能力」，內螺紋會產生比較少的電鍍沉積。但記得它們在鎖固時是與可提供充足保護的母件進行耦合。以熱浸鍍過的螺帽為例，它們都在上塗層後進行攻牙，基本上螺紋是外露的。當螺紋密合問題存在時，最好能夠減少螺帽的厚度。

鎳

雖然基本上被RoHS和環保署列為禁用致癌物質，在太平洋環帶周邊地區生產的產品還是有在使用鎳進行電鍍，尤其是全金屬的預置扭力防鬆螺帽。與鋅不同，鎳在過程中不會減損，而是會形成高密度的基底保護層。六價黃鉻被用來區分鎳，因為未處理的鋅和鎳都呈現銀色。浸蝕後，這個塗層產生極度一致的扭力值。抗腐蝕能力超過400小時。

氫脆化

氫脆是一種延遲性的破裂現象，主要是因為吸收了從金屬表面處理過程中釋放出的氫離子。這可以從電解過程中離子的轉換而誘發。有一派則主張一些氫離子的吸收可以來自螺絲製造的過程。

不管如何，確保部件不會發生氫脆這部分已經有很大的進展。其一，鋅電鍍已經從氰化物電解轉變成更具效率的鹼／酸浴，因此在陰極，也就是部件上產生較少的氫。金屬沉積的孔洞也會比較少。

烘烤超過羅氏硬度38的電鍍部件已經是標準作法。根據聯邦標準QQ-Z-325和先前的更新設定，烘烤在華氏400度（正負誤差25度）下進行4個小時。這個方法也顯示可以成為替代方案但並非絕對。

因為鋅－氫沉積有很多孔洞，烘烤相對來說比較有效。鉻轉換塗層密封了孔洞。不過，藉由更有效的非氰化物沉積，氫就比較沒有機

會被釋出。這也是為什麼更長的烘烤時間會被建議用在高度易發生氫脆的關鍵部件。

有機塗層

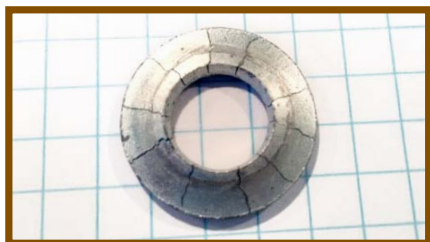
這種被稱作浸轉塗層，並在1980年代中期被開發出來。以前要控制塗層厚度非常困難，現在厚度是用不同的金屬塗層堆疊出來。

有機塗層已經被相當成功地應用在汽車代工和軍事用部件。有些現在還被用在許多維修運營領域。

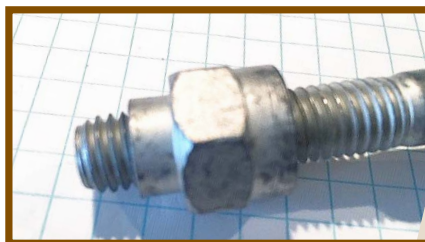
基本上，塗層充滿著金屬粒子，像是鋅和鋁。在充滿金屬的塗層上加上表面塗層進一步強化了防腐蝕能力。鹽霧測試範圍根據塗層和多種處理方式的選擇從最低500小時至超過1,000小時。

兩種這類規格都列在ASTM F1136和F2833標準之中，這兩種標準詳細描述有表面塗層的鋅和鋁有機塗層。表層塗佈可以提供兩至三層的厚度，所以必須考量是否適用於螺帽的螺紋。加速的鹽霧測試宣稱可達到840至1,200小時的防腐蝕時間。

不過，這些防腐蝕時間只是在可控情況下鹽霧測試的相對比較。實際應用狀況可能會因為組裝方式、其他暴露於酸雨和紫外線的方式而有所不同。它們也會因為不同施作者而產生差異。這些時數的級數不是絕對，只能當作參考。



氫脆化



有機塗層

