

熱浸鍍鋅鍍層損傷補修方法簡介

陳正平技師

一、前言

鋼鐵材料為高強度之建材，為建造房屋結構最重要且最有效益的材料之一，但鋼鐵材料易受環境「腐蝕」現象之響，而嚴重影響鋼鐵材料之使用壽命。尤其是台灣地處高溫高濕的海洋性季風氣候環境下，「腐蝕」問題較其他各國更為嚴重，隨著地球鋼鐵材料資源日益減少，及工業生產所產生之二氧化碳的排放未能有效控制，而產生地球溫室效應。因此，強化鋼鐵材料之防蝕性能，延長鋼鐵材料之使用壽命，亦為減少資源消耗及減少二氧化碳排放的方法之一，因此如何有效防蝕為當今重要的重要課。

熱浸鍍鋅防蝕技術是目前工程實務上使用甚廣泛，亦為頗具效益之防蝕方法之一。鋼鐵材料採用熱浸鍍鋅，可有效維護及延長鋼鐵材料之使用壽命。但鋼鐵材料熱浸鍍鋅必須在工廠內進行，經完成鍍鋅鍍層之鋼鐵材料構件，在鍍鋅過程中常有吊掛位置，或鋅液不易浸潤之凹角，或搬運或組裝過程碰撞或在銲接或火焰切割後造成鍍層之損傷，或因局部銹蝕，而須作熱浸鍍鋅鍍層損傷及裸點補修的動作。「中華民國熱浸鍍鋅協會」技術及開發委員會制定之 CNS15257「熱浸鍍鋅鍍層損傷及裸點補修」規範，提送經濟部國家標準檢驗局審議，並已於 98 年 3 月 30 日核定公布，(經濟部標準檢驗局 98 年 4 月 6 日經標一字第 09810004060 號函公布)，爾後鋼構同業有關熱浸鍍鋅鍍層損傷及裸點等之補修作業，可係該標準為修補依據。為協助國內產官、學、研各界及相關機關團體瞭解標準之內容，進而採用國家標準，以推廣國內熱浸鍍鋅技術及產品，該協會將與經濟部標準檢驗局合辦「熱浸鍍鋅產品系列國家標準說明會」加強宣導。國家標準既已公布 CNS 15257「熱浸鍍鋅鍍層損傷及裸點補修」規範，技師同仁在施工監造時，可依該標準作為鍍鋅鍍層損傷及裸點補修之依據。

二、適用範圍

「熱浸鍍鋅鍍層損傷及裸點補修」標準適用於鋼鐵配件、鋼構及鋼鐵材料加工製品之熱浸鍍鋅鍍層 (以下簡稱鍍層) 損傷及裸點補修。鍍層損傷可能為銲接 (見圖 1 及 2)、火焰或電鋸切割(見圖 3)造成的燃燒破壞, 亦可適用於因搬運或組裝撞傷之鍍層修補。修補部位之大小及方法可由買賣雙方協議之, 若國家標準未規定, 但與勞工作業安全有關之事宜, 應先建立適當之安全維護措施。



圖 1 銲接造成的燃燒破壞



圖 2 銲接造成的燃燒破壞



圖 3 切割修改造成的燃燒破壞

三、修補材料

3.1 修補材料之厚度與性能

修補材料須可與鍍層相容，其厚度至少須符合原設計厚度以上之鍍層厚度，且須適度擴展至未損傷之鍍層區域範圍，才能有效提供犧牲陽極及隔絕層保護功能。

3.2 適合鍍層修補之材料

- (1) 鋅基錫料：使用之鋅基合金錫料為鋅錫銅合金，可為棒狀或粉狀。鋅錫銅合金之液相線溫度為 $349^{\circ}\text{C}\sim 354^{\circ}\text{C}$ ，在 $250^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 為半固態。
- (2) 鋅粉漆：使用在鋼鐵表面之鋅粉漆，通常由有機樹脂與鋅粉混合而成，鋅粉須占漆料質量百分比 65~69，或乾膜含鋅量須達 92% 以上，且須具有修補損傷鍍層之效用。除非買方指定特殊之濃度或塗裝系統，修補鍍層損傷用之鋅粉漆，須由鍍鋅業者決定與鍍層相容之鋅粉漆。鋅粉漆耐蝕性及效用性能，與塗料系統之特性、表面處理及塗裝施工技術有關，故鍍層損傷及裸點之補修須謹慎施作。

