

# 熱浸鍍鋅

趙焜堦題

2020/10

NO.71

<http://www.galtw.org.tw>



中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會  
Galvanizers Foundation of R.O.C.

中華民國熱浸鍍鋅協會  
Galvanizing Association of Taiwan

■ 鋼橋、廠房等鋼鐵結構物的最佳防蝕方法

創造熱浸鍍鋅文化 · 維護台灣有限資源





# 臺鍍科技股份有限公司

## tg co., ltd.

防蝕專家 三重保證—品質、服務、創新



鹿港福興橋



桃園展演中心



台灣歷史博物館  
光電雲牆



真理大學  
體育館

### 鍍鋅爐尺寸

桃園廠：16m×1.8m×3.0m / 3.0m×0.7m×1.0m

高雄廠：12.5m×1.5m×2.3m

台南廠：4.5m×1.2m×1.8m / 3.7m×0.8m×1.2m

單件最大荷重能力→桃園廠：40噸 / 高雄廠：10噸

本公司榮獲 ISO 9001 品質認證專業熱浸鍍鋅廠商

#### 熱浸鍍鋅特點：

- 耐腐蝕性強
- 經濟效益高
- 耐用年限長
- 省時又省力

#### 適用範圍：

鋼構橋梁、鋼構廠房、道路護欄板、  
格柵板、路燈、標誌桿、螺栓、螺帽  
、華司及其他鋼鐵配件。



總公司：台北市松山區南京東路三段287號5樓  
Tel：02-25617665 Fax：02-27123686  
網址：<http://www.tgnet.com.tw>  
E-mail：tgpark@ms32.hinet.net

桃園廠：桃園市觀音區成功路二段919號  
Tel：03-4837966 Fax：03-4837735  
E-mail：tg.ky@msa.hinet.net

高雄廠：高雄市路竹區中山路259號  
Tel：07-6973181 Fax：07-6966311  
E-mail：tg01@ms24.hinet.net

台南廠：台南市山上區明和里北勢洲76號  
Tel：06-5783702 Fax：06-5783550  
E-mail：hyg@tgnet.com.tw

「臺鍍科技股份有限公司」原為「台灣鍍鋅股份有限公司」，於民國九十六年八月一日更名

## INDEX

- 1 **第一單元** ▶ 活動公告
  - ◎ 桃園市政府公共工程與熱浸鍍鋅技術研討會  
活動紀實活動報導
- 6 **第二單元** ▶ 生產技術及防蝕技術專題：
  - ◎ 熱浸鍍鋅鋼筋在含氯鹽和碳酸鹽砂漿中的腐蝕行為及應用前景
  - ◎ Zn-Al與Zn-Al-Mg鍍層的介面顯微組織解析
  - ◎ 鋼結構之鍍鋅螺栓設計
- 35 **第三單元** ▶ 工程實績介紹：
  - ◎ 中研院南部院區興建工程太陽能架
- 41 **第四單元** ▶ 109年1-6月生產統計表
- 42 **第五單元** ▶ 本會認證熱浸鍍鋅廠合格廠商  
熱浸鍍鋅加工建議價格表
- 43 **第六單元** ▶ 熱浸鍍鋅結構物設計要點
- 44 **第七單元** ▶ 中華民國熱浸鍍鋅協會簡介及  
中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會簡介

發行者 ■ 財團法人中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會  
協辦單位 ■ 中華民國熱浸鍍鋅協會  
發行人 ■ 魏豐義  
社長 ■ 蕭勝彥  
主編 ■ 黃勝俊  
副主編 ■ 王和源  
編輯委員 ■ 張六文、鄭錦榮、羅俊雄、陳鴻興、黃慶輝  
何芳元、鄭明智、蔡明達  
助理 ■ 賴淑娟  
會址 ■ 806026高雄市前鎮區一心二路33號11樓B2室  
電話 ■ (07)3320958~9  
傳真 ■ (07)3320960  
網址 ■ <http://www.galtw.org.tw>  
電子信箱 ■ [galvanat@ms63.hinet.net](mailto:galvanat@ms63.hinet.net)  
印刷設計 ■ 達利金廣告設計有限公司 0939784123

2020/10  
NO.71



中研院南部院區興建工程太陽能架  
工程名稱：中研院南部院區公共工程及第1棟  
建築興建工程  
專案管理單位：亞新工程顧問股份有限公司  
設計單位：境向聯合建築師事務所  
施工單位：根基營造股份有限公司  
工程概要：公共工程及研究大樓I棟（含智慧溫室）  
興建經費：新台幣1,618,840仟元  
鍍鋅單位：臺鍍科技股份有限公司  
鍍鋅鋼重：約400噸

## 廣告索引

- 封底 ▶ 力鋼
- 封面裡 ▶ 臺鍍
- 封底裡 ▶ 盟雅
- 45頁 ▶ 鋼結構協會
- 46頁 ▶ 現代營建雜誌社
- 47頁 ▶ 前鋒日報社
- 48頁 ▶ 亨欣
- 49頁 ▶ 易宏
- 50頁 ▶ 慧鋼
- 51頁 ▶ 侑伸

鍍鋅雜誌滿意調查表



您的寶貴意見是我們將內容更完善的原動力！  
（請掃描進入填寫，感謝您的支持！）

《創造熱浸鍍鋅文化·維護台灣有限資源》

## 桃園市政府公共工程與熱浸鍍鋅技術研討會活動紀實

秘書室



台灣四面環海地處亞熱帶，濕度高，屬海島型氣候，且秋冬東北季風及春夏南風自海上帶來高鹽分，構成金屬容易腐蝕之大氣環境，所以對於公共工程構造物之耐久性及週期壽命成本是一大考驗，本協會本著推廣防蝕以達“結構物減少維護之目標”的設計觀念，以節省維護費用維護地球資源及永續經營之發展，特邀請專家學者於109年7月13日(一)至桃園市政府舉辦「公共工程與熱浸鍍鋅技術研討會」，會議邀集產、官、學界專業人士及團體等專家學者共同研討，以減少公共工程維修及成本，維護台灣的有限資源，參加人員有150位人。

在桃園市政府黃治峯秘書長極力支持下，促成這次難得寶貴的機會，讓產、官、學界專業人士能夠共聚一堂，參與研討有關熱浸鍍鋅防蝕之技術交流及公共工程實務經驗。

蕭前理事長指出，鋼鐵材料是人類生活不可或缺的重要資源。根據鋼鐵年鑑的統計。2017 年全球粗鋼產量為 16.894 億噸。同時 2017 年台灣粗鋼產量為 2240 萬公噸，全球排名第 11 位。全世界用在各種鍍鋅的鋅材重量約六百多萬噸。鋼鐵雖然是目前最普遍被採用的結構材料，由於本身特性使然，它最大的致命傷就是生鏽腐蝕。鏽蝕無時無刻在損耗世界的鋼鐵資源。尤其身處在高溫高濕的亞熱帶地區，加上四面環海的地理因素，台灣面臨的鏽蝕問題遠比世界各國嚴重。

桃園市政府黃治峯秘書長蒞臨致詞時，提到熱浸鍍鋅協會每年舉辦研討會，目的希望將鍍鋅技術可以一再改進。鍍鋅協會在國家標準方面也作了很大貢獻。鋼鐵是公共工程大量使用的材料，桃園身處在高溫高濕的亞熱帶地區，正視鋼鐵鏽蝕問題，才能達到公共工程的使用安全需求並節省維護費用，進而增進台灣經濟發展並保護地球資源。

桃園公共交通建設之護欄杆、號誌桿，如「捷運綠線前瞻計畫」「八德和強路至和平路段」及公共重大建案之鋼結構梁柱、電力五金如「桃園市立美術館」「桃園展演中心」陸續推動的今日，加上早期的「龍潭大池吊橋」、「龜山天幕廣場」、「觀音蓮花故事館」、「桃園展演中心」等鋼鐵大量使用，腐蝕仍對公共工程影響甚鉅，借由本次研討會邀集鍍鋅技術的專家傾囊相授，冀望各工程主辦機關、設計監造及施工廠商透過本次的研討會彼此交流，了解在實際使用時要注意那些事項及掌握品質重點，持續不斷精進本府公共工程之妥善性及使用性，進而讓桃園市民擁有更好的公共建設。

在本次研討會後，希望各工程單位經過今日的研討後，將鋼鐵鏽蝕的問題導入設計時防範、施工中品質管理及使用後維護管理補強，以延續公共工程的使用壽命及環境永續，讓桃園更好。

研討會內容包括：臺鍍科技股份有限公司李祐承課長主講「熱浸鍍鋅介紹」、中華民國熱浸鍍鋅協會前秘書長蔡明達主講「熱浸鍍鋅在公共工

程之應用」、台灣世曦工程顧問(股)公司林曜滄總工程師主講「熱浸鍍鋅鋼橋設計與案例追蹤探討」，綜合討論時，各與會人員發言踴躍，提出熱浸鍍鋅及防蝕技術問題，在桃園市政府工務局陳副局長智仁主持下，由蕭前理長勝勝彥、蔡前秘書長明達、林總工程師曜滄、何秘書長芳元及李科長祐承作圓滿詳盡答復，若其他與會人員還有其他問題或臨時遇有實務上問題，則隨時向本會查詢，本會接到後會立即作專業性回復。

感謝桃園市政府提供舒適優雅的研討會場地，設備新穎、空調、座椅都很優質，並配合研討會主題製作創意布條、電子看板、手持標語及課程表等等。尤其是受理報到工作人員訓練有素，動作熟練，從簽到、量額溫、領取資料一氣呵成，作業相當流暢。會中休息時間並有提供茶水，結束時致送點心餐盒，足見承辦單位工務局對本研討會的重視與用心，特予表達謝意。



▲ 研討會報到情形



▲ ◀ 桃園市政府黃治峯秘書長蒞臨致詞



▲ 蕭榮譽理事長致詞



▲ 臺鍍科技股份有限公司李祐承課長專題演講



▲ ▶ 中華民國熱浸鍍鋅協會蔡明達前秘書長專題演講

▼► 台灣世曦工程顧問(股)公司  
林曜滄總工程師專題演講



▲ 學員上課情形



▲ 休息交流時間



▲◀ 綜合討論



## 熱浸鍍鋅鋼筋在含氯鹽和碳酸鹽砂漿中的腐蝕行為及應用前景

施漢章<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中國文化大學化學工程與材料工程學系 奈米材料特約講座教授

鋼筋混凝土是目前使用最廣泛的工程施工材料，它相對便宜並且容易獲得，並且具有使用於各種建築相關的特性和特徵應用。它也可用於一定範圍的耐候條件。通常鋼筋混凝土的二個長期性能評估包括可維修性和耐久性。可維修性與結構完整性，即構件在整個過程中安全承受載荷的能力，達到預期的使用功能。另一方面，耐久性是指混凝土抵抗其微觀結構和性能變化的能力，尤其是構件劣化可能會對產品的使用壽命造成不利影響的情況，鋼筋混凝土缺乏耐久性最明顯的原因是鋼筋的腐蝕。熱浸鍍鋅鋼筋在含氯鹽和碳酸鹽之混凝土中的腐蝕行為不同於碳鋼製程的鋼筋。圖 1<sup>(1)</sup>(a) 為鋼在不同 pH 的水溶液的腐蝕行為，說明 pH 在 12.5 以上，鋼筋才產生鈍化層，(b) 鋼筋碳酸化 pH 少於 11 時則開始產生腐蝕。圖 2<sup>(2~3)</sup>(a) 公路橋樑的氯化物沿著混凝土層的滲入分佈；(b) 美國 BRE Trend 2000 停車場氯化物滲入深度分析，可了解氯離子在混凝土中的滲透性。圖 3<sup>(4)</sup> 鋼筋因腐蝕因子反應，鋼筋可膨脹至原體積的 6~7 倍，導致混凝土握裹力崩壞。

如果在含氯鹽的混凝土結構中採用熱浸鍍鋅鋼筋，則不會發生像普通碳鋼鋼筋一樣的電位下降和特有的蝕孔。熱浸鍍鋅鋼筋在碳酸鹽混凝土中的腐蝕行為主要受碳酸鹽混凝土較低的 pH 值影響。為了瞭解混凝土結構中氯鹽和較低的 pH 值對鍍鋅鋼筋腐蝕活性的影響，進行了不同的電化學測量。通過恆電流脈衝測量和電位動態極化測量研究了陽極和

陰極的局部反應。恆電流脈衝測量尤其可以描述極化時間為 20 秒的陽極極化電阻對較低的 pH 值之影響。利用電位 - 電流曲線和塔弗 (Tafel) 曲線得知的腐蝕速率來判斷氯鹽含量對腐蝕行為的影響。另外，在有無氯鹽的混凝土及有無碳酸鹽的混凝土中的鍍鋅鋼之間進行了腐蝕電流測量及電位測量。通常，電位測量值是定位宏觀系統的陽極和陰極的指標。在上述的兩種情況下，其結果都與普遍已知的腐蝕碳鋼增強材料的潛在範圍不同。此結果是編號 499 的工業聯合研究 (IGF)<sup>(5)</sup> 項目的一部分，該項目得到了美國農業部的支持。

根據鋼筋混凝土結構的規定，熱浸鍍鋅是增加鋼筋耐用性的一項措施，尤其在碳酸鹽和 / 或氯鹽作用而腐蝕的情況下。如圖 4<sup>(6)</sup> 熱浸鍍鋅鋼筋較一般碳鋼鋼筋有較優異的耐腐蝕性，主要是一般鋼筋只有起始及成長二個階段，而熱浸鍍鋅鋼筋則具有起始、保護及成長三個階段，保護階段主要是鋅的腐蝕生成物在 pH4.5~10.5 有較佳的耐腐蝕性及發揮犧牲陽極保護功能，產生非水溶性的鋅氧化物沈積在混凝土縫隙中，達到減緩腐蝕因子直接與鋼筋腐蝕反應。

與其他國家不同的是，德國目前為止還未廣泛使用熱浸鍍鋅防蝕鋼，原因之一是其應用受到一般建築檢查局的審核。缺乏明確知識在無形中增加並擴大了限制使用熱浸鍍鋅防蝕鋼的障礙範圍，而無法量化額外收益也使營銷變得困難。部分之 AiF 研究項目 (IGF 499) - “在熱浸鍍鋅鋼筋應用中建立技術和安全性以在鋼筋混凝土建築中建立可持續市場地位的一部分” - 主要目標是在發展基本原理及開拓熱浸鍍鋅鋼潛力。熱浸鍍鋅防蝕鋼可以提高鋼筋混凝土組件的耐久性，並為鋼筋混凝土增強材料的生產廠商和下游加工廠商開拓新的市場領域。

