

熱浸鍍鋅

趙焜岳題

2021/04

NO.73

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

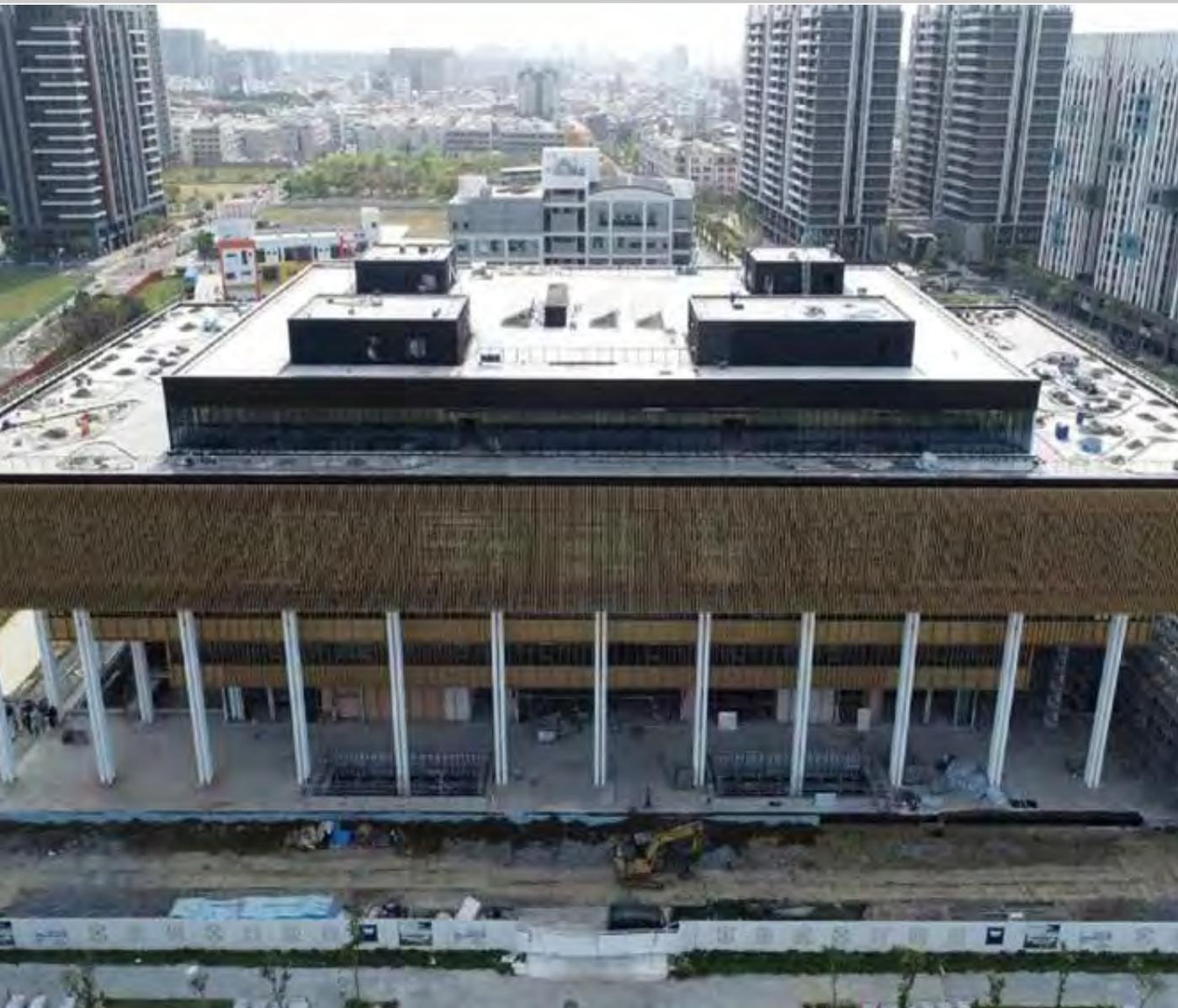


中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會
Galvanizers Foundation of R.O.C.

