

腐蝕與電鍍 (第二部分)

扣件電鍍

大部分扣件會做外層的保護性電鍍或塗佈，以隔絕會暴露到的物質元素。雖然做法百百種，最常用的做法無疑是某種形式的鋅電鍍。

對含螺紋的扣件做鋅電鍍，已有超過百年的歷史。一般而言，它可以對抗惡劣程度為輕度或中等的環境，它的施作容易，非常具成本效益。雖然鋅電鍍也有一些缺陷，但它產生的外觀很吸引人也很有效用。

鋅電鍍雖然主要施作在扣件和其他類似的小五金，但可以這種方式施作到扣件上的金屬並非只有鋅而已。事實上，大多數的金屬都可以順利用來電鍍。其他多種金屬，包括銅、金、銀、錫、鋁、鎳、鎘，也都會用來施作到扣件上。本文將探討如何電鍍，並介紹扣件最常採用的電鍍方式。

需要電鍍的原因：

一般會常問到的問題是：「到底為何要電鍍扣件或將扣件進行塗佈？」簡單來說，這麼做是基於幾項理由。其一顯然是為了保護扣件的基底金屬，免受其所處環境的破壞。在先前我投稿的第一部分內文中，我們學到電鍍和塗佈保護零件的各種不同方式。某些提供障壁式的保護物質，意指其提供一種障壁，將腐蝕性介質隔絕於基底金屬之外。某些提供電流式(犧牲性的)保護物質，這種物質的電流反應比基底金屬更高，因此透過自我犧牲來保護基底金屬。這是電鍍最常見的運作機制，鋅電鍍或許正是最重要的例子。另有某些提供保護性的氧化物或鈍化層，對腐蝕的環境有惰性。最後一個是「自愈」，意指保護層如果受到損壞，保護層會自行修復。這就好比我們的皮膚，當我們被抓傷，傷口會自行癒合和快速修復。這些機制時常會相互結合來增強各個機制自身的功能。舉例來說，鋅經過電鍍變成一種自我犧牲的保護物質，但一個完整的機制其實還包括鉻鈍化處理，它形成的惰性類氧化層會強化單一鍍鋅層的防腐蝕效果。因此，常見的鋅電鍍扣件會結合使用電鍍層和具保護性的鈍化層來遲緩腐蝕現象。

第二個需要電鍍或塗佈扣件的常見理由是為了改變摩擦力。這個領域的發展相對較新穎，也反映出扣件使用者更高度要求在組裝過程中減少扭力的偏差或希望鎖固扣件時能更省力。摩擦力的修正有兩種基本形式，一種是在表面塗層中本身自帶的；一種是額外帶有一個潤滑層。塗佈(而非電鍍)通常會自帶潤滑的功能。電鍍通常是採用分開的做法，例如在作業程序的最後環節中採用蠟塗佈或乾膜潤滑劑。

第三個需要電鍍或塗佈扣件的理由是為了外觀。就算是在粗糙的表面上施作的電鍍表面也會很平滑整齊。由此，電鍍的表面外觀比起其他塗佈方式(尤其是上了漆或很厚重的塗佈)看起來更順眼。

第四個需要電鍍或塗佈扣件的理由是為了辨識。使用者需要區分兩個外觀相似扣件的理由有很多種。舉例來說，早期美國汽車業轉換到公制尺寸時，有些公制和英制的扣件幾乎彼此看起來一模一樣，當時常常無法靠肉眼區分。透過採用不同色的電鍍，就能區分這些零件。同樣地，現今我們足以能對電鍍採用不同的後期處理，以提供不同顏色或色調，以區分零件。

慣例上也會採用電鍍或塗佈來強化導電性，為達此目的，銀電鍍和金電鍍都是絕佳的採用實例，這兩者有時也會成為其他表面塗層的基底層。銅也是一種很好的表面塗層，常作為多層式電鍍塗佈的基底層。最後，電鍍和塗佈可用於防磨損。使用硬鉻之類的塗佈作為防磨損的表面是很常見的。



重要概念：

為了解電鍍的幾個重要侷限，重要的是去了解幾個關鍵概念。

▶ 電流密度：

電流密度是指一定時間內通過特定零件橫切面的電流量。電流密度會因零件的外型以及零件上的各個不同位置而不同，它在零件的邊緣端絕對會是最大的。電流密度最強之處，也是電鍍處理速度最快又有效之處。此現象的實質意義是零件的邊緣端電鍍速度更快，邊緣端會沉積較厚的電鍍物質。在某些例子中(尤其是較長的零件)，這會導致電鍍物質聚積在螺紋上，使螺紋咬合產生問題。