該研究之重要結果<sup>(7)</sup>: (1) 估算出液態金屬助長之應力裂縫的風險，(2) 建議在熱浸鍍鋅前對未彎曲的鋼筋進行彎折的最小彎輓直徑，德國現已將其納入法規之中。彎曲後熱浸鍍鋅之鋼件對於振盪應力，與未熱

浸鍍鋅的鋼或彎曲前鍍鋅鋼一樣有效。儘管如此，如目前所規定，降低長期疲勞強度似乎仍然是合理的。結果顯示彎曲加工溫度的下限可以低至負 20°C，且對未熱浸鍍鋅和熱浸鍍鋅鋼的機械性能沒有任何負面影響。在建築工地可以將熱浸鍍鋅的鋼筋重新再彎曲。對碳酸鹽混凝土的腐蝕行為進行的研究支持減少碳酸鹽腐蝕 (XC) 暴露等級的混凝土覆蓋

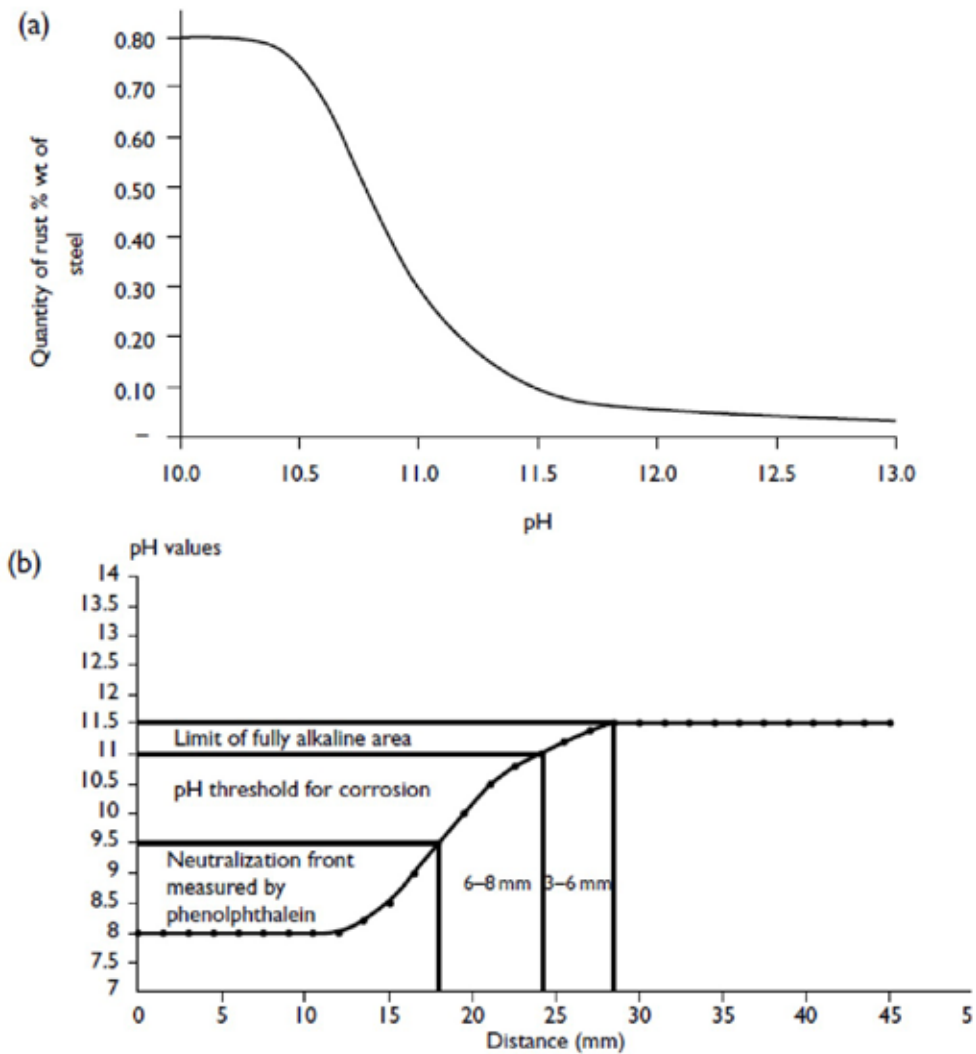


圖 1<sup>(1)</sup> (a) 鋼在水溶液中的腐蝕與 pH 的關係，說明 pH 在 12.5 以上鋼筋才產生鈍化層；(b) 鋼筋碳酸化 pH 與腐蝕的關係。

層的建議，在與氯化物腐蝕 (XD) 和海水氯鹽腐蝕 (XS) 暴露等級相對應的氯鹽應力下，僅在相對於水泥含量為 1 質量百分比的氯化物含量以上，才檢測到增加的腐蝕速率。與未熱浸鍍鋅的防蝕鋼相比，在具有有效腐蝕區域的樣品中未檢測到大量元素的形成。在進行的工作中，還開發了一種防止新鮮混凝土中產生氫氣的塗料 / 抑製劑。

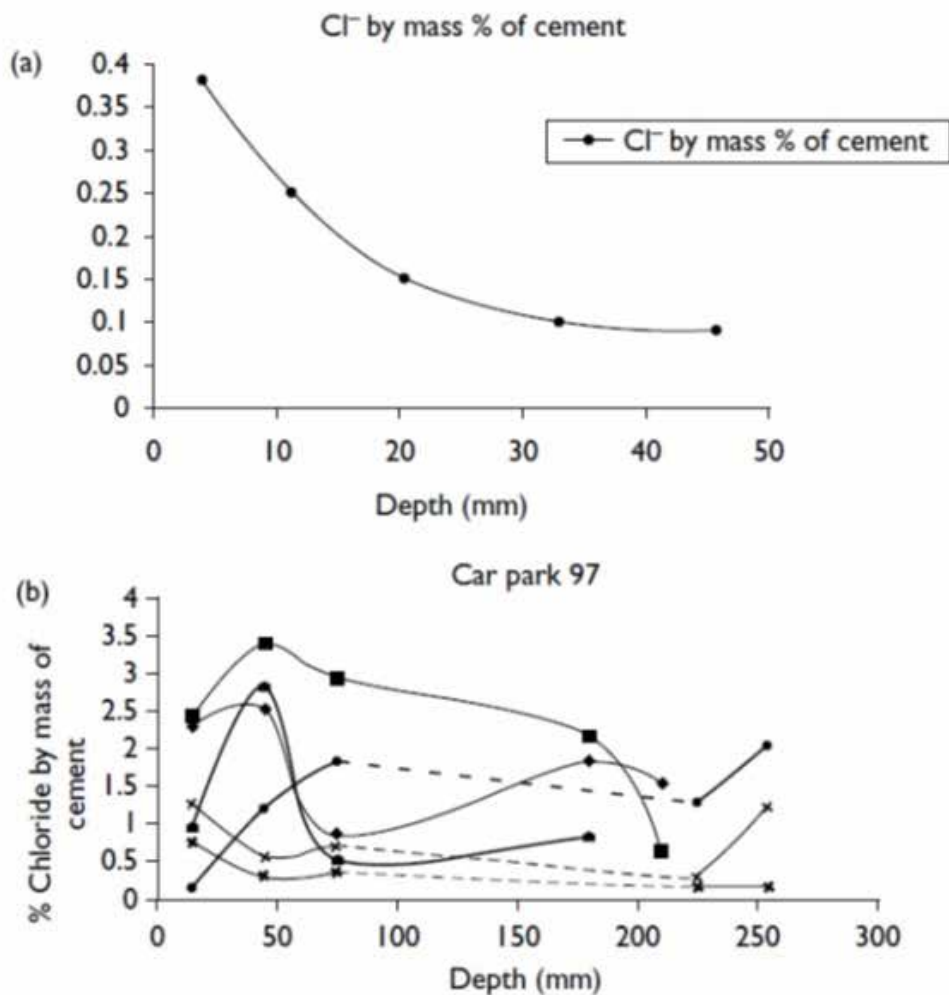


圖 2<sup>(2~3)</sup>：(a) 公路橋樑的氯化物沿著混凝土層的滲入分佈；(b) 美國 BRE Trend 2000 停車場氯化物滲入深度分析。

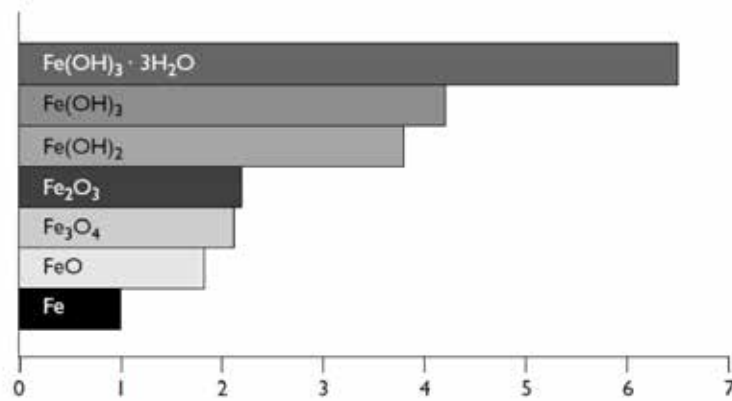


圖 3<sup>(4)</sup>：鋼筋因腐蝕因子反應，鋼筋可膨脹至原體積的 6~7 倍。

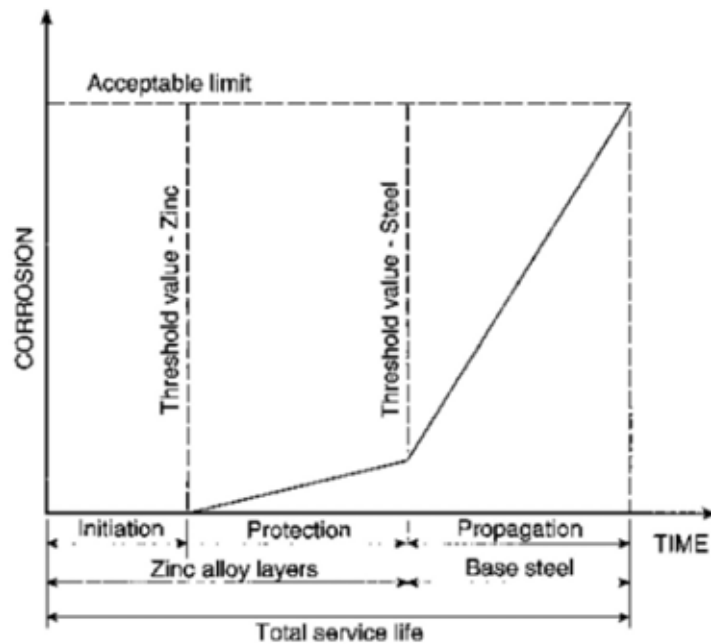


圖 4<sup>(6)</sup>：熱浸鍍鋅鋼筋較一般碳鋼鋼筋有較優異的耐腐蝕性。

### 參考資料

- (1)Shalon and Raphael J ACI, 1959, 30(12): 1251–1268.
- (2)Materials Performance, 1992 Sep; 31(9): 28–33. Courtesy NACE International 1992.
- (3)J Broomfield Consultants, and Risk Review Ltd. Structures Data Base – Project Data Base. Corrosion of Steel in Concrete – 2001 Dec; DTI DME 5.1. BRE.
- (4) Mansfield Corrosion, 37(5):301–307, 1981.
- (5)G. Ebell, A. Burkert, J. Mietz, Corrosion Behaviour of Galvaniyed Reinforcement in Chloride Containing Mortar and Carbonated Mortar, 25th International Galvanizing Conference, Berlin, June 17-22, 2018.
- (6)Yeomans, S. R. Performance of black, galvanized, and epoxy-coated reinforcing steel in chloride-contaminated concrete. Corrosion, 50, 1, 72–81. 1994.
- (7)R. Adams, W. Breit, Hot-dip galvanized reinforcing steel – better prospects for applications in Germany, 25th internal Galvanizing Conference, Berlin, June 17-22, 2018.

## Zn-Al 與 Zn-Al-Mg 鍍層的介面顯微組織解析

王光國<sup>1</sup> 許瓊文<sup>1,2</sup> 張六文<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中山大學材料與光電科學學系

<sup>2</sup> 中山科學院材料暨光電研究所材料加工測試組

### 摘要

含有不同含量的鋁或鎂的熱浸鍍鋅鍍層具有良好的抗腐蝕能力，因此近年來被廣泛的用於冷軋鋼片的防蝕處理。但是含有不同鋁、鎂含量的鍍層，在鋅鐵介面所形成的介面合金層，其晶體結構與形貌各有不同。本文以三種鋅鋁和鋅鋁鎂鍍層為例，說明其介面合金層的結構與形貌，藉以闡明僅憑合金層的形貌，無法充分了解鍍層的形成機構與結構，必須佐以其他的分析工具，方能充分理解合金層的結構與形成機構。

### 一、前言

傳統的熱浸鍍鋅鍍層的結構除了純鋅以外，在鋅鐵界面處還有一層數十至數百奈米厚的鋅鐵介面合金層。鋅鐵介金屬層可以促進鋅液的潤濕性，使鍍層均勻鍍覆在鋼材表面，但是由於介面合金層鋁含量與鍍層不同，造成鋅槽鋁含量隨生產批量而變動，必須適時調整，以避免鍍層鋁含量變異過大，以及鋅槽因鋁含量變異而產生過量鋅渣。

為了穩定鋅槽鋁含量，可以透過冶金軟體，憑藉產品的製程參數，如鋅浴溫度、鋼材浸鍍時間、鋼材成分、生產批量等，估算鋅槽鋁含量的變化。但是估算的前提是必須了解鋅鐵介金屬化合物的結構與計量比，以及該介金屬化合物的生成機構與速度，方能準確估計介面合金層的生成厚度，藉以推算鋅槽中鋁的消耗量。

對一般鋁含量低於 0.5wt% 的純鋅鍍層而言，介面合金層是以含有少量鋅的  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  相為主要構成相。但是  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  合金層的生成速

率遠高於以成核與成長機構所推算的理論生成速率 [1-4]，因此冶金軟體必須使用經驗值調整計算公式。而對於鋁含量高於 0.5 wt% 的鋅鋁與鋅鋁鎂鍍層的介面合金層的組成與形成機構，其研究並不多見 [5-7]。