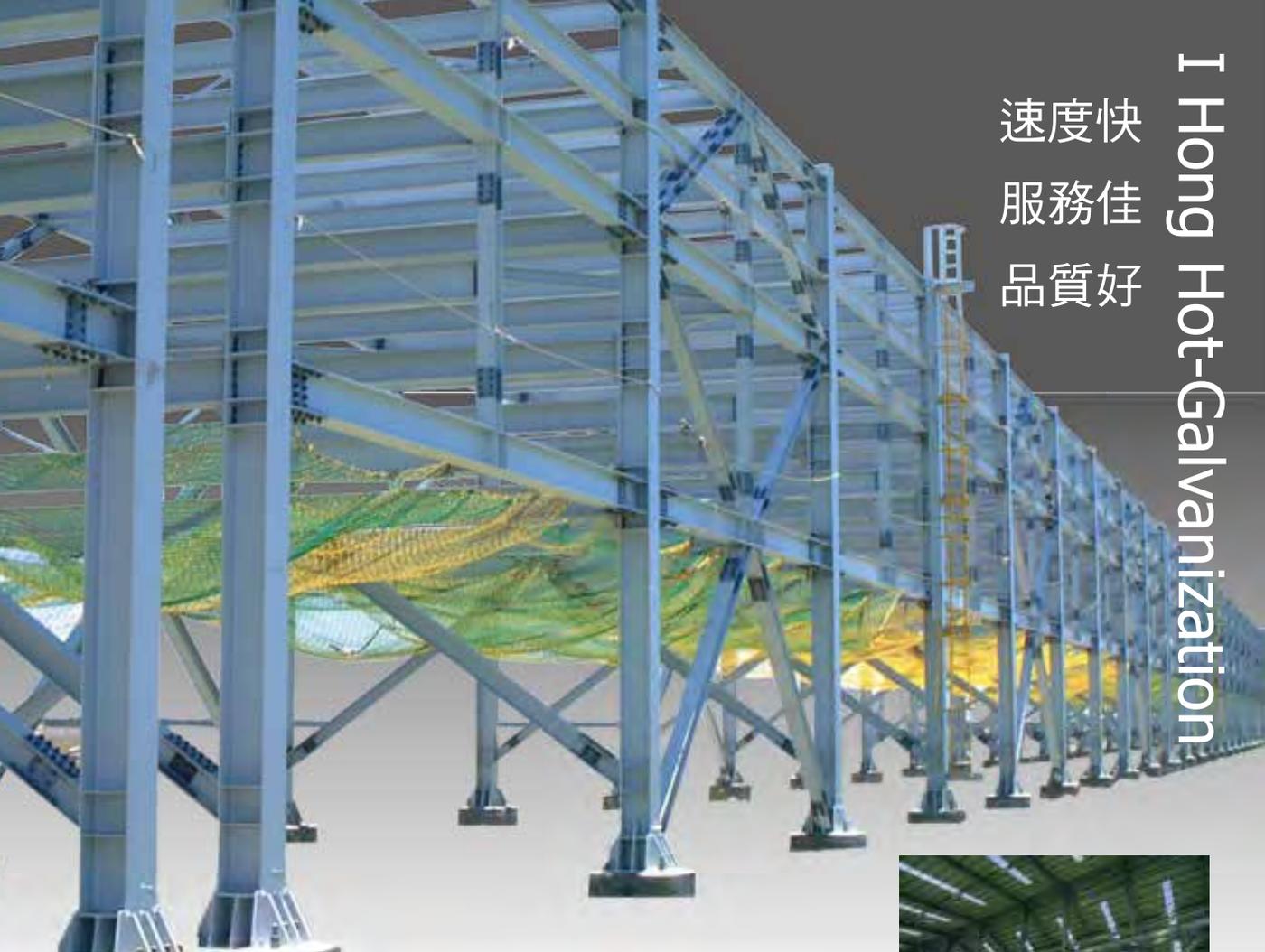
中華民國熱浸鍍鋅協會
Galvanizing Association of Taiwan