▶ 伸入力：

「伸入」是一種術語，描述電鍍能伸入溝槽和孔洞的能力。多數電鍍作業的伸入力不佳，因此不會鑽得夠深進入到溝槽底部或螺帽的內螺紋。

▶ 附著性：

這個術語是指電鍍層對零件表面的附著程度。用戶不會希望電鍍層與零件剝離，所以附著性是很重要的性能特質。

電鍍程序：

電鍍是一種電化學過程，代表需要電流在兩個物質之間傳導電子。以電鍍來說，施加電流會使原子從電鍍用的電極金屬(通常是固狀的電鍍材質金屬塊或金屬條)分離開來，將帶電離子釋放到電解質溶液中，然後再將離子重新沉積在固體的扣件上形成電鍍層。

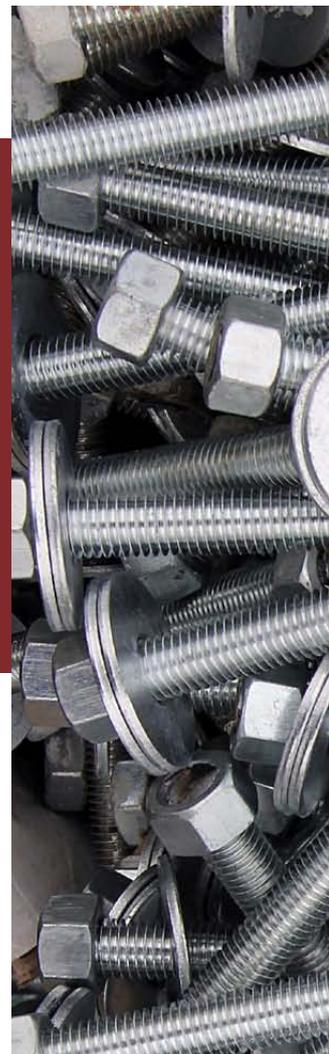
電鍍可以在電鍍架上批量執行或單一執行。多數的扣件都很小且是大量生產，所以幾乎都是批量進行電鍍，其作法是把最佳數量的零件放入批量電鍍滾筒中。這些滾筒尺寸可小(直徑約30多公分)也可大(直徑約1.6公尺)，上面有許多孔洞，讓電鍍溶液流進來並充斥零件周遭。

第一個流程是加載電鍍滾筒。加載的滾筒容量要考量零件尺寸、重量和滾筒尺寸。雖然大多取決於滾筒的尺寸，但電鍍業者一般都使用能承載數百噸零件的滾筒。零件會立刻進入到清洗和活性化流程。這個流程很重要，因為骯髒的零件或表面沒有活性的零件對電鍍的承受性不佳，會在附著性、外觀或品質方面出現問題。清洗作業的第一個程序通常是使用強力的鹼性清潔劑，去除零件表面上大多的油污、污垢和斑點，但無法去除鱗片狀物質、氧化物或其他難去除的斑點或污垢。接下來零件會經過電鍍程序。在電鍍過程中，會導入電來產生電解作用。這好比在做深度清潔，可以去除在浸泡清洗階段中沒有清除掉的油污、污垢或斑點。然後零件會進入酸洗階段，浸泡到鹽酸等等強酸中。這可以去除任何熱處理可能產生的鱗片或氧化物，並中和先前進行鹼性清潔後的表面鹼性值，並將表面活性化。透過這最終步驟清潔出來的零件應非常潔淨，其表面已準備好進行電鍍。

接著電鍍滾筒會送到電鍍槽，沉浸到電解液槽內，然後導入電流，啟動電鍍循環。在某些案例中，電解質已充填到含金屬的溶液中，但更常見的是將電鍍用的電極金屬浸入電解質中，同時電流的離子進入到電解質中，電解質則作用在工件上，然後再沉積。沉積的厚度大多取決於滾筒浸入電解質的時長。

電鍍之後，會沖洗零件並進行其他依規定有特定程序的電鍍後作業，通常包括鉻鈍化作業，但也可能包括添加封口劑、潤滑劑或進行除氫脆烘烤。

這些電鍍作業在習慣上會包含鉻鈍化作業。鉻鈍化是一種轉化塗佈，代表電鍍表層接觸到鉻鈍化溶液時會觸發化學反應，將表層轉化為極薄的類氧化層以強化腐蝕防護。鉻鈍化的另一個結果是轉化塗佈作業常會改變基底電鍍金屬的顏色或色調。鉻鈍化後產生的顏色包括黃、黑、棕褐、青銅、橄欖色、銀色(有時帶有淡藍色)。