本文介紹三個成分系統鍍鋅層的介面合金層分析，分別是鋁含量介於 0.14-0.28wt% 之間的純鋅鍍層，鋁含量 5wt% 的鋅鋁鍍層和鋁含 1wt%、鎂含量 1.8wt% 的鋅鋁鎂三元鍍層。藉以說明對介面合金層的結構與成分鑑定的複雜性，提供此一領域產學專家參考。

### 一、低鋁鍍層的介面合金層分析

低鋁鍍層介面的合金層，一般均以鹽酸將純鋅鍍層溶去之後，以掃描式電子顯微鏡觀察暴露出的介面合金層的形貌。圖 1 是三種不同鋁含量鍍層的介面合金層二次電子像，其中 0.14wt% Al 的鍍層的介面合金層均由略呈球形或等軸狀，粒徑 100-300 nm 的  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  結晶組成 (參見圖 1(a))，而 0.18wt% Al 的鍍層，其介面合金層則有兩種形貌，一種是前述粒徑約 100 nm 的等軸狀結晶，一種則是粒徑 300-1000 nm，有明顯晶癖面的多角形結晶 (參見圖 1(b-c))。對鋁含量高達 0.28wt% Al 的鍍層而言，其介面合金層形貌與 0.18wt% Al 的鍍層類似，具有等軸狀與多角形兩種形貌 (參見圖 1(d-e))。因此從組成介面合金層的  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  結晶形貌而言，0.18wt% Al 和 0.28wt% Al 鍍層中的  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  結晶應該是在相同的機構下生成。

進一步使用掃描式電子顯微鏡所配備的電子背向散射繞射儀 (electron backscatter diffractometer)，分析合金層中  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  結晶的方位分佈之後，上述的推論卻無法成立。圖 2(a) 是 0.14wt% Al 鍍層介面合金層的  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  結晶方位分佈圖，根據圖中以顏色代表結晶方位的分佈圖顯示， $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  結晶方位分佈相當紊亂，並無任何規律性。但是圖 2(b) 所示的 0.18wt% Al 鍍層介面合金層的  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  結晶方位



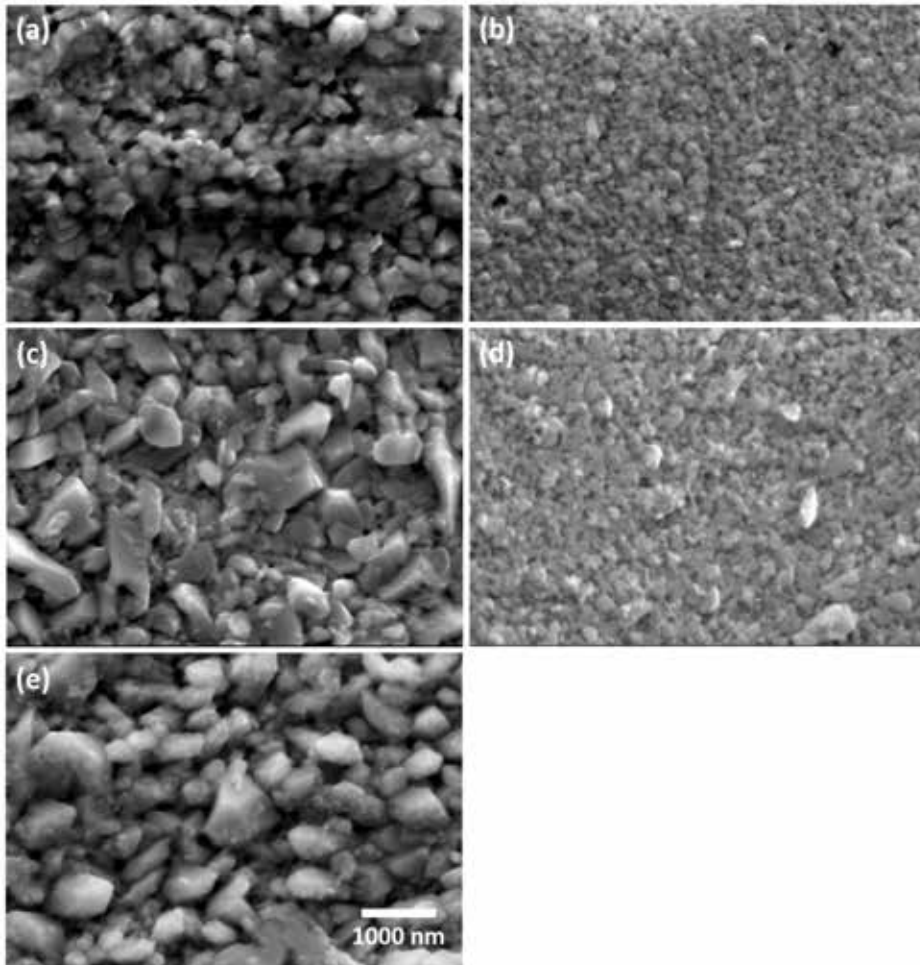


圖 1 三種鋁含量鍍層的鋅鐵介面合金層的掃描式電子顯微鏡二次電子像：(a) 0.14 wt% Al，(b-c) 0.18 wt% Al，(d-e) 0.28 wt% Al。

分佈圖，卻顯示  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  結晶方位呈現獨特的分布規律，在許多直徑 10-30 nm 的區域中，往往只有數個特定方位的  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  結晶存在。由於  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  結晶與肥粒鐵之間存在特定的方位關係 [4,8]，透過已知的方位關係，可以發現這些結晶可能是成長在一個特定方位的肥粒鐵晶粒之上。換言之，0.14 wt%Al 鍍層介面合金層中的  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  結晶與底材的肥粒鐵之間沒有任何方位關係，但是 0.18 wt%Al 鍍層介面合金層

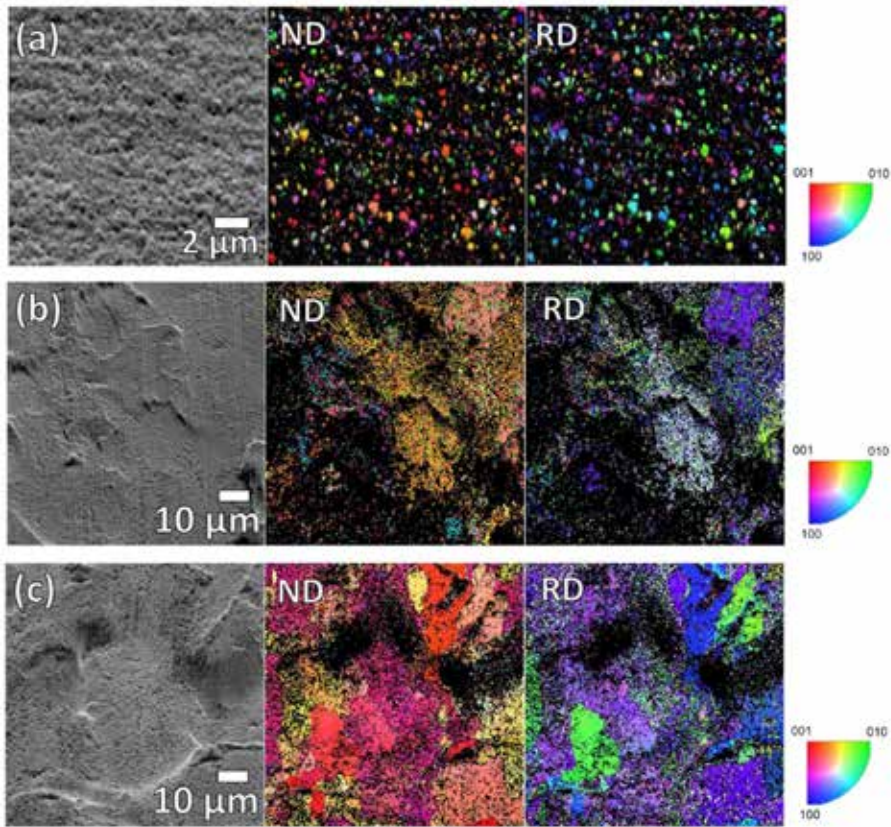


圖 2 三種鋁含量鍍層的鋅鐵介面合金層的掃描式電子顯微鏡二次電子像與電子背向散射繞射圖：(a) 0.14 wt% Al，(b) 0.18 wt% Al，(c) 0.28 wt% Al。

中的  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  結晶卻與底材晶粒間有確定的方位關係。結晶方位關係的存在會降低結晶成核的能障，因此其成核速率較快。簡言之，在 0.18 wt%Al 鋅浴中浸鍍時介面合金層成長的速度遠高於 0.14 wt%Al 鋅浴的介面合金層。最後，圖 2(c) 在 0.28 wt%Al 鋅浴中浸鍍所生成的介面合金層，在部分直徑 10-30  $\mu\text{m}$  的區域中，只有單一結晶方位的  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  結晶覆蓋在肥粒鐵晶粒表面，換言之， $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  形成了單一方位的磊晶層。在此情形下，當肥粒鐵表面被  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  結晶覆蓋之後，鐵原子就缺乏快速擴散通道擴散至表面，因此介面合金層的成長反而被嚴重的抑制。透過穿透式電子顯微鏡的分析，也確認了上述的推論。

上述的分析結果顯示，類似形貌的結晶卻是在不同的機構下生成，因此鍍層厚度隨鋅浴鋁含量的增加先快速增加至一最大值之後，再隨鋅浴鋁含量的繼續增加而降低。過去在多條連續式熱浸鍍鋅產線所做的實驗也發現類似的趨勢 [9-13]。Dr. Tang 的論文中，觀察介面合金層的形成，依照原子擴散方向分成兩類，據此解釋了上述鍍層厚度的變化趨勢 [11]。且根據  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  成核機構的差異也解釋上述介面合金層厚度的變化 [4]。

## 二、Zn-5 wt%Al 與 Zn-1 wt%Al-1.8 wt%Mg 鍍層的介面合金層分析

圖 3(a) 與 (b) 分別是 Zn-5 wt% Al 鍍層表面與介面合金層的二次電子像。由鍍層表面的二次電子像可知，鍍層主要是由鋅鋁的共晶組織以及少量的  $\eta$ -Zn 構成。在去除鍍層暴露出介面合金層之後，可以看出介面合金層有平坦與粗糙兩種形貌，進一步在高倍率之下觀察這兩個區域，發現平坦區域的合金層是由細小且無特定晶癖面的結晶組成，結晶的尺寸約為 100 nm (見圖 3(c))。此外，粗糙區域的介面合金層則是由花瓣狀的結晶組成，每一個花瓣狀結晶約 500 nm 長 (見圖 3(d))。以能量散佈 X 光能譜 (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy, EDS) (見圖 3(e)) 分析的結果顯示兩種形貌的結晶成分近似，鐵與鋁的計量比約為 1:3，因此研判是含有少量鋅的  $\text{Fe}_4\text{Al}_{13}$  結晶。

進一步以穿透式電子顯微鏡繞射分析證實平坦與粗糙兩個區域均由  $\text{Fe}_4\text{Al}_{13}$  結晶組成，其中平坦區的  $\text{Fe}_4\text{Al}_{13}$  結晶為短柱狀，與下方的肥粒鐵存在多種結晶方位關係，這些方位關係的共同點為  $(010)\text{Fe}_4\text{Al}_{13} // (110)\text{Fe}$ 。從結晶學的分析發現，單斜結構的  $\text{Fe}_4\text{Al}_{13}$  結晶的 a 與 c 軸的夾角為  $71.6^\circ$ ，而肥粒鐵的 (110) 平面上兩組  $\langle 111 \rangle$  方向夾角為  $70.5^\circ$ ，二者非常接近，由此可以衍生出五種結晶方位關係。如果針對一個方位為  $\langle 110 \rangle // \text{ND}$  的肥粒鐵晶粒而言，這五種對應的  $\text{Fe}_4\text{Al}_{13}$  結晶，正好可以

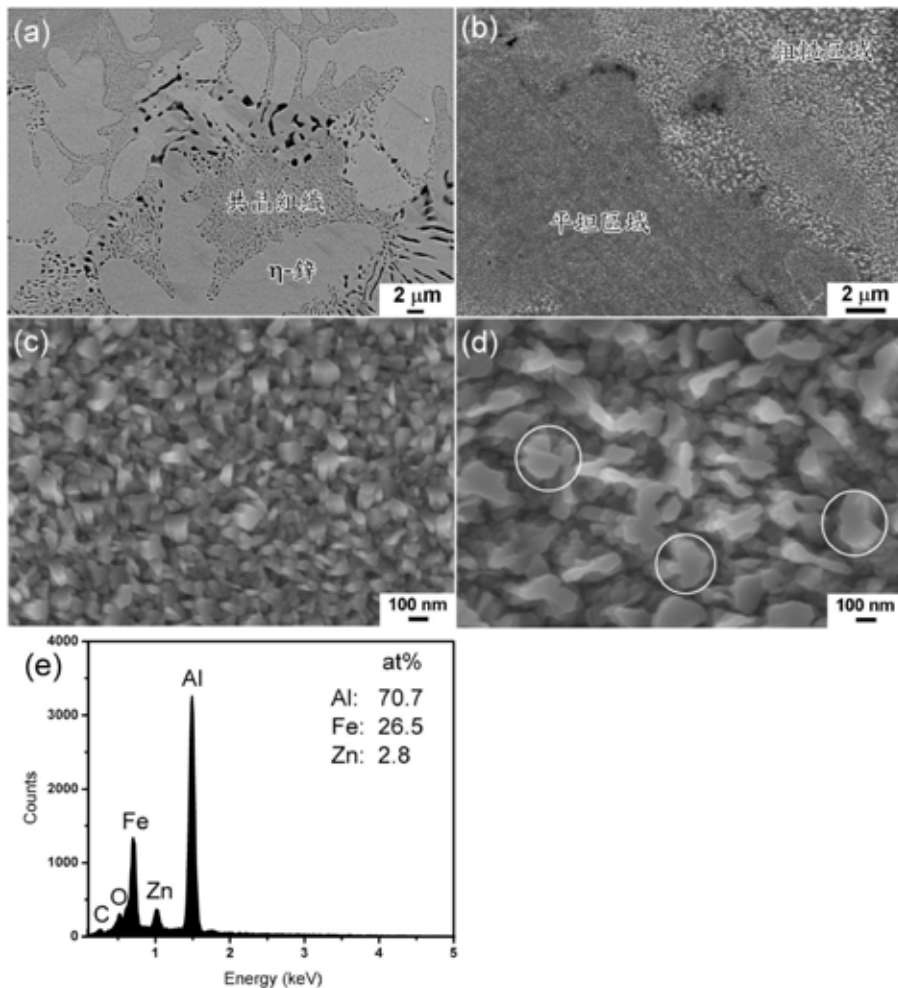


圖 3 Zn-5 wt% Al 鍍層的掃描式電子顯微鏡分析：(a) 鍍層二次電子像，(b) 合金層低倍率二次電子像，(c) 合金層平坦區高倍率二次電子像，(d) 合金層粗糙區高倍率二次電子像，(e) 合金層 EDS 能譜。