■ 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



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

INDEX

- 1 **第一單元** ▶ 活動公告：
 - ◎ 優良熱浸鍍鋅工程獎得獎名單

- 2 **第二單元** ▶ 生產技術及防蝕技術專題：
 - ◎ 熱浸鍍鋅合金元素對鍍鋅表面缺陷異常的影響
 - ◎ 熱浸鍍鋅在太陽能支架防蝕之應用
 - ◎ 鋅鍋高溫局部破裂個案研究

- 25 **第三單元** ▶ 工程實績介紹：
 - ◎ 臺南市立圖書館總館新建工程

- 32 **第四單元** ▶ 人物介紹-台灣工程界的先行者
 - ◎ 台灣世曦工程顧問股份有限公司林曜滄總工程師

- 35 **第五單元** ▶ 2020年生產統計表

- 36 **第六單元** ▶ 熱浸鍍鋅問答集

- 39 **第七單元** ▶ 本會認證熱浸鍍鋅廠合格廠商
熱浸鍍鋅加工建議價格表

- 40 **第八單元** ▶ 熱浸鍍鋅結構物設計要點

- 41 **第九單元** ▶ 中華民國熱浸鍍鋅協會簡介
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 ■ 戴晉平
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
印刷設計 ■ 達利金廣告設計有限公司 0939784123

2021/04
NO.73



臺南市立圖書館總館新建工程

業主：臺南市政府文化局
設計單位：荷蘭麥肯諾建築師事務所及張瑪龍陳育霖聯合建築師事務所
監造單位：張瑪龍陳育霖聯合建築師事務所
施工廠商：互助營造股份有限公司
鋼構工程：東鋼鋼結構股份有限公司
熱浸鋅廠商：慧鋼企業股份有限公司
鍍鋅鋼構總量：約1,000噸
總工程經費：18.88億元
動工日期：106年7月
竣工日期：109年12月

廣告索引

- 封底 ▶ 力鋼
- 封面裡 ▶ 易宏
- 封底裡 ▶ 盟雅
- 4 2 頁 ▶ 鋼結構協會
- 4 3 頁 ▶ 現代營建雜誌社
- 4 4 頁 ▶ 前鋒日報社
- 4 5 頁 ▶ 亨欣
- 4 6 頁 ▶ 慧鋼
- 4 7 頁 ▶ 臺鍍

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！)