約莫20年前，歐盟通過一新法案，規定汽車使用壽命到期時應如何作廢。其中包括幾條法規關乎到汽車零件的有害物質。不幸的是，其中一種長期受關注的物質就是六價鉻離子。六價鉻是多數電鍍後使用的鉻鈍化溶液之主要成分，因此六價鉻被禁用於歐洲汽車之後，全球必須慌亂地排除掉它並尋找替代物質。這使電鍍程序發生重大轉變，作業者如今必須尋找替代程序，且其性能表現要等同於以往的含六價鉻物質。

最初的解決方式是使用三價鉻溶液。不幸的是，三價鉻的性能表現不如六價鉻，為表面處理和扣件產業帶來難題。尤其三價鉻不像六價鉻有自行癒合的能力，這代表以三價鉻處理的零件沒有以往會擁有的優良防腐蝕保護力。解決之道就是在鉻鈍化作業後添加封口劑。

還有另一個問題是遺失天然色，三價鉻無法像六價鉻一樣產生黃色和黑色。早期這一點是透過添加染料來解決，但染料不可能比得上原色。在那幾年間，表面處理產業改善了這個問題，但今日的零件仍有發生上色不佳的案例。

電鍍的選項：

▶ 鋅：

扣件最主要的電鍍方式是使用鋅。通常會以鋅鉻銀、鋅鉻黃、鋅鉻黑的形式來提供。三價鉻是現今的標準選項，但六價鉻仍有限量提供。鋅電鍍是一種高密度、相對不滲透的表面處理，會產生平滑光亮的表面。鋅電鍍的零件通常看起來美觀好看。鋅電鍍在輕度到中度惡劣環境中的表現很好，端看其厚度、鉻鈍化處理和封口劑這些綜合因素。鋅電鍍相當常見，以至於到處都能看到有信譽的電鍍廠商，形成相當活躍的產業。

然而鋅電鍍並不是沒有潛在問題。電流密度的影響會讓比較長的零件比較難處理，因為螺紋的尾端那邊很容易電鍍過頭。鋅電鍍的伸入力不佳，使得溝槽和孔洞覆蓋度不佳。三價鉻產生的顏色色調往往不如六價鉻色調的飽滿度和深度，且暴露在紫外線下往往比六價鉻處理的零件更容易褪色。

▶ 鋅合金：

近年來鋅合金電鍍獲得青睞，其中包括鋅鎳、鋅鐵、鋅錫、鋅鈷。鋅鎳是其中的最佳首選，因為業界有意將它取代鎳。這些合金主要成分都是鋅，有5-15%成分是其他金屬。就像其他合金一樣，這些合金的性能優勢優於單一的鋅。它們外表看來就像鋅電鍍一樣，基本上擁有同樣的銀、黃、青銅、黑色調。

▶ 錫電鍍：

錫電鍍和鋅合金電鍍一樣越來越受歡迎，尤其是用於電器和電動車電池組。錫電鍍獨特在於，帶有錫電鍍的零件壓型時，它只會髒掉卻不會裂開。這一點特別有利於某些為了需要更好導電性而斜放的零件。

▶ 金與銀塗佈：

這兩種寶貴的金屬塗佈就和錫電鍍一樣用於導電連接。兩者都提供絕佳的導電性以及防腐蝕保護力。

▶ 銅：

銅可用來強化電導性，或成為其他電鍍或塗佈的基底，或用來潤滑。某些主流的多層塗佈系統是以銅撞擊基底金屬，以強化其它塗佈層的黏著度。銅也會用於冷打頭像不鏽鋼一樣容易磨傷原料。銅有絕佳的潤滑性能，避免原物料刮傷。

▶ 鎳：

最後是鎳。早些年，鎳在扣件業曾是受歡迎的電鍍選項。事實上，與其它電鍍方式相比，鎳因為在各項的表現最好而獲得青睞。尤其它的天然潤滑性是鋅與其它電鍍方式無法擁有的。這對扣件來說特別具有優勢，因為它能一致化並改善扭力與張力的相互關係。不幸的是，鎳就像六價鉻一樣是不佳的作用物，對人類和環境都不安全。事實上，電鍍鎳的扣件已在車用等市場被永久禁用，之後也不會再出現那種扣件了。

總結：

電鍍是一種常見且盛行的扣件表面處理方式。一般來說，電鍍在輕度到中度惡劣環境中提供很好的防腐蝕保護力，美觀好看，而且電鍍是容易取得的服務。因此世上才會這麼多扣件都做過鉻電鍍。我們會在本系列的第三部分探究扣件常用的塗佈和其他表面處理方式。 ■