藉由 [010] 軸旋轉  $n \times 72^\circ$  建構彼此之間的方位關係。圖 4 說明這五種結晶方位的關係。有趣的是，在粗糙區中的花瓣狀結晶中，正好是由上述的五種方位  $Fe_4Al_{13}$  結晶以傘狀方式排列而成。且多個傘狀團花狀結晶往往擁有完全一樣的結晶方位，顯示它們與  $\langle 111 \rangle$  方向的肥粒鐵底材也可能有方位關係。如同前述的  $Fe_2Al_{5-x}Zn_x$  成核機構，當鐵鋁相與肥粒鐵

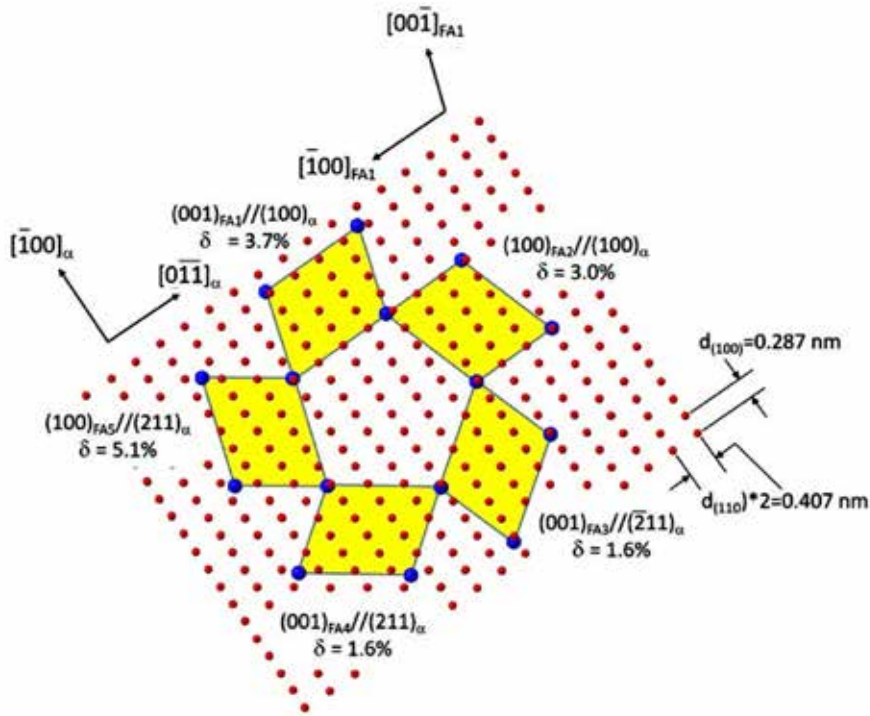


圖 4  $\text{Fe}_4\text{Al}_{13}$  相和肥粒鐵之間可能的五種結晶方位關係

之間存在方位關係時，其成核速率會遠高於沒有方位關係的成核。

根據先前研究結果 [14]，針對 Zn-1 wt% Al-1.8 wt% Mg 鍍層，當鍍層被酸液溶蝕，暴露出介面合金層之後，以掃描式電子顯微鏡觀察，發現該合金層是由多邊形短柱狀結晶互相堆疊而成，結晶的直徑與厚度比例介於 5:1 至 10:1 之間 (參見圖 5(a))。圖 5(b) 是將結晶以碳膜萃取出來，以穿透式電子顯微鏡觀察的明視野影像，顯示結晶為十邊形，插圖中的繞射圖樣顯示這個結晶具有十軸對稱的特徵。不過進一步的分析發現，這個結晶是由十個不同方位的三角形結晶組成，結晶仍為  $\text{Fe}_4\text{Al}_{13}$  相，三角形結晶彼此之間的方位關係與前述的  $[010]$  軸旋轉  $n \times 72^\circ$  的關係一致。換言之，在 Zn-1wt% Al-1.8wt% Mg 鍍層的合金層，同樣是由  $\text{Fe}_4\text{Al}_{13}$  相結晶組成，且這種十邊形短柱狀結晶具有和 Zn-5wt% Al 鍍層中的花瓣狀結晶完全一樣的結晶學特徵，但是形貌卻差異甚大。此

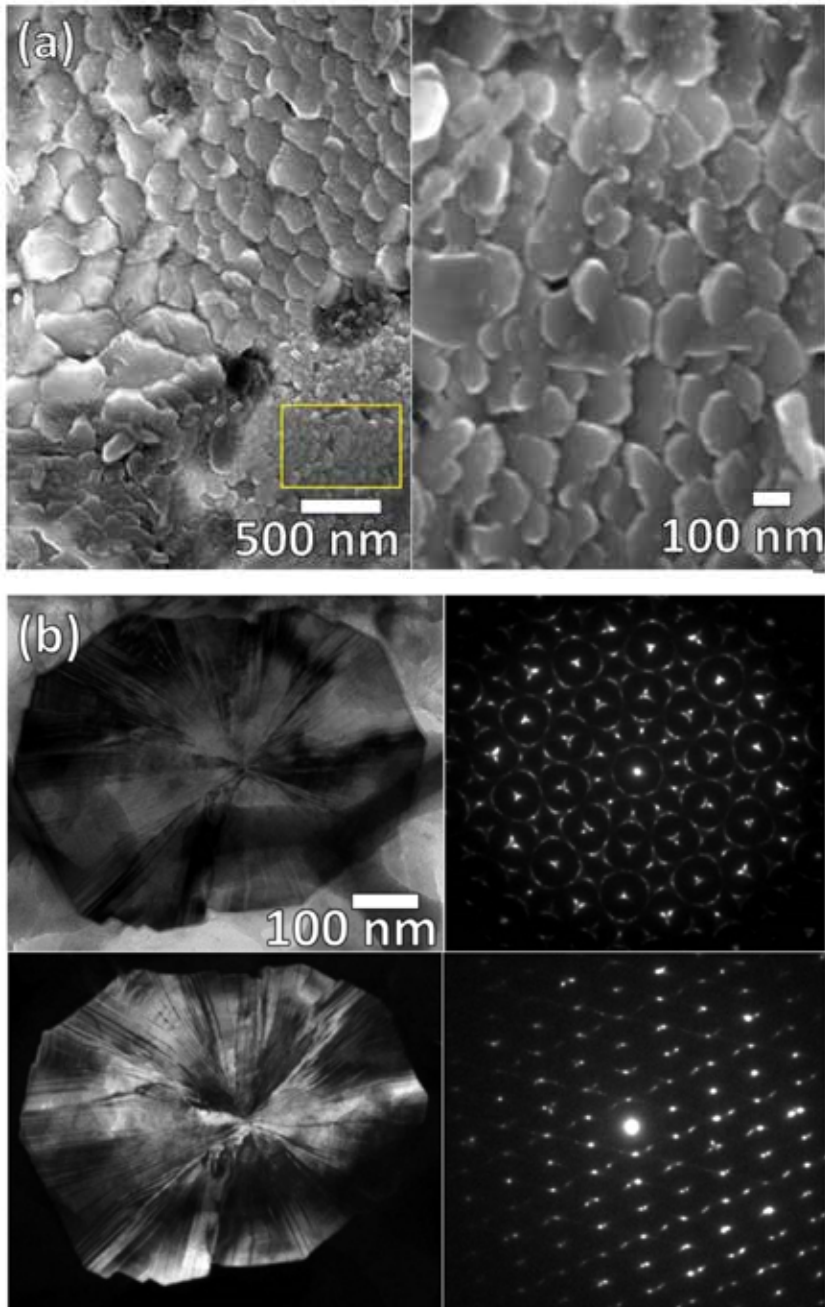


圖 5 Zn-1 wt% Al-1.8 wt% Mg 鍍層合金層的 (a) 掃描式電子顯微鏡二次電子像和 (b) 穿透式電子顯微鏡明視野影像與繞射圖樣

外，在 Zn-5wt% Al 鍍層中平坦區的細小柱狀結晶則未在 Zn-1wt% Al-1.8wt% Mg 鍍層中發現。Blumenau 等人 [15] 觀察 Zn-Al-Mg 鍍層的鋅鐵介面，同樣觀察到十邊形短柱狀結晶，不過他們誤認這種結晶為  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  相，可能是由於 EDS 分析時，二者成分近似 (28.5%:71.5% 與 23.5%:76.5%) 所導致的誤判。

### 三、討論與結論

上述的三個例子充分說明，藉由掃描式電子顯微鏡觀察，由介面合金層組成結晶的形貌，以及 EDS 成分分析的結果判斷其晶體結構與形成機構，容易在資訊不夠充分的情形下誤判。因此利用電子繞射分析判斷晶體結構仍然是最可靠的分析方式。

近年來由於聚焦離子束技術與電子背向散射繞射技術的快速發展，使得製備穿透式電子顯微鏡試片不再是分析的瓶頸程序。此外，應用傳統的複製碳膜技術，也可以快速的將大面積合金層萃取出，進行穿透式電子顯微鏡觀察，使得我們對合金層的結構與形成機構的理解可以更上層樓。此外，電子背向散射繞射技術的空間解析度，也可達到 100 nm 以下，因此也可以成為分析合金層的結構與形成機構的利器。

### 四、參考文獻

1. G. J. Harvey and P. D. Mercer, Aluminum-rich alloy layers formed during the hot dip galvanizing of low carbon steel, *Metall. Trans. B*, 4 (1973) 619-621.
2. E. Baril and G. L' Espérance, Studies of the morphology of the Al-rich interfacial layer formed during the hot dip galvanizing of steel sheet, *Metall. Mater. Trans. A*, 30 (1999) 681-695.
3. K.-K. Wang, L. Chang, D. Gan, and H.-P. Wang, Heteroepitaxial growth

- of Fe<sub>2</sub>Al<sub>5</sub> inhibition layer in hot-dip galvanizing of an interstitial-free steel, *Thin Solid Films*, 518 (2010) 1935-1942.
4. C.-W. Hsu, K.-K. Wang, L. Chang, D. Gan, Y.-L. Chang, H.-Y. Liang, and H.-P. Wang, Formation of Fe<sub>2</sub>Al<sub>5</sub>-xZn<sub>x</sub> intermetallic crystals at the Fe-Zn interface in hot-dip galvanizing, *Mater. Charact.*, 137 (2018) 189-200.
  5. A. R. P. Ghuman and J. I. Goldstein, Reaction mechanisms for the coatings formed during the hot dipping of iron in 0 to 10 Pct Al-Zn baths at 450°C to 700°C, *Metallurgical Transactions*, 2 (1971) 2903-2914.
  6. Z. W. Chen, J. T. Gregory, and R. M. Sharp, Intermetallic phases formed during hot dipping of low carbon steel in a Zn-5% Al melt at 450 °C, *Metall. Trans. A*, 23 (1992) 2393-2400.
  7. M. Zelechower, J. Klis, E. Augustyn, J. Grzonka, D. Stróz, T. Rzychon, and H. Woznica, The microstructure of annealed galfan coating on steel substrate, *Arch. Metall. Mater.*, 57 (2012) 517-523.
  8. K.-K. Wang, L. Chang, D. Gan, and H.-P. Wang, Heteroepitaxial growth of Fe<sub>2</sub>Al<sub>5</sub> inhibition layer in hot-dip galvanizing of an interstitial-free steel, *Thin Solid Films*, 518 (2010) 1935-1942.
  9. H. Yamaguchi, Y. Hisamatsu, Reaction mechanism of the sheet galvanizing, *Trans.Iron Steel Inst. Jpn.*, 19 (1979) 649-658.
  10. M. Guttmann, Diffusive phase transformation in hot dip galvanizing, *Mater. Sci., Forum* 155-156 (1994) 527-548.
  11. N.-Y. Tang, Modeling Al enrichment in galvanized coatings, *Metall. Mater. Trans. A*, 26A (1995) 1699-1704.
  12. E. Baril, G. L'espérance, Studies of the morphology of the Al-rich interfacial layer formed during the hot dip galvanizing of steel sheet, *Metall. Mater. Trans. A*. 30A(1999) 681-695.



13. A.R. Marder, The metallurgy of zinc-coated steel, *Prog. Mater. Sci.*, 45 (2000)191-271.
14. C.W. Hsu, G.L. You, K.-K. Wang, L. Chang, D. Gan, L.J. Chiang, Characterization of the Fe-Al Intermetallic Phases Formed in Hot-dip Al-Zn-Mg Coatings, *Proc. of 10th Int. Conf. on Zinc and Zinc Alloy Coated Steel Sheet (Galvatech 2015)*, 2015, pp.845-851 31 May-4 June, Toronto, Canada.
15. M. Blumenau, M. Norden, J. Schulz, F. Friedel, K. Peters, *Surf. Coatings Technol.*, 206 (2012) 4194–4201.