中華民國熱浸鍍鋅協會 優良熱浸鍍鋅工程獎得獎名單

得獎單位名單及獎勵方式如下：

一、公共工程土木類：

(一) 特優獎：獎牌一面，獎金 NT\$10,000 元。

得獎單位：力鋼股份有限公司

工程名稱：和仁、和鐵～漢本 161KW 輸電線路 #2 造型鐵塔購置暨安裝

(二) 優良獎：獎牌一面，獎金 NT\$5,000 元。

得獎單位：

1、怡興工程顧問有限公司

工程名稱：荖濃萬壽堤段河川環境改善工程

2、精密工程顧問有限公司

工程名稱：南通橋改善工程

(三) 佳作獎：獎牌一面，獎金 NT\$3,000 元。

得獎單位：

1、和建工程顧問股份有限公司

工程名稱：汐止區康寧街 751 巷至連峰街增加車道改善工程

2、翔宏營造有限公司

工程名稱：嘉義縣民雄鄉民之森計畫 - 民雄森林公園及景觀橋景觀改善工程

二、公共工程建築類：

優良獎：獎牌一面，獎金 NT\$5,000 元。

得獎單位：台灣電力公司核能火力發電工程處中部施工處

工程名稱：通霄電廠更新擴建計畫複循環發電機組設配及其廠房與相關設施統包案

三、民間工程建築類：

佳作獎：獎牌一面，獎金 NT\$3,000 元。

得獎單位：永禾鼎企業有限公司

工程名稱：三新實業股份有限公司廠房新建工程

熱浸鍍鋅合金元素對鍍鋅表面缺陷異常的影響

鄭錦榮¹

¹ 台電綜合研究所

摘要

熱浸鍍鋅在輸配電及風電的鋼鐵構件防蝕方法，專注於鍍鋅在鋼鐵結構中的創新應用及鋅和鋅合金鍍層的防腐性能技術，後續精進建立輸電線路與鐵塔結構的安全監測，因此針對熱浸鍍鋅鋼構材表面處理技術引述「熱浸鍍鋅合金元素對鍍鋅表面缺陷異常的影響」說明輸配電線路構材、鐵塔表面缺陷異常的原因與改善對策，建立輸電線路材料破損分析及維修評估方法，提高輸電鐵塔設備運轉的可靠度與後續追蹤評估作業等工作技術。

一、熱浸鍍鋅鋼構材處理

熱浸鍍鋅為鋼構材的主要表面處理技術，在輸配電線路構材、鐵塔及風力發電機塔座基礎皆已採用該防蝕方法，傳統熱浸鍍鋅輸電鐵塔在一般地區皆有良好的耐蝕性，但在重鹽害地區鍍鋅層易與海鹽粒子反應，加速損耗，特別是面對東北季風沿岸帶來海鹽飛沫附在鐵塔鋼構上的腐蝕最嚴重，使用年限大幅縮短，因此如何改善防蝕技術，確保工作人員安全及輸電線路可靠性，謀求輸配電線路構材防蝕技術精進，熱浸鍍鋅在鋼鐵結構中的創新應用及鋅和鋅合金鍍層的防腐性能技術，針對近年來熱浸鍍鋅鋼構材表面處理技術分別引述「熱浸鍍鋅合金元素對鍍鋅表面缺陷異常的影響」說明輸配電線路構材、鐵塔表面缺陷異常的原因與改善對策及「鋅鉻合金在批量熱浸鍍鋅中的腐蝕行為」改善重鹽害地區熱浸鍍鋅層易與海鹽粒子反應的缺陷。

二、熱浸鍍鋅合金元素對鍍鋅表面缺陷異常的影響⁽¹⁾

(一) 熱浸鍍鋅的新挑戰

熱浸鍍鋅鍍層品質會受鋼鐵化學元素成分、表面前處理及鍍鋅製程條件(如鍍液溫度、浸鍍時間、提升速度、冷卻速率)等皆會對鍍鋅品質的影響，本文針對下列四點說明熱浸鍍鋅的新挑戰。

- 1、熱浸鍍鋅鍍層均勻性的需求：熱浸鍍鋅層平滑及表面外觀清淨。
- 2、鋼鐵成分的影響：鋁淨鋼及合金鋼(內氧化層、潤濕性影響、偏析、不同的微觀結構)，圖1為冷卻速率對鋼鐵組織的影響。
- 3、增加鋼鐵產品的應用：如鋼樑焊接。
- 4、前處理的試劑：對前處理的要求更高。