四、修補方法

4.1 鋅基鋁料鍍層修補方法

- (1)修補部位利用鋼刷、輕度研磨或噴砂進行表面處理，為確保修補層平滑，修補之部位須擴展至未損傷之鍍層區域。
- (2)修補區域如有殘留鋁渣及濺渣時，須先以剷除、研磨或電動除垢工具等機械方法加以清除乾淨。
- (3)修補區域預熱至 315°C 以上，但不可過熱至 400°C，並避免周邊鍍層產生燒損，預熱時得以鋼刷清潔表面，必要時，得預加助熔劑。
- (4)以棒狀鋅基鋁料擦拭已清潔之預熱區域，使鋅合金層平均分布。
當使用粉狀鋅基鋁料時，把粉體撒在清潔之預熱區域內，並用抹刀或相似之工具抹勻，鍍層厚度由買賣雙方協議之。
- (5)修補完成後須以清水或濕布擦拭，以去除殘留鋁接助熔劑。
- (6)依 CNS 15200-1-7 規定之磁性、電磁性或渦(電)流方法，測定修補後之膜厚。

4.2 鋅粉漆修補方法

損傷區域之表面處理，常受塗料類型及使用環境之影響。通常使用有機鋅粉漆系統之表面處理要求較低，大多數含鋅粉有機塗料硬化時，對於大氣環境之要求較不嚴苛，一般之應用說明如下：

- (1)鋅粉塗料施工前，須將修補部位之油脂、舊塗膜、腐蝕生成物等清理乾淨，保持乾燥。
- (2)預估現場施工條件，包括浸泡水中環境，修補表面須噴砂至 ISO 8501-1 規定之 Sa 2 1/2 (非常徹底的噴砂除銹) 等級，對於腐蝕較不嚴重部位，修補表面須噴砂至最少達 ISO 8501-1 規定之 St3 (非常徹底的手工和動力工具除銹至表面潔淨) 等級，若環境不允許噴砂或電動工具處理，修補表面須以手工工具清理至 ISO 8501-1 規定之 St2 (徹底的手工和動力工具除銹)等級(表面處理標準參見表 1)，須確保修補層平滑，表面處理須擴展至未損傷之鍍層(見圖 4)，表面處理方法及範圍由買賣雙方協議之。



圖 4 鋅粉漆修補

表 1 表面處理標準

| 表面處理標準 | NACE ⁽¹⁾ | SSPC ⁽²⁾ | ISO 8501-1 | BS 7079 ⁽³⁾ |
|--|---------------------|---------------------|---|------------------------|
| 非噴砂潔淨 (Nonabrasive Blast Cleaning) | | | | |
| 有機溶劑潔淨 (Solvent Cleaning) | | SSPC-SP-1 | | |
| 手工具潔淨 (Hand Tool Cleaning) | | SSPC-SP-2 | St2 or St3 | St2 or St3 |
| 電動工具潔淨 (Power Tool Cleaning) | | SSPC-SP-3 | St2 or St3 | St 2 or 3 |
| 電動工具潔淨至裸金屬面 (Power Tool Cleaning to Bare metal) | | SSPC-SP-11 | | |
| 火焰潔淨 (Flame Cleaning) | | SSPC-SP-4 | F1 | F1 |
| 酸洗 (Pickling) | | SSPC-SP-8 | | |
| 噴砂潔淨 (Abrasive Blast Cleaning) | | | | |
| 噴砂潔淨至新金屬面 (White Metal) | NACE No. 1 | SSPC-SP-5 | Sa 3 (Blast Cleaning to Visually Clean Steel) | Sa 3 |
| 噴砂潔淨接近新金屬面 (Near-White Metal) | NACE No. 2 | SSPC-SP-10 | Sa 2.5 (Very Thorough Blast Cleaning) | Sa 2.5 |
| 噴砂潔淨 (Commercial) | NACE No. 3 | SSPC-SP-6 | Sa 2 (Thorough Blast Cleaning) | Sa 2 |
| 拂掃 (Brush-off) | NACE No. 4 | SSPC-SP-7 | Sa 1 (Light Blast Cleaning) | Sa1 |
| 濕式噴砂 (Water Blasting) | NACE No. 5 | SSPC-SP-12 | | |