## 第 25 屆國際鍍鋅研討會「鋼結構之鍍鋅螺栓設計」 議題簡介

廖肇昌編譯

第 25 屆國際鍍鋅研討會 (25th International Galvanizing Conference) 於 2018 年 6 月 17-22 日在德國柏林舉行，研討會的第 4 場係有關「鋼結構之鍍鋅螺栓設計 (Design of Bolted Steel Structures with Galvanizing)」議題，共計有 4 篇論文分別為：1. 鍍鋅鋼材滑動因子調查 (Galvanized steel slip factor investigation)；2. 熱浸鍍鋅鋼材抗滑接頭－歐盟 SIROCO 計畫 (Slip-resistant connections made of hot-dip galvanized steel – The EU SIROCO Project)；3. 檢視影響施工用熱浸鍍鋅高強度緊固件塗裝品質之因素 (Examination of influencing factors on the coating quality of hot-dip galvanized high strength fasteners for construction purposes)；及 4. 熱浸鍍鋅鋼橋施工之抗滑接頭 (Slip-resistant connections in hot-dip galvanized steel bridge constructions)。本文將扼要說明各篇論文內容，讀者若需進一步資訊，可自行參閱該研討會論文集。

### 1. 鍍鋅鋼材滑動因子調查

螺栓結合的鋼構造物，所用鋼材經熱浸鍍鋅 (hot-dip galvanized, 簡稱 HDG) 處理後雖可提高抗蝕能力，惟亦將影響摩阻型接頭搭接面的滑動係數 (Slip Coefficient, 簡稱  $\mu$ )。一般 HDG 鋼材表面  $\mu$  值約為 0.30，比經噴砂清理後的裸鋼表面 ( $\mu=0.50$ ) 或使用塗料於裸鋼表面後的平均  $\mu=0.50$ ，都來得低。故指定使用 HDG 鋼材時，於高強度接頭設計會需更多螺栓接頭連結，以提高接頭的整體摩擦力。美國鍍鋅協會 (American Galvanizers Association, 簡稱 AGA) 曾研究在 HDG 鋼材

表面加以塗裝，建立塗裝後的摩阻型接頭搭接表面滑動係數。AGA 研究顯示，要經由控制加工參數進行 HDG 鋼材面的粗糙化或以其他表面處理獲得更高滑動係數是不太容易的，但可確定在 HDG 鋼材接合面用富鋅塗料 (Zinc-Rich Paint, 簡稱 ZRP) 與鍍鋅層結合，可將 HDG 鋼材面的滑動係數從美國國家公路與運輸官員協會 (American Association of State Highway and Transportation Officials, 簡稱 AASHTO) 之「載重及強度係數設計 (Load and Resistance Factor Design, 簡稱 LRFD)」標準中規定的 C 級 ( $\mu=0.30$ ) 提高到 B 級 ( $\mu=0.50$ ) 或 D 級 ( $\mu=0.45$ )。美國鋼結構施工協會 (American Institute of Steel Construction, 簡稱 AISC) 對以高強度螺栓進行構材接合的接合面之平均滑動係數 (mean slip coefficient) 分為 A 級 ( $\mu=0.30$ )，B 級 ( $\mu=0.50$ )，C 級 ( $\mu=0.30$ ) 或 D 級 ( $\mu=0.45$ )，各級之定義內容請詳「表一、AASHTO LRFD(橋梁設計規範第 8 版)-表 6.13.2.8-3」之說明，目前 HDG 鋼材面滑動係數僅達 C 級。使用 C 級進行設計會限制工程師或建築師在設計鋼結構時的自由度。因此，對 HDG 業界言，若能找到一種在 HDG 鋼材面的處理方法以提高滑動係數是有助於 HDG 的應用。

AGA 進行有關接頭的滑動係數和張力潛變測試顯示，較高的  $\mu$  值可透過將 ZRP 塗在 HDG 鋼材面來獲得 D 級 ( $\mu=0.45$ ) 或 B 級 ( $\mu=0.50$ )。AASHTO LRFD 橋梁設計規範 (第 8 版) 包括經噴砂處理過的 ZRP 塗層類別 (D 級)。AASHTO LRFD 橋梁設計規範旨在用於設計，評估和修復橋梁，並由美國聯邦公路管理局 (FHWA) 授權用於所有由聯邦政府資助的橋梁。FHWA 的結構鋼設計技術委員會 (T14) 通過了第 6 節 (鋼結構) 的修訂內容出現在 LRFD 第 8 版中。該版次第 C6.13.2.8 條第 11 款中的類別定義 (如表一)，包括從 A 級~D 級。修訂版允許使用更多種塗料系統於高強度接頭之抗滑設計，對技術人員而言，將變得更容易及有更多選擇能去採用 HDG 防蝕設計。LRFD 第

8 版中，HDG 鋼材面滑動係數 ( $\mu$ ) 從 0.33 降低至 0.30(經查在中華民國結構工程學會民國 92 年出版的「鋼結構設計手冊(極限設計法)」第 5.6.3.1 節「ASTM 螺栓之設計剪力強度」(b) 工作載重下摩阻型接合，則載有載有「SC= 摩阻型接合，須為清除銹皮及噴砂之表面，並塗以護膜，且能提供滑動係數在 0.33 以上」)，預期新的  $\mu$  值將對設計產生最小的影響。在 D 級 ( $\mu = 0.45$ ) 表面條件下，提供的滑動係數值略低於 B 級 ( $\mu = 0.50$ )，該值不會對大多數高強度螺栓的總產生重大影響，因此，增加 D 級僅提供更多塗層選擇，將 HDG 鋼材面與 ZRP 一起使用。

表一、AASHTO LRFD(橋梁設計規範第 8 版)-表 6.13.2.8-3

表面狀況	定義	滑動係數
A 級 (Class A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 去除黑皮後未塗裝之鋼板面</li> <li>● 噴砂後進行 A 級塗裝之鋼板面</li> </ul>	0.30 (0.33)*
B 級 (Class B)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 噴砂至 SSPC-SP 6 或更佳，未塗裝之鋼板面</li> <li>● 或噴砂後進行 B 級塗裝之鋼板面</li> <li>● 或熱噴塗層(純鋅或 85/15 鋅/鋁)，厚度 <math>\leq 16\text{mils}</math></li> </ul>	0.50 (0.50)*
C 級 (Class C)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 熱浸鍍鋅後不再以鋼刷進行粗糙化</li> <li>● 熱浸鍍鋅後進行表面粗糙化*</li> </ul>	0.30 (0.40)*
D 級 (Class D)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 噴砂後(包括 HDG) 進行 D 級塗裝</li> </ul>	0.45

註:\* 中華民國結構工程學會於中華民國 92 年出版的「鋼結構設計手冊(極限設計法)」第 5.6.3.1 節「ASTM 螺栓之設計剪力強度」(c) 因數化載重下之摩阻型接合，鋼板接合面之滑動係數  $\mu$  值。

AISC 發布使用高強度螺栓結構連接規範及附錄 A「測試螺栓連接的塗層滑動係數方法」，包含有關須進行塗層測試程序，以獲得連接設計中使用的滑動係數。AGA 要求應進行塗層樣品設計，準備，滑動測試和拉伸潛變測試，以便獲得塗料粘結表面的分類。使用化學表面處理測試結果，顯示塗料體系和應用方法可增加 HDG 鋼材接合面的抗

滑動率。開始準備 HDG 鋼材面期能成功施塗富鋅塗料前，應避免使用鉻酸鹽淬滅或水淬滅等方法，以免干擾油漆附著力。如果不確定鋼是否經鉻酸鹽淬火，應使其表面在環境中自然風化至少六週，或根據 ASTM B201(Standard Practice for Testing Chromate Coatings on Zinc and Cadmium Surfaces) 標準中所述的步驟測試 HDG 鋼材，檢查表面是否存在鈍化劑於鋅。鋼材從鋅浴中撤出時，有時會因小的顛簸，滑行或滴落中出現過量的鋅。瑕疵會影響鍍鋅層的滑動係數及與富鋅漆附著力，因此須在鋼材上漆前將其清除，可以用打磨或銼平表面去除，注意不要去除多餘的塗層厚度。去除鍍鋅表面缺陷後，以下列方法清除有機污染物：根據 SSPC SP 1 使用乾淨碎布進行溶劑清潔，徹底沖洗並使其完全乾燥。使用化學預處理對 HDG 鋼材面進行處理，以提高富鋅塗料附著力。各種製備方法研究了在塗漆前對 HDG 鋼材面進行表面處理和噴塗，並確定化學成分預處理可提供最準確和一致結果。此外，與其他表面處理相比，化學預處理可節省成本。儘管已成功將兩種不同的富鋅塗料配方應用於熱浸鍍鋅鋼材面以提高滑動係數，市場上還有許多其他富鋅塗料，及提供相似結果的其他製備方法，惟使用前需進行額外的滑動和拉伸潛變測試，以確認其滑動係數。

## 2. 熱浸鍍鋅鋼材的抗滑接頭－歐盟 SIROCO 計畫

抗滑接頭典型應用在橋梁，起重機，無線電桅杆和風機塔柱等，因鋼構受到反覆加載和 / 或疲勞在功能要求的情況下需要在接頭上增加抗滑性，通常這種抗滑能力主要取決於搭接面的狀況和螺栓總夾緊力。抗滑接頭中的裸露元件可能會因承受不同環境條件，導致元件表面腐蝕，而可能降低元件的抗滑能力。用保護層覆蓋搭接面方式是保護抗滑能力的常用方法。因此，影響接頭抗滑因子必須透過各種標準方法 / 建議，而採用其中一種測試程序來確定。HDG 鋼板面的滑動係數 ( $\mu$ ) 曾顯示

有較大變化範圍從 0.15 到 0.50，導致在接合設計時，HDG 鋼材面被以較低的  $\mu$  值設計。造成  $\mu$  值變化原因與鍍鋅層厚度和結構有關，可能會因鋼材化學成分組成（某些促進鋅和鐵間的反應比其他成分更強）、鋼材熱質量和其他製造過程的變異性等造成其差異。就鋼材部分，與鋼的矽含量從 0.14% 到 0.25%（B 類鋼，根據 EN ISO 14713-2），且有少量是大於 0.25%（根據 EN ISO 14713-2 的 D 類鋼）有關。鋼材的影響在某種程度上，可通過加工中鋅的溶解來控制其組成。另鍍層面存在較軟外部鋅相的程度是抗滑性的主要決定因素，當不能容忍少量初始滑動時，此鋅層可容易的以噴砂清理或其他技術來改善接觸的表面。因此，在 SIROCO 研究計畫範圍內將進行全面調查，以了解經表面處理和後處理對有預加載的熱浸鍍鋅螺栓接頭和表面的抗滑性能之影響。

EN1090-2(鋼結構和鋁的施工 - 鋼結構用技術要求) 附錄 G 規定了獲得滑動係數的通用測試程序，包括三步測試程序。樣本根據 EN1090-2 使用 M20 螺栓及測試樣品的幾何形狀，試驗必須在正常速度下增量拉伸載荷條件進行，測試應為 10 分鐘至 15 分鐘。滑動載荷 F<sub>Si</sub> 定義為觀察到 0.15 mm 滑動的載荷（研究顯示，將滑動載荷確定為對應於較低的滑動變形的最大載荷等於或 0.15mm）。對於五個試樣，前四次驗必須 90% 滑動載荷 F<sub>sm</sub> 的平均值進行潛變試驗。該應持續 3 個小時，以調查持續負載下接頭行為：如果記錄的滑動差異在 5 分鐘結束時和滿負載後 3 小時之間存在差異不超過 0.002 mm，則在長期條件下樣品的滑動載荷必須為指定的前四個測試。如果滑動之間的差異超過 0.002mm，則必須至少執行三個延長的潛變測試。從五個樣本獲得的十個滑動載荷值的標準偏差 SFs 不應超過平均值的 8%，否則必須測試其他樣本。

為研究不同後處理對 HDG 鋼材面抗滑性能的影響，按照 EN1090-2 的附件 G 進行了十種不同的測試系列。考慮到不同的夾緊長度和鍍鋅條

件，對沒有進行任何一步表面處理的 HDG 鋼材面進行了四個測試系列。接合性較低的鋼化學反應性，此確保在其他測試系列中進一步改善鋼材表面性質前，鋼材有較差的抗滑。

使用針槍 (needle gun) 用 9 bar 氣壓和塗層面成兩個不同角度 ( $45^\circ$  (稱為 HDG\_NG-I) 和  $90^\circ$  (稱為 HDG\_NG-II)) 對兩個測試系列的接合表面進行處理，每個針的直徑為 2 mm。兩個測試系列分別以 2.5 bar 的氣壓與鋅表面成  $30^\circ$  角進行噴砂處理，但粒徑不同，兩種類型都進行噴砂處理，兩個系列均使用尺寸在 0.2 毫米至 0.5 毫米 (稱為 HDG\_SB-I) 間的鋼玉顆粒 (corundum particles) 進行了噴砂處理。和 0.5 毫米至 1.0 毫米 (稱為 HDG\_SB-II)。兩個測試系列的噴嘴和鋅表面之間的距離約為 200 毫米。另外兩個系列也使用相同的噴砂程序進行噴砂適用於 HDG\_SB-I 系列，然後塗上鹼金屬矽酸鋅 (ASI) 塗層 (稱為 HDG-ASI) 和乙基矽酸鋅 (ESI) 塗層 (稱為 HDG-ESI)。測試系列 HDG-I 和 HDG-II 在鍍鋅過程中經過更長的浸泡時間，鍍鋅後離心，以去除凝固前的大部分外鋅層。從 HDG-I 和 HDG-II 系列中剝離並重新鍍鋅為測試系列 HDG-III 的測試樣品。粗糙度測量是使用符合 ISO 3274(Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Nominal characteristics of contact (stylus) instruments) 並配備金剛石測針的測針儀進行的。用針槍進行處理後，其粗糙度為 30 至  $40\ \mu\text{m}$ 。粗糙度約為  $30\ \mu\text{m}$ ，並用較粗的顆粒進行清掃，使其值介於 50 和  $60\ \mu\text{m}$  之間。根據 EN ISO 2808，通過磁感應隨機測量校準塗層。校準是在具有已知厚度箔的光滑鋼板上進行的。電磁感應意味著在鋼上測量非磁性膜 (例如鋅)。在選定試樣上進行機械加工前和後，測量塗層厚度。在這些測量過程中，發現機械加工後鋅膜的厚度部分較高，原因可能是粗糙度會扭曲結果。因此，要在金相截面上確定鋅膜的厚度。