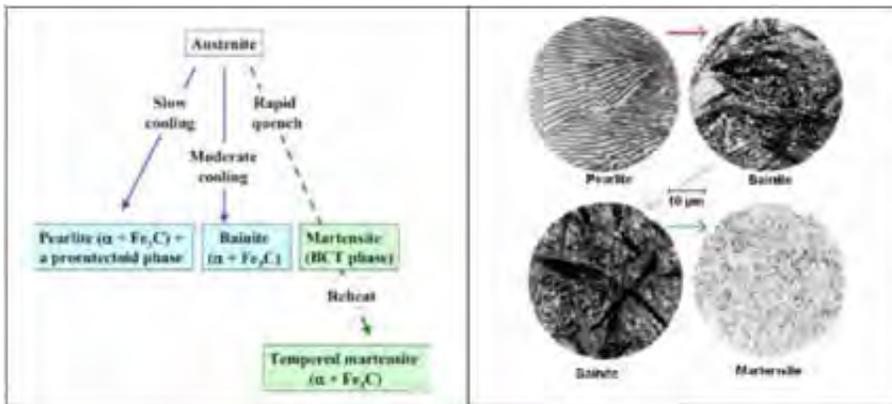


圖 1、冷卻速率對鋼鐵組織的影響

在熱浸鍍鋅過程中會產生鐵鋅合金反應，合金層會影響鍍層的厚度及液態鋅的物理性質，通常觀察到的表面缺陷如圖2所示，大多數影響表面缺陷的四項主要因素包括：

- (1) 減低與鋅鐵反應產生的缺陷的元素，部份元素會加速 Zn-Fe 的合金反應，如圖3所示。主要是ζ相過度生長的

表面缺陷，已知鋁對反應性鋼的鍍層生長具有一定的抑制作用，在抑制期內，對Fe的反應可忽略，並且沒有形成Fe-Zn化合物⁽⁵⁾，鋁可緻密金屬間的Zn-Fe層，減少了鐵向熔體的擴散。因此，不僅金屬間化合物的總厚度減小， δ 相相對於 ζ 相的相對生長亦得到增強。

- (2) 鋼材表面受其他元素的污染而產生表面熔體的物理性缺陷，如圖4所示。鍍層表面的光滑受熔融鋅液的粘度、表面張力和潤濕性的影響，為了環保，目前熱浸鍍鋅工業製程很多採用無鉛或低鉛鋅鹽的趨勢，鉛是一種非常有效的合金元素，可改善鋅的流動性以及潤濕性和錫渣顆粒的下沉，鉛的潛在替代品是錫和鈹。
- (3) 液態鋅對鋼的潤濕性差。
- (4) 成分或溫度變化會影響鐵的析出。



圖 2、熱浸鍍鋅表面缺陷

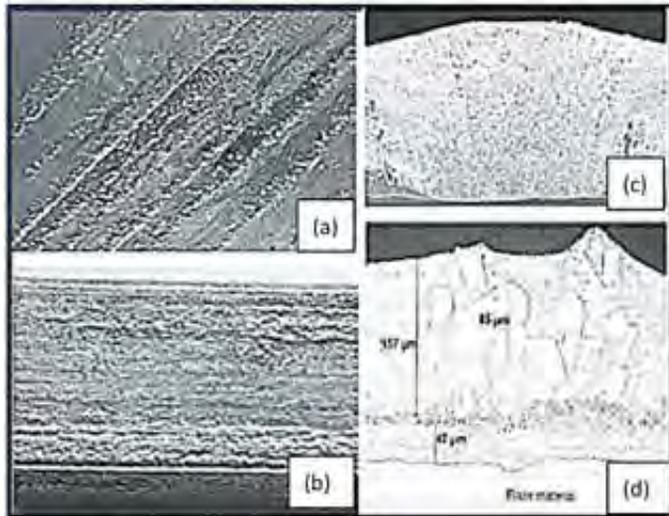


圖 3、Zn-Fe 合金反應對鍍層表面缺陷的影響，(a) 及 (b) 為 ζ 相快速生長的面與斷面照相圖，(c) 為顯微鏡切面圖及 (d) 經表面處理的組織金相圖。