備考：本表僅供比較參考，各種標準間並非完全相等，但BS 7079與ISO 8501-1 相等。

註⁽¹⁾NACE 為美國防蝕工程師協會 (National Association of Corrosion Engineers) 之標準。

⁽²⁾SSPC 為美國防護塗料協會(The Society for Protective Coatings) 之標準。

⁽³⁾BS 為英國標準協會 (British Standard Institution) 之標準。

(3)若修補之區域包括銲道，須利用研磨或電動工具等機械方法將銲渣及濺渣清除。

(4)以鋅粉漆噴塗或刷塗時，塗裝施工須依製造廠商之施工作業標準，以單層多道達到要求之乾膜厚度，塗層之間隔須具足夠之硬化時間。

(5)依 CNSI5200-1-7 規定之磁性、電磁性或渦(電)流方法，測定修補後之膜厚。

4.3 鋅熔射修補方法

- (1) 鋅熔射施工前，須將修補部位之油脂、舊漆膜、腐蝕生成物等清理乾淨，保持乾燥。
- (2) 若修補之區域如有殘留銲渣及濺渣時，須先以剷除、研磨或電動除垢工具等機械方法加以清除乾淨。
- (3) 修補表面須噴砂至 ISO 8501-1 規定之 Sa3 (噴砂潔淨至新金屬面)等級。
- (4) 須確保修補層平滑，表面處理須擴展至未損傷之鍍層。
- (5) 表面處理完後，在噴砂表面未出現明顯之銹蝕前，以熔射設備儘快將鋅線或鋅粉，熔射至清淨及乾燥之修補表面。
- (6) 熔射層之表面須組織均勻，無結塊、粗糙表面或鬆散顆粒(見圖 5 及 6)。
- (7) 熔射層膜厚由買賣雙方協議之。
- (8) 依 CNS 15200-1-7 規定之磁性、電磁性或渦(電)流方法，測定修補後之鋅熔射層膜厚。



圖 5 鋅熔射修補中



圖 6 鋅熔射修補後

五、結語

熱浸鍍鋅是以鋼構件浸入溫度約 460°C 的溶融鋅槽中，而使鋼片鍍上鋅層。鍍鋅皮膜之腐蝕生成物為一緻密的強力保護皮膜，使以後之銹蝕難以繼續進行，鍍鋅皮膜在某些因素而生瑕疵的情形下，其周圍的鋅會形成陽離子以抑制鋼鐵材的腐蝕，此為電化學的保護性犧牲防蝕作用，此種鋅對鐵的犧牲防蝕作用，是鋅的獨特性質，具有耐蝕的特性功能。

熱浸鍍鋅的應用已有百年以上的歷史，本文介紹熱浸鍍鋅鍍層損傷及裸點補修的方法，經熱浸鍍鋅處理之結構桿件須補修的面積並不多，修補費用亦不高，但可有效維持熱浸鍍鋅處理過之構件的防蝕效益。本文供技師同仁在施工監造作業時，可參考該標準作為鍍鋅鍍層損傷及裸點補修之依據。

【參考資料】

- [1]ASTM A 780-01 Standard practice for repair of damaged and uncoated areas of hot-dip galvanized coatings.
- [2]國家標準（2009）CNS 15257 “熱浸鍍鋅鍍層損傷及裸點補修”。
- [3]鄭錦榮（2009）“研訂熱浸鍍鋅鍍層損傷及裸點補修 CNS 規範歷程簡介”。