所有試樣均由 S355(最低降伏強度  $355\ \text{N/mm}^2$ ) 製成，但是板材是

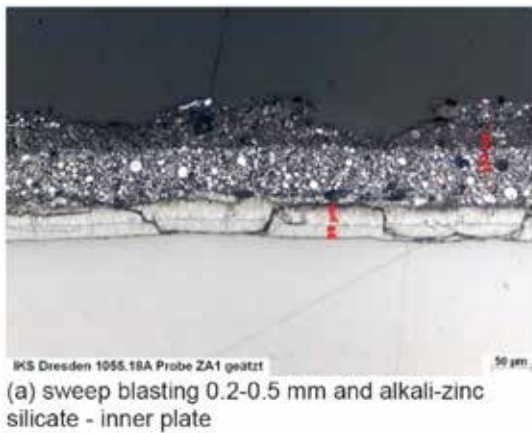
從不同批次訂購的，具有兩種不同的化學成分。對於 HDG-I，HDG-II 和 HDG-III 測試系列，鋼反應性（矽 (Si)=0.03% 和磷 (P)=0.024 與其他測試系列 (Si=0.01% 和 P=0.018% 質量) 相比更高。矽和 / 或磷的含量（及鋼厚）會影響鍍鋅層形態和厚度，因此值得注意的是，板材是從不同批次分兩次交付的，另外，在測試系列之間調整鍍鋅條件，以優化樣品準備。這包括對 HDG-I 和 HDG-II 測試系列中使用的樣品進行離心處理。這些不同的鋼化學性質和樣品條件反映了鍍鋅塗層的實際變化，但也反映了影響每個測試系列結果的主要影響因素。

該研究目的是探討不同後處理對靜態滑動係數測定的影響。使用針槍結果可稍微改善鍍鋅樣品的抗滑性能，惟結果顯示，噴砂處理的表面比用針槍處理過的表面，獲得更高的靜態滑動係數。經噴砂和 ASI 塗裝 (HDG-ASI) 測試的試樣系列達到最高的靜態滑動係數，隨後是帶有 ESI 塗裝 (HDG-ESI) 的噴砂測試系列。噴砂處理後獲得的滑動係數顯示出比其他後處理測試系列更高的變異係數。對於 HDG\_SB-I 和 HDG\_SB-II 測試系列，鋼反應性較高的樣品組均有較高的滑動率。假設 (i) 具有更高反應性的鋼的樣品組具有較薄的鋅外層，且 (ii) 噴砂條件在測試系列中是固定的，這表明 Fe-Zn 層暴露量的增加將產生較高的滑動係數。這也指出，對典型的結構鋼，在實踐中遇到中等反應性鋼，由測試系列 HDG\_SB-I 和 HDG\_SB-II 得出的平均滑動係數可以認為是保守的。通過考慮測試系列 HDG\_SB-II (更大的噴砂介質結合更薄的外部鋅層) 測得的最高的滑動係數接近測試系列 HDG\_II。

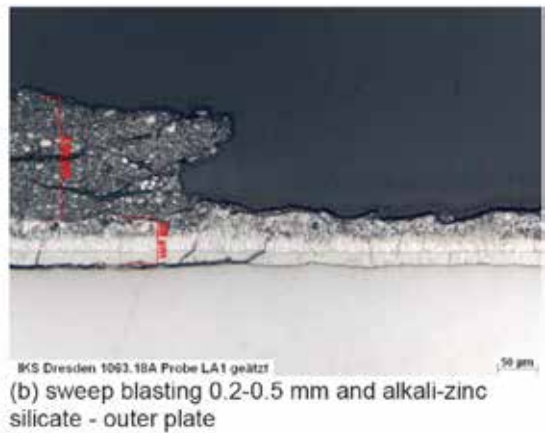
由 HDG 試樣的金相截面，可見低矽含量鋼的典型鋅相體系，在上部區域，可觀察到純鋅外層，用針槍準備表面並進行噴砂處理可能會導致鋅層破裂，儘管這些測試中使用的噴砂距離比實際建議的要低，以避免對塗層產生此類影響。鍍鋅表面具有 ASI 或 ESI 塗層顯示出塗層大量脫落的區域，如圖一。可看到從相對的接觸區域部分脫落的塗層殘留



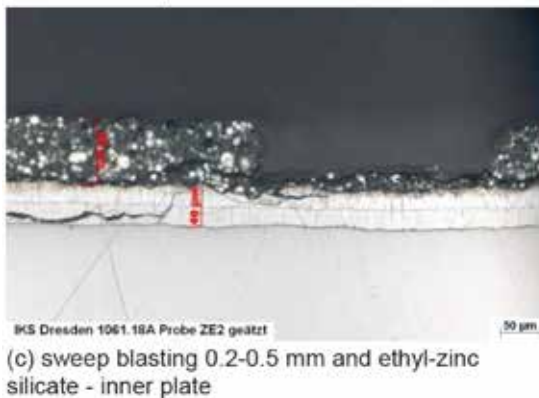
物，鋅粉顆粒可見為白色顆粒。通常，可觀察到在製備橫截面期間鋅粉塵顆粒會破裂。對每個後處理的測試系列，以前四次測試的平均滑動載荷  $F_{sm}$  的 90% 進行了一次潛變測試，測試應持續 3 個小時，以研究接頭在持續載荷下的行為。如果在施加全負荷後 5 分鐘結束時和 3 小時後記錄的滑動之間的差異不超過 0.002 mm，則必須像前面的四個測試一樣指定長期條件下樣品的滑動載荷。如果滑動之間的差異超過 0.002 毫



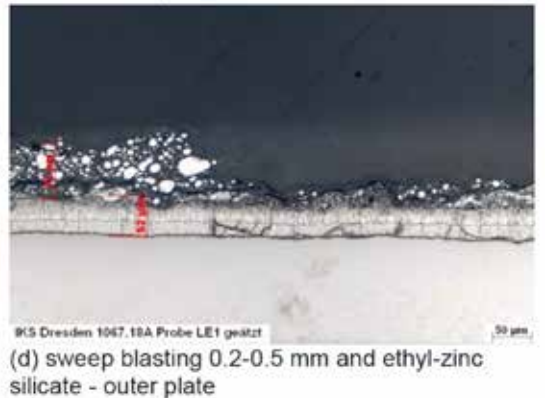
(a) 噴砂 0.2-0.5mm 和 ASI- 內板



(b) 噴砂 0.2-0.5mm 和 ASI- 外板



(c) 噴砂 0.2-0.5mm 和 ESI- 內板



(d) 噴砂 0.2-0.5mm 和 ESI- 外板

圖 1、鍍鋅表面具有 ASI 或 ESI 塗層樣品的金相剖面 (© IKS)

米，則至少進行三個延長的潛變測試以確定最終滑動係數。至少可以得出結論，對於 HDG-ASI 和 HDG-ESI 測試系列，最終滑動係數將分別小於 0.5 和 0.4。

HDG 塗層通常包括一系列覆蓋有鋅外層的 Fe-Zn 合金層。這種典型的塗層結構產生相對較低的靜態滑動係數（0.12~0.14）。Fe-Zn 合金層比外鋅層硬，並且通常比鋼基底硬。結果顯示，通過掃砂充分去除鋅外層，可使熱浸鍍鋅表面的靜滑動係數在 0.35-0.40 的範圍內，從而控制 Fe-Zn 層滑動行為。較高水準的鋅層去除將導致較高的滑動係數，但噴砂程度可能取決於原始塗層中外鋅層比例。噴砂效果可通過噴砂介質的大小和類型進行調整，也可以通過其他噴砂參數進行調整。用針槍對表面進行改性不會去除鋅的外層，且對於用作這些測試基礎的典型塗層結構而言，只會通過增加表面粗糙度而將滑動係數提高到 0.20-0.24 的範圍內。在這些測試中觀察到的熱浸鍍鋅表面的噴砂清理與鹼金屬矽酸鋅（ASI）塗料的結合產生的靜滑動係數最高（ $\mu$  平均值 = 0.62）。

### 3. 檢查施工用熱浸鍍鋅高強度緊固件鍍層品質的影響因素

在高溫情況下熱浸鍍鋅，要確保鋅與鋼板黏合強度對鍍鋅業者是一個重要技術問題。典型缺失是鍍層崩裂或開裂，此常導致鍍層脆性增加和降低抗衝擊能力，尤其在熱浸鍍鋅高強度螺栓時，螺母和墊圈會遭受這些缺失的影響，因此，需要額外進行酸洗，然後再鍍鋅處理。至今，偶發性黏合問題發生原因仍未完全清楚，應可歸因於整個工藝鏈，即原材料可歸因於整個工藝鏈，即原材料，構件生產及鍍鋅過程等，未完全考慮到影響因素和結果，良好的鍍鋅效果仍經常是一種經驗結果。因此，針對高溫熱浸鍍鋅品質，仍應系統性量測材料和鍍鋅參數各種影響因素，包括通過脫脂，酸洗和助熔劑進行的預處理工藝。尤其是，對高強度緊固件的熱浸鍍鋅，必須確保由上述回火過程產生的水垢沉積

物可在酸洗過程中完全清除。由於在熱處理前未充分或未進行脫磷而導致邊緣氧化及脫碳，特別是磷光體引起的  $\delta$  鐵素體的形成對塗層品質有負面影響。因此，在大多數情況下，由於需大量的分析工作和相關費用，因此無法通過標準金相方法獲得任何發現，也無法進行進一步的分析。除表面條件外，鍍層品質還受鍍鋅溫度和冷卻條件影響。通常，較高的鍍鋅溫度和更快的冷卻會導致更好的鍍鋅層品質。此外，發現從容器中取出籃筐和淬火間存在了「時間障礙」，超過此「時間障礙」可能會出現鍍鋅層接合問題。在四個不同的鍍鋅工廠中，兩種螺栓類型的熱浸鍍鋅顯示，儘管鍍鋅參數明顯相似，但鍍鋅層的品質卻非常不同。這既適用於鍍層厚度，也適用於鍍鋅層中裂紋的形成。在實驗室和實際經驗的基礎上，下一步應通過擴展對鍍鋅工廠的研究及考慮包括監測在內的預處理步驟來獲取更多資料並分析。通過這種全面分析，可應用統計測試評估方法來確定與鍍鋅結果相關的重要影響因素。然而，工廠中批量生產中能獲得的影響鍍鋅參數的可能性通常是有限的，故不能保證可實施所有必要措施。

#### 4. 熱浸鍍鋅鋼橋結構施工之抗滑接頭

橋梁結構使用壽命至少為 100 年，除興建成本外，橋梁設的經濟效率和可持續性還取決於整個生命週期內產的維護成本，研究顯示熱浸鍍鋅是一種基本且合適的防蝕方法，熱浸鍍鋅橋梁結構可達到使用壽命大於 100 年的腐蝕防護期。各種研究計畫證明，與未鍍鋅的鋼構件相比，熱浸鍍鋅構件的疲勞強度幾乎沒有降低。熱浸鍍鋅組件在現場鉚，接頭的腐蝕防護須經複雜的預處理及後處理，因此，在現場施加腐蝕防護常無法達到如熱浸鍍鋅組件的耐久性。當使用熱浸鍍鋅螺栓連接時，可避免這種技術限制。事實證明，預應力頭在鋼橋施工中的成功應用。但是，甚少有研究關於熱浸鍍鋅鋼材應用於現場的抗滑接頭。本研究計畫

範圍內，將對基於鋼結構歐洲標準規的熱浸鍍鋅螺栓接頭在循環載荷和複合橋結構中的應用技術和科學基礎進行探討。提供施工條文和設計建議是本畫目標。

熱浸鍍鋅中鋼樑的最大長度取決於鋅浴的長度 - 目前可達 18 m。由於這個限制，有必要建造帶有現場接頭的鋼橋。DIN EN 1090-2 規定不得銲接熱浸鍍鋅鋼構件。銲接現場接頭在防腐方面需要進行複雜的預處理。然而，現場施加的腐蝕防護不能達到熱浸鍍鋅的防護持久性。通過使用熱浸鍍鋅螺栓可以避免這種限制連接。到目前為止，對熱浸鍍鋅鋼的螺栓連接的研究很少。特別是根據 DIN EN 1993-1-8(Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints) 的防滑預應力連接適用於反向負載和疲勞。預緊力水準和接觸區域的表面紋理會影響打滑連接的抗阻行為。DIN EN1090-2 中未涵蓋熱浸鍍鋅表面的滑動係數，但可根據附件 G 通過實驗確定該因數。在去年，一些科學研究報告了熱浸鍍鋅表面的滑動係數測試的結果在很大的滑動係數範圍內，從  $\mu = 0.2$  到 0.4。鋅表面的粗糙化為後續處理導致滑動係數增加。但是，較厚的鋅塗層可能也對預緊力鬆弛產生重大影響，從而抵消了滑動係數的增加。

熱浸鍍鋅鋼材連接的滑動係數的可靠預測很難實現且不受當前設計標準的限制。科學研究是提供可靠的必要條件滑動係數。此外，鋼部件的疲勞性能，尤其是防滑性熱浸鍍鋅鋼的連接是可持續性的影響因素。滑動係數可根據 DIN EN 1090-2 的附件 G 通過實驗確定特殊的表面處理。給定的樣本大小類似於實際元件，並且在該專案中用作標準樣本。這是兩個剪切連接，單行連接螺栓。選擇熱浸鍍鋅之前和之後的不同機械表面處理及滑動係數測試的組合，包括了噴砂處理和研磨的表面狀況。確定兩個最佳組合後，確定鋅塗層，每種類型有三種不同厚度的影響拉杆的拉力將被調查。滑動係數測試顯示滑動係數在  $\mu = 0.30$  和  $\mu = 0.57$  之間。與未經處理的高溫鍍鋅表面 ( $\mu = 0.30$ ) 相比，未經處理的

常溫鍍鋅表面導致較高的滑動係數（ $\mu = 0.36$ ）。具有噴砂處理和高溫鍍鋅表面的接縫板的滑動係數為  $\mu = 0.38$ ，與未處理的常溫鍍鋅表面相比，只有很小的改善。

根據 DIN EN 1993-1-8 的防滑連接件由於其良好的抗疲勞性和安裝簡便性而用於橋梁結構。儘管缺少熱浸鍍鋅表面，DIN EN 1090-2 規定了不同的滑動係數。上述測試結果表明，可生成滑動係數高達 0.57 的鍍鋅表面的防滑連接。樣品表面經過常溫和高溫鍍鋅處理。高溫鍍鋅表面提供了在鍍鋅工藝之前處理接縫板表面的選項。滑動係數可通過噴砂或銑削表面來提高。銑削過的表面會影響螺栓的預緊力損失。必須進行延長潛變測試，才能獲得被測表面的摩擦係數。

## 中研院南部院區興建工程太陽能架

林麗玉<sup>1</sup>、蘇聖翔<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 臺鍍科技股份有限公司