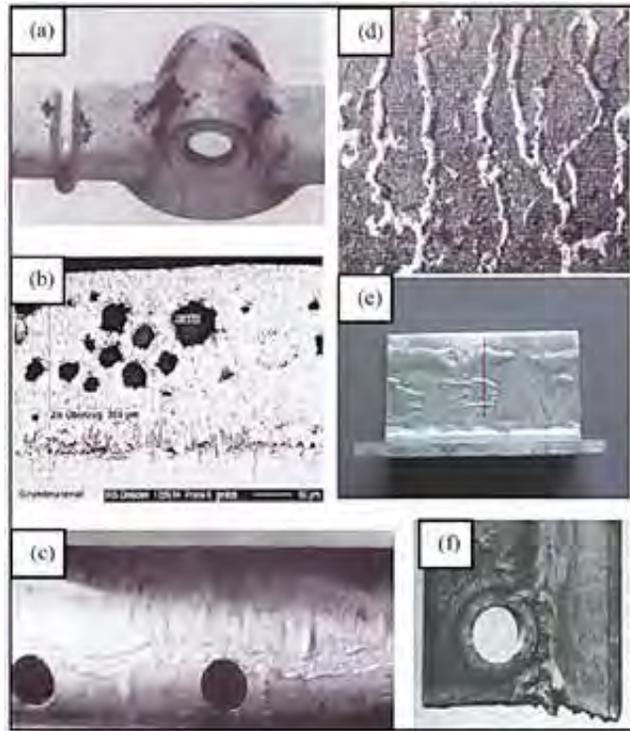


圖 4、鍍層表面缺陷與前處理、表面污染和 Zn 的物理性質有關，(a) 及 (b) 為未鍍鋅裸孔；(c) 為附著不良鍍鋅層剝落、(d)、(e)、(f) 為流動性不良表面鍍層產生垂流。

(二) Zn-Fe 合金的異常缺陷

Zn-Fe 合金鍍層成長太厚或燒灰現象的主要原因如後：

- 1、鍍層過厚：過量的 Zn-Fe 合金反應與鋼組成有關，主要是受 Si 和 P 的成份影響，當 Si 含量在 0.03-0.12% 時鍍層的厚度急劇加厚。Schulz⁽²⁾ 指出在 Si 鋼的鍍層成長與氫氣滲出的關連性。
- 2、Zn-Fe 合金的反應：Horstmann 對 Zn-Fe 合金反應進行了深入研究⁽³⁾，將鋼浸入液態鋅中，鋼開始溶解，鐵開始組成第一個 ζ 相，後來轉換為緻密的 δ 相，Horstmann 研究了液態鋅中鐵的溶解，並歸因於在不同合金層間存在不同的鐵量，隨著溫度的升高，Fe 的量隨預期的增加而增加，從 Zn-Fe 合金反應圖 5 金屬間化合物中的鐵分佈中可知， ζ 相在 480°C 開始去穩定化，轉化為 Fe 損失的增加。第二個重要結果是 ζ 相中 Fe 的含量隨鍍鋅溫度提高而減少，隨著更多的能量可用，促進了更穩定的 δ 相的形成。與