工程名稱：中研院南部院區公共工程及第 1 棟  
建築興建工程

專案管理單位：亞新工程顧問股份有限公司

設計單位：境向聯合建築師事務所

施工單位：根基營造股份有限公司

工程概要：公共工程及研究大樓 I 棟（含智慧溫室）

興建經費：新台幣 1,618,840 仟元

鍍鋅單位：臺鍍科技股份有限公司

鍍鋅鋼重：約 400 噸

## 一、前言

中研院南部院區設置於高鐵臺南車站特定區內沙崙智慧綠能科學城，將建構以基礎研究為主的任務導向型研究，主要在「農業生技」、「循環永續」兩領域研究，並兼顧「臺灣文化、歷史」的基礎科學研究，同時導入人工智慧（Artificial Intelligence, AI）、大數據分析等先進科技。南部院區將興建三棟大樓，打造南部院區成為台灣南部最重要的基礎研究重地，第一棟研究大樓以農業生技領域為主，研究人員於 2020 年下半年陸續進駐；第二棟研究大樓及綜合大樓，將持續興建，預計 2022 年 3 月完工。

## 二、國家綠能目標與沙崙智慧綠能科學城

隨著全球暖化日益嚴重與傳統能源快速耗竭，世界各主要國家莫不將節能減碳列為施政方向，進行能源戰略布局，發展再生能源。為落實達成減碳目標，邁向低碳社會，政府已將綠能產業列為五大創新產業主要推動政策計畫之一，全力發展低碳綠能的再生能源，規劃於 2025 年再生能源發電占比達 20%。行政院並於 2016 年 6 月 23 日成立「能源及減碳辦公室」，協助經濟部完成「太陽光電 2 年推動計畫」，以加速我國太陽能再生能源發電量，力拼 2 年內達到 1.52GW，為 2025 年達成太陽光電規劃 20GW(Gigawatt/ 十億瓦) 的設置目標量鋪路。

政府為推動綠能產業發展，行政院於 2016 年 10 月宣布「沙崙綠能科學城」的建置，於 2018 年 1 月改為「沙崙智慧綠能科學城」，擴大智慧城市的應用發展。沙崙智慧綠能科學城的規劃包含：1. 核心區（大臺南會展中心、綠能科技聯合研究中心、綠能科技示範場域）、2. 商業區、3. 產業研發專區（國家實驗研究院、工業技術研究院及核能研究所等研究單位）、4. 中研院南部院區、及 5. 高鐵台南站周邊生活住宅區。

#### 三、中央研究院南部院區興建工程太陽能架

中研院自 2012 年起以臺南高鐵特定區為基地，籌劃「南部院區」。2018 年 5 月開始動工，院區占地面積 7.3 公頃，採分階段方式開發，預計於 2019 年 12 月、2021 年 3 月陸續興建完成三棟研究大樓，其中包含精密溫室及玻璃溫室等，總樓地板面積約 6 萬 6,363 平方公尺，興建經費約新台幣 40 億元。基地內其餘空間將作為綠地，以預留未來依研究發展需要擴建研究大樓及公共設施之用。

第 1 棟研究大樓屋頂上方亦裝設太陽能發電，太陽能架鋼結構均採用熱浸鍍鋅作為表面防蝕處理，鍍鋅層與鋼材間是冶金結合，成為鋼材表面的一部份，因此鍍層的耐蝕性效果較持久，同時合金層具有韌性，能承受在運送及使用時受到的機械損傷，可以提昇建築物的使用壽命，降低損害的風險，不僅讓防蝕效果更上層樓外，也降低日後營運期間維護修繕的成本（參見圖 1 至 7）。



圖 1、熱浸鍍鋅（前）





圖 2、熱浸鍍鋅 (後)



圖 3、興建工程安裝



圖 4、興建工程安裝



圖 5、興建工程安裝



圖 6、興建工程安裝



圖 7、興建工程安裝

#### 四、結論

鋼鐵是公共工程大量使用的材料，身處在高溫高濕的亞熱帶地區，我們須要正視鋼鐵銹蝕問題，以減少公共工程維修及成本，在台灣推動綠色能源的有限資源下，增加公共工程的使用安全並延續工程生命是我們的使命。

沙崙智慧綠能科學城，是政府施政的旗艦計畫之一，希望在這裡集結全臺灣所有綠能研究發展的能量，持續發展成為亞洲綠能最重要的研發重鎮。因此，有限資源下推動綠色能源更須注重減少鋼鐵腐蝕問題。持續推動應用熱浸鍍鋅技術，延長鋼鐵使用壽命，正是推動綠色能源的重要目標之一。

# 4

第 四 單 元

# 熱浸鍍鋅

2020.10 第 71 期

## 中華民國熱浸鍍鋅協會合格熱浸鍍鋅廠商名冊

編號	公司名稱	鍍鋅爐尺寸	通訊住址	連絡電話	有效期限
1	台灣鐵塔股份有限公司	14.0×1.8×2.2	325桃園市龍潭區八德里湧光路一段136號	03-4792201	109.09.30
2	臺鍍科技股份有限公司觀音廠	16.0×1.8×3.0	328桃園市觀音區成功路2段919號	03-4837966	109.09.30
3	臺鍍科技股份有限公司高雄廠	12.5×1.5×2.3	821高雄市路竹區中山路259號	07-6973181	109.09.15
4	慧鋼企業股份有限公司	16.5×1.8×3.3	820高雄市岡山區嘉新東路2號	07-6226978	109.09.15
5	力鋼工業股份有限公司	12.5×1.8×2.5	324桃園市平鎮區東勢里19鄰快速路一段246巷158號	03-4503511	109.09.30
6	易宏熱鍍鋅工業股份有限公司	17.0×1.8×3.2	831高雄市大發工業區大有三街15號	07-7873377	110.01.15
7	亨欣工業股份有限公司	13.0×1.8×3.3	812高雄市小港區永光街2-2號	07-8068007	110.01.15
8	盟雅工業股份有限公司	14.0×1.9×3.2	521彰化縣北斗鎮四海路二段1號	04-8880775	110.01.15
9	尚燁工業股份有限公司	13.0×2.0×3.2	338桃園市蘆竹區蘆竹里蘆竹街147號	03-3221411	110.05.15
10	由仁工業股份有限公司	13.0×1.85×2.7	507彰化縣縣西鄉寓埔村彰濱東8路7號	04-7900255	110.05.25
11	邦凱工業股份有限公司	13.2×1.6×2.5	328桃園市觀音工業區工業二路26號	03-4837373	110.06.15

※說明：

- 1、本表熱浸鍍鋅合格廠係由本會熱浸鍍鋅合格認證委員會委員，依據熱浸鍍鋅合格認證制度規程及合格認證基準審查通過，認定為本會熱浸鍍鋅合格廠，每次認證期限為2年，2年後得更新提請認證。
- 2、本表將於本會網站及每期熱浸鍍鋅雜誌刊登。
- 3、本會熱浸鍍鋅合格認證委員會成員如下：

### 本會熱浸鍍鋅合格認證委員會成員

主任委員	胡文虎	前內政部營建署材料試驗室主任
委員	陳嘉昌	財團法人金屬工業研究發展中心組長
委員	羅俊雄	工業技術研究院資深工程師

### 熱浸鍍鋅加工建議價格表

項目 單價	橋梁		鋼筋		廠房結構		格柵板	鋼材 (標準尺寸)	護欄板	標誌架
	箱型	I型梁	直筋	箍筋	H	箱梁				
單價 (元/公斤)	9~12	9~12	12~13	14~16	9~11	10~12	13~15	12~14	15~17	14~16

備註：  
 1.本建議價格將在本會網站及每期鍍鋅雜誌刊登，係以當時鋅原料價格(2018年03月)加上合理利潤算出。  
 2.本建議價格包含熱浸鍍鋅前處理部份，並以一次鍍作完成為準，不包含額外包裝及運輸費用。

## 熱浸鍍鋅結構物設計要點

### 密閉結構物無法進行熱浸鍍鋅作業

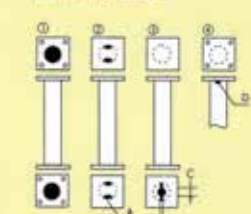
中空體之製品，有密閉和未密閉空氣流通孔之構造物，鍍在(440℃)之密度約6.7g/cm<sup>3</sup>。鍍液在此時浮力最大，所以結構物無法作業。

### 密閉結構物會產生爆炸之危險

焊接有缺陷之地方，水份會進入內部後，在熱浸鍍鋅時其體積會膨脹到3000倍以上，內部壓力會一瞬間上升到10個氣壓以上，也就是說會產生「水蒸氣爆炸」零件會發生破壞，零件會飛到別人身上，而造成工作人員之危險。

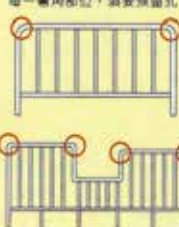
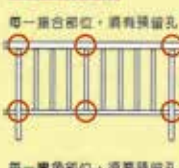
### 管件加工品

#### 素材加工品



- ①：最好兩端均開放。
  - ②：切管大小面積30%以上開放，直徑如厘米達到76mm以下，則必須釋放45%以上。
  - ③：②及③狀況時，則在本體180°之位置切角
- 例：直徑152cm  
A=半徑44mm B=寬度19mm  
C=直徑76mm D=半徑41mm

#### 平面的加工品



#### 立體的加工品



### 型鋼加工品

#### 下型的加工品

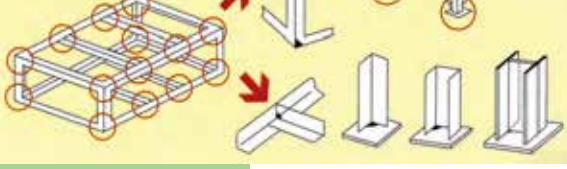


讓鋼筋切角之大小為15R~35R左右  
(適用於H-100~H-300之型鋼)

#### 平面的加工品

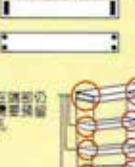


#### 立體的加工品



### 角管加工品

#### 平面的加工品



#### 立體的加工品



### 重疊接合的製品

點焊接，銲接部位的縫隙，銲孔，會因水份進入，而在熱浸鍍鋅時產生鏽不上。銲水會露出表面的現象，且更會因所含之水份而變成爆炸之現象，致使銲接部位因而產生裂縫。

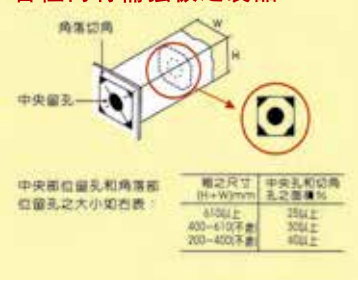
所以平面的接合部位，必須清除全部的水氣，而以金屬銲接合，另外重疊二片鋼板之接合時，如不同厚度之關係，銲接後可能會發生變形、龜裂之現象。



### 角箱和桶類之製品



### 管徑內有補強板之製品

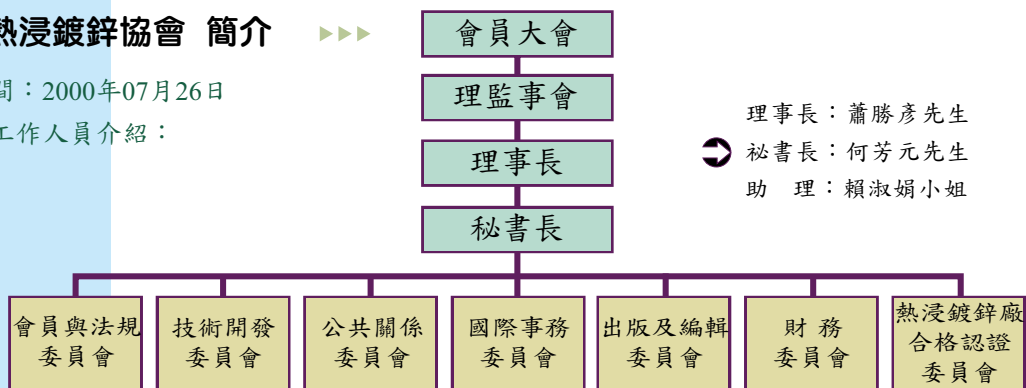


## 中華民國熱浸鍍鋅協會簡介

### 財團法人中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會簡介

#### 中華民國熱浸鍍鋅協會 簡介

- 一、成立時間：2000年07月26日
- 二、組織及工作人員介紹：



理事長：蕭勝彥先生

秘書長：何芳元先生

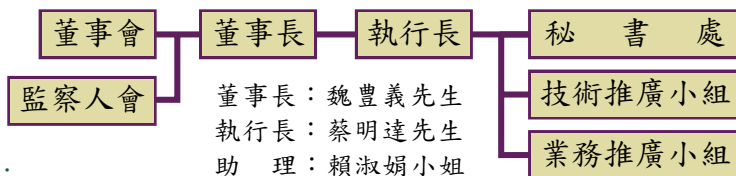
助理：賴淑娟小姐

#### 三、第八屆理監事名單：

編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱
1	戴晉平	理事長	8	石磊	理事	15	張文川	理事	22	李文隆	監事
2	蕭勝彥	常務理事	9	李家順	理事	16	廖肇昌	候補理事	23	楊聰仁	監事
3	陳麒文	理事	10	王慶一	理事	17	林曜滄	候補理事	24	楊松隆	監事
4	梁銘倫	理事	11	彭振聲	理事	18	羅俊雄	候補理事	25	葉乙平	監事
5	鄭錦榮	理事	12	許皇義	理事	19	陳益勝	候補理事	26	楊木榮	候補監事
6	施漢章	理事	13	吳福祥	理事	20	黃文忠	候補理事	27	鄭添富	榮譽理事長
7	鄭旭成	理事	14	邱琳濱	理事	21	魏豐義	常務監事	28	陳麒文	榮譽理事長

#### 財團法人中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會簡介

- 一、成立時間：1989年07月07日
- 二、組織及工作人員介紹：



董事長：魏豐義先生

執行長：蔡明達先生

助理：賴淑娟小姐

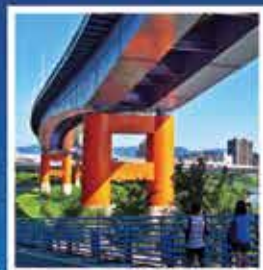
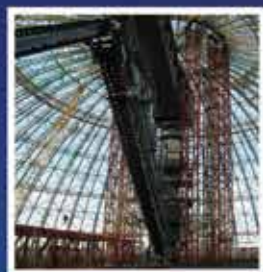
#### 三、第十屆董事（監察人）名單：