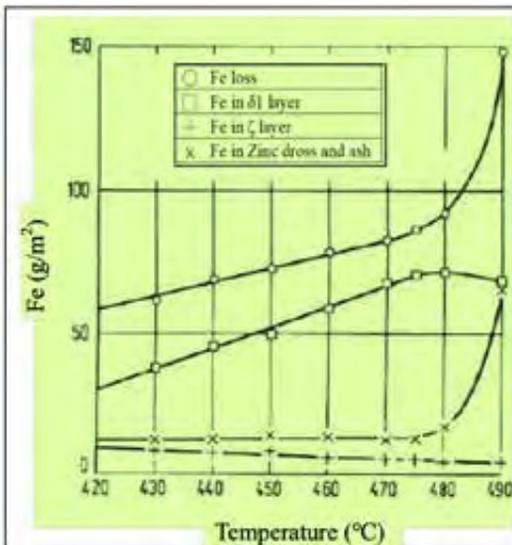


圖 5、金屬間化合物中的鐵分佈⁽³⁾

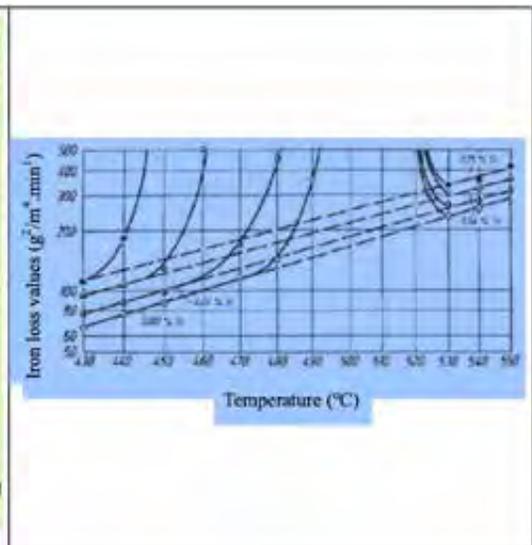


圖 6、Si 對溶解 Fe 的影響⁽³⁾

鋼 Si 相關的觀察，包括隨著鋼中 Si 含量的增加，溶解 Fe 的量增加，其次，在 480°C 時純 Fe 的溶解開始增加（由於 ζ 的不穩定性）向低溫移動如圖 6 所示。Sebisty⁽⁴⁾ 觀察對於一些 Si 在 0.15 和 0.25% 之間的鋼，如果鍍鋅溫度從 450°C 升至 465°C，鍍層厚度會減少，顯微照片顯示在這種情況下再次形成 δ 相是有利的。

- 3、部份金屬元素會減少 Zn-Fe 合金反應時的表面缺陷，如圖 7 週期表中 IV a 與 V a 軸中添加 Sn, Sb, Pb, Bi 等四元素會增加 Zn 的流動性，不會影響液態鋅中鐵溶解度的元素，但影響液態鋅的物理性質。在 I b~ VIII 軸中添加 Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu 等八元素會減小 Fe 在 Zn 鋅液中的擴散，增加金屬化合物間的密實，有利於 δ 相生長，Mg, Al, Si 添加會參與 Zn-Fe 合金反應的元素，影響液態鋅中的 Fe 溶解。

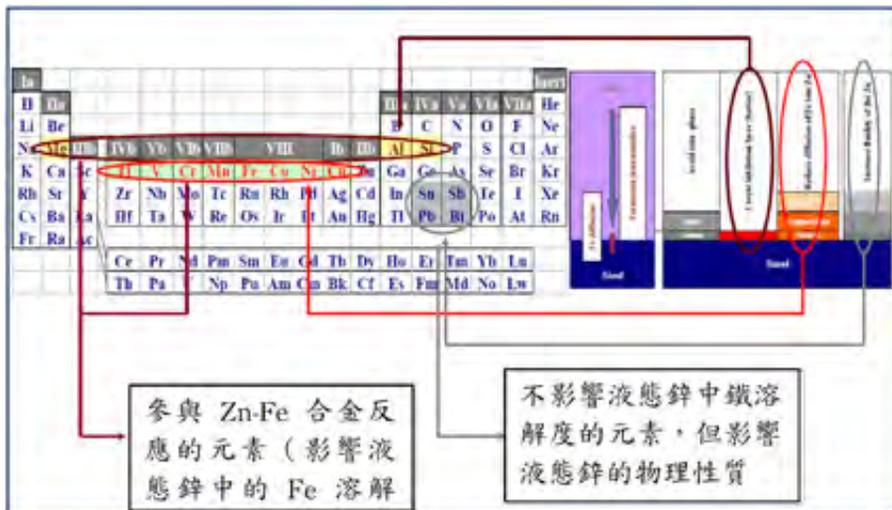


圖 7、熱浸鍍鋅鍍浴化學成份和 Zn-Fe 合金反應控制鍍層厚度和 Zn 熔體的物理性能⁽⁶⁾。

4、部份金屬元素會減少鋅熔體的物理性質有關的表面缺陷，

Pb, Sn, Bi 對鋅熔體的物理性質影響包括：

- (1) 粘性：一般來說 Pb, Sn 和 Bi 的影響很小，Pb 當量粘度 = $Pb + 2.5 Sn + 2.5 Bi$ 。
- (2) 表面張力：Bi 的影響最大，Pb 當量表面張力 = $Pb + 0.15 Sn + 6 Bi$ 。
- (3) 潤濕性：Pb 當量潤濕性 = $Pb + 3 Sn + 2 Bi$ ，如圖 9 所示。
- (4) 鍍浴的穩定性和 Fe 沉積：成分變化 (如 Al, Ni, …) 及溫度變化會影響 Fe 的沉積，如圖 8 所示。