編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱
1	魏豐義	董事長	5	陳麒文	董事	9	林茂山	董事	13	李家順	董事
2	李文隆	董事	6	張信	董事	10	吳福祥	董事	14	鄭錦榮	常務監察人
3	鄭添富	董事	7	黃文忠	董事	11	戴晉平	董事	15	鍾自強	監察人
4	鄭旭成	董事	8	蕭勝彥	董事	12	施漢章	董事	16	彭振聲	監察人

#### 協會、基金會聯絡處

住址：806026高雄市前鎮區一心二路33號11樓B2室 電話：07-3320958~9 傳真：07-3320960  
 Email：galvanat@ms63.hinet.net 網址：http://www.galtw.org.tw

# 綠色建築 · 永續經營



## 鋼結構特點

- ★ 適合大跨距結構。
- ★ 施工迅速容易，工期短、成本回收快。
- ★ 高韌性，高展延性。
- ★ 重量輕，構材斷面小，使用空間面積大。
- ★ 產業結構健全，材料加工品質嚴密。
- ★ 材料可回收使用，與綠建築-地球資源有效利用，減少廢棄物及生態環境衝擊之理念吻合。
- ★ 接合拆除容易。

## TISC

中華民國鋼結構協會

10477台北市中山區民權東路三段58號10樓

電話：(02) 2502-6602

傳真：(02) 2517-2526

<http://www.tiscnet.org.tw>

45-mail:cisc@ms13.hinet.net





一份真正屬於工程界的專業雜誌

創於 1980 年

**現代營建**雜誌 每月發行

創刊40週年 1980~2020



每期內容涵括建築、土木專業性文章報導，有土木技術、大地工程、建築技術與設計、結構設計、工程法務、營建管理、房地產行情及營建類股變動分析等專欄，理論與實務兼具，是工程師、建築師、營造建設業等從業人員不可或缺的良師益友。

**多一份資訊 就是多一份力量**  
**現在訂閱 永不嫌遲**

零售每本 **150 元**

訂閱一年(12期) **1500 元**      訂閱二年(24期) **2900 元**

★★★若需掛號寄書一年加收 432 元、二年加收 864 元★★★

★★★相關科系學生訂閱有特價優惠，請附學生證影本★★★

**歡迎試閱，來電或傳真相關資料即贈閱當期月刊壹本。**

試閱專線(02)2551-8906      傳真(02)2571-9333

### 優惠協會會員

訂閱一年 12 期 **8折** 1200 元 · 訂閱二年 24 期 **8折** 2300 元

如需掛號寄書一年加收 432 元，二年加收 864 元

## 大樓鋼構工程施工及管理要領

馮春源 編著 定價500元(精裝/16開/398頁)

台灣大樓鋼結構工程雖然已有十幾年之歷史，但國內有關大樓鋼結構工程管理的中文資料極為缺乏。編者歷經十幾年之施工管理實務經驗，在工作之餘，將以日常用之管理手法整理成冊。本書依工程作業流程編排並分為規劃管理、工廠製造管理、工地安裝管理等三部份，另將非破壞檢測、鉚工檢定及品質管理要領書、世界各主要規格對照表作為附錄。內容均依作業程序另加說明，並將常用之管理重點摘要為管理要領，希望對同業與學界之朋友能有參考價值。

訂閱專線：(02)2551-8906      劃撥 01510899      現代營建雜誌社





立夏

## 『二十四』插畫展

展期：2020/0222-0322

地點：板橋435藝文特區

「二十四」插畫展 -- 即將於本月底假板橋435藝文特區舉辦，展出者是本名楊佳運的年輕插畫師，在2018年3月21日起，便以「二十己」這個稱號誕生了。

二十己作品風格細膩、寫實，白紙上除了黑色墨水勾勒而成的點、線、面以外，也伴隨著深刻且蘊含寓意的文字，作品多以隱晦、象徵性的元素來傳達作者的想法，略帶的悲傷是創作者本身對事物的觀點也是現實中所面臨的真相。

本展覽由新北市政府、新北市政府文化局、板橋435藝文特區、海峽前鋒文化共同主辦，並由海峽畫報發起及協辦，獨立策展人郭芷芸策展。

小滿



## 2020 訂戶預繳報費優惠專案



### 【莊園級/呼叫咖啡】

呼叫咖啡是來自雪山山脈，位於1200-1680公尺山谷的雲南莊園的咖啡豆，在得天獨厚的氣候和地形條件中栽種的阿拉比卡原豆，並採用有機栽種，經48小時熟成、發酵、水洗、日曬，提供給喜愛咖啡的人士高品質的精品咖啡。

創新包裝的浸泡式咖啡(中度烘培)，特別適合講究品味的商務人士，內容量達13g/包(一般商品僅8g)

訂戶讀者會員價315元/盒  
(3盒免運費)



規格：13g/包x10包/盒  
保存期限：24個月

訂戶預繳一年報費9000元，即贈【莊園級/呼叫咖啡】三盒。市價逾一千元

或 選擇優惠折扣價8500元 (優惠二選一)

服務專線：02-82192298(158) 傳真：02-82192286

總管理處：新北市新店區建國路257號五樓之12 電子報網址：<http://www.cfnews.com.tw>

# 亨欣工業股份有限公司

HENCEFORTH SHINE INDUSTRY CORP

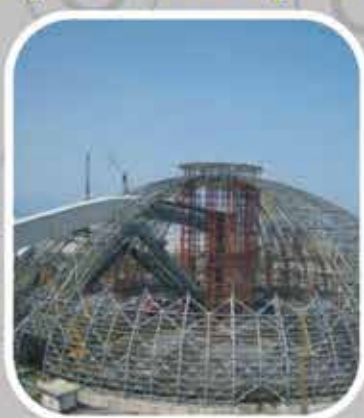


- 鍍鋅槽：W1.8M H3.3M L13M
- 每月產能5000噸 ● 單一構件最大負重14噸
- 自結構物到鋼管，各種形狀的鍍鋅構件都可以鍍作

ISO 9001(2000年版)國際品質保證



天恩寺



花蓮和平電廠



公共管架



台塑德州案鍋爐鋼構工程

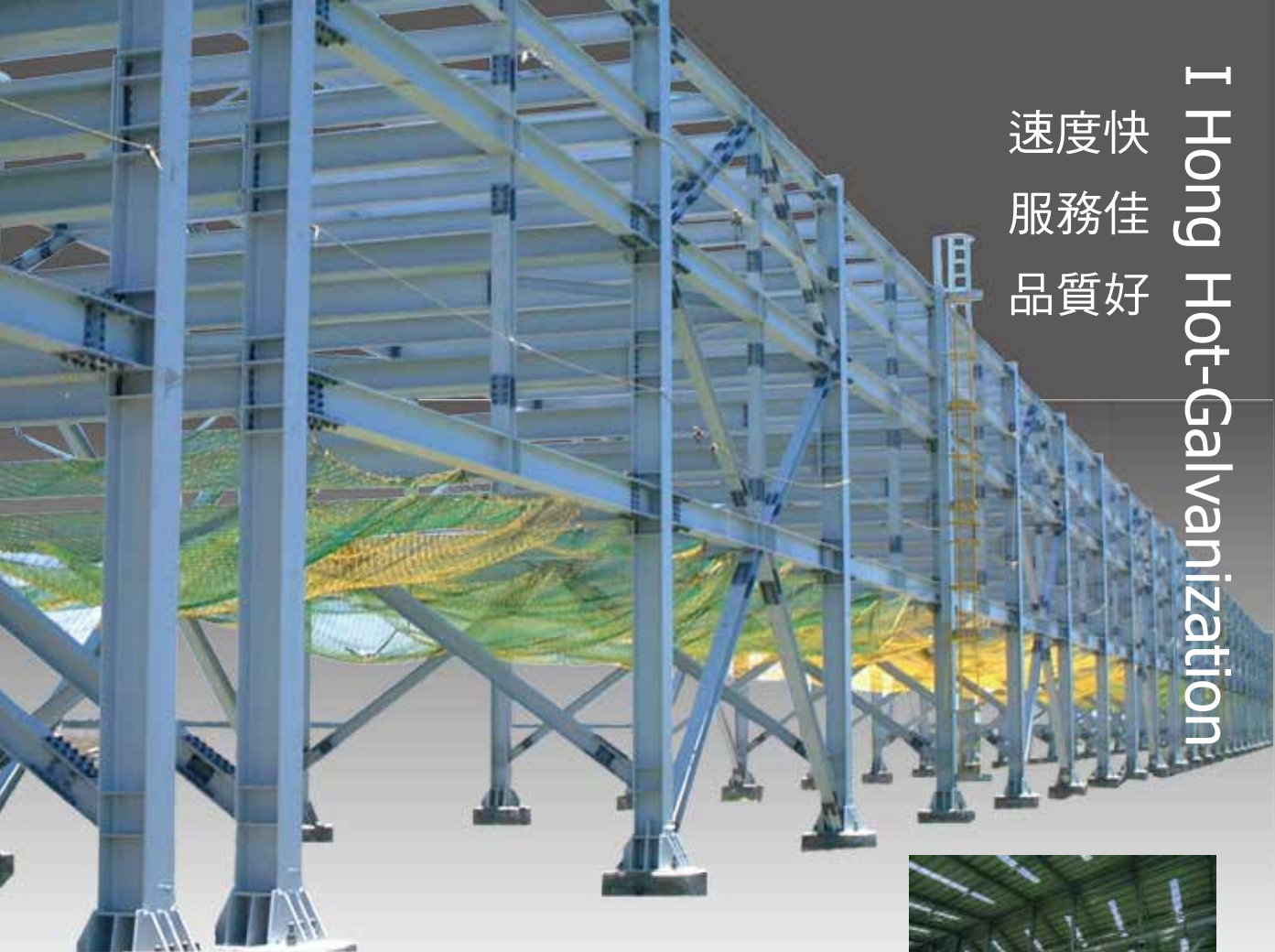
高雄市小港區永光街 2 - 2 號

TEL:886-7-8068007 FAX:886-7-8062466

ADD:NO. 2-2 Yung-Kwang st.Kaohsiung Taiwan R.O.C.

E-mail:hen.shin@msa.hinet.net

速度快  
服務佳  
品質好



- 鍍鋅爐：長17M×寬1.8M×高3.2M
- 最大鍍鋅構件：30噸
- 最大產能：每月8000噸以上
- 廠區面積：8000坪
- LRQA ISO 9000 · ISO 14001 · OHSAS 18001 認證通過
- 台電 · 中船 · 中鋼 · 中油 · 鐵路局
- 台塑審定合格



## 服務項目

鑄造鍛造 · 型鋼鐵材 · 鋼管鋼材  
養殖農畜 · 鋼架結構 · 公路護欄  
電力電訊



易宏熱鍍鋅工業股份有限公司  
I Hong Hot-Galvanization Industrial Co., Ltd.

高雄市大寮區大發工業區大有三街15號  
No. 15, Dayou 3rd St., Da-Fa Industrial Park, Kaohsiung County  
TEL : 886-7-7873377  
FAX : 886-7-7873380  
E-mail : ihong@ms19.hinet.net

高雄市岡山區嘉新東路2號

NO.2 Chiahsin East Road. Kangsnan Kaohsiung Taiwan

TEL : (07)6226978 FAX : (07)6221774



MIRDC  
ISO 9001



MIRDC  
ISO 14001

## 熱浸鍍鋅 — HOT DIP GALVANIZING

鋼鐵製品之最佳防蝕處理！

小自螺絲、螺帽及其他零組件

大至鋼鐵橋樑、廠房鋼結構

我們的理念是 — 只要有鐵的地方就能夠，也應該做『熱浸鍍鋅表面防蝕處理』



高雄海洋文化及流行音樂中心



中油林園新六輕廠房結構

## 服務項目

結構爐 (16500×1800×3300mm)

最大載重能力：30噸

- 路燈、標誌桿、護欄板、鋼管、格子板、水溝蓋、熱交換器、桁架、鐵塔、電力電信構件、橋梁廠房等各類鋼構物。

配件爐 (3000×1000×1200mm)

- 螺栓、螺帽、鉚釘、墊圈等小型鋼鐵製品及扣件。

我們不誇耀設備的新穎與宏大，我們只強調服務與品質



# 盟雅工業股份有限公司

MENG YEA INDUSTRY CO., LTD

## 熱浸鍍鋅專業處理



日月潭纜車鋼結構



台北捷運內湖車站



台中大肚溪水管橋



台塑六輕輸油管架

### 公司簡介

- 鍍鋅爐：長14米、寬1.9米、深3.2米
- 最大產能：每月5000公噸
- ISO 9001：國際品質認證

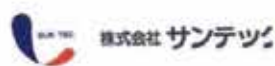
### 服務項目

- 鋼構廠房、鋼構橋樑
- 型鋼鐵材、農業溫室
- 公共工程、電信電力

地址：彰化縣北斗鎮四海路二段一號(北斗工業區) 服務電話：04-8880775~7 傳真：04-8872307

安全第一 品質至上 技術為先

# 信譽的標誌 鐵塔 · 橋樑名廠



住電朝日精工株式会社  
SUMIDEN ASAHI INDUSTRIES, LTD.



株式会社 巴コーポレーション  
TOMOE CORPORATION



佐賀工業株式会社



高鐵車站天花板



輸電鐵塔



太魯閣砂卡礑溪鐵橋



防止墜落裝置



高鐵輸配電鋼架



大型鋁合金太陽光電板架



高鐵隧道內外鋼模台車



板橋國中太陽光電結構

## 營業項目：

1. 輸電鐵塔、微波鐵塔、鋼管樁、鋼骨結構、各類鐵塔
2. 輸送機械、停車塔、標準廠房、空間桁架、拱橋
3. 隧道棧橋、防水布台車、鋼筋台車、鋼模作台車、棧橋
4. 鐵路及高鐵輸配電鋼構、防音構造、其他鐵件製品
5. 防墜裝置、電器承裝、太陽光電板架及熱浸鍍鋅加工等。



力鋼工業股份有限公司  
LIH KANG INDUSTRIAL CO., LTD



1996通過  
國際品質標準  
ISO9001認證

總公司：台北市士林區社中街76號

工廠：桃園市平鎮區東勢里19鄰快速路一段246巷158號

Http://www.lihkang.com.tw

TEL：(02)28118101(5線) FAX：(02)28123974

TEL：(03)4503511(7線) FAX：(03)4503518

E-mail：lihkang@ms34.hinet.net