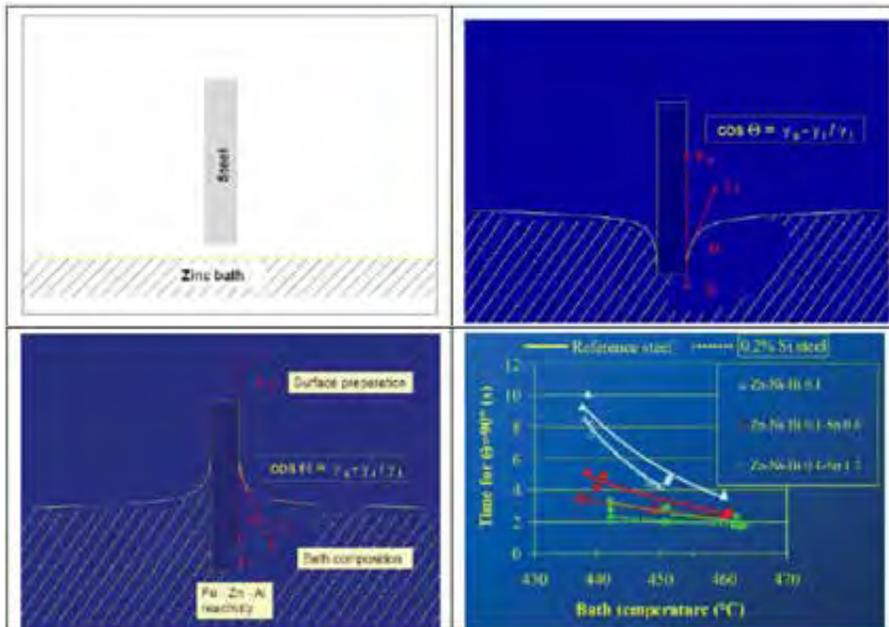


圖 8、鋅具潤濕的物理性質⁽¹⁾

(三) 影響鍍層表面異常的因素

將 Zn-Fe 合金反應、表面污染、Zn 的物理性質、Fe 沉積等因素結合，說明在製程及金屬元素造成表面缺陷的分析，如減少鍍層厚度、鍍層均一性、黑點、褪色、燒灰、條紋和凹陷、表面粗糙、表面凹凸不平、垂滴、酸洗 / 助熔劑殘留物、疙瘩、附著

不良、剝離或剝落等，可以得出結論，合金元素可以提供幫助，同時通過良好的前處理來減少表面缺陷。參與 Zn-Fe 合金反應的元素將改善鍍層厚度異常和均勻性，並可改善表面光澤亮度。另一方面，如果沒有正確添加，這些元素會產生疙瘩，Pb, Bi 和 Sn 的元素對 Zn 液體熔體的物理性質有影響，並且可以幫助減少與鋅液潤濕性流動不良有關的所有異常，如圖 9 所示。

Origin	defects and abnormalities											
Zn-Fe-reaction												
Surface contamination												
Physical properties Zn												
Fe-precipitations												

Process	Reduced coating thickness	Coating homogeneity	Black spots	Discolorations	Gray aspect	Ridges and furrows	Rough surface	Enhanced dross	Streaks and sags	Tear drops	Pickle and flux residues	Pimples	Bad adherence	Peeling / Flaking
Degreasing														
Rinsing														
Pickling														
Rinsing														
Fluxing														
Drying														
Zn-bath														
Al														
Ni														
Pb														
Bi														
Sn														

圖 9、前處理和鋅浴組成對鍍鋅異常的影響⁽¹⁾

在圖 9 上圖中灰色格為鋅鐵反應，表面污染，鋅的物理性質，鐵沉積等缺陷及不正常現象會導致鍍層厚度減少，鍍層不均勻，鍍層黑點，腿色，灰色外觀，波紋和溝槽，粗糙表面，剝離的鋅渣，條紋和流痕，垂滴，斑點和助熔劑殘留，顆粒，附著力不良，鍍層剝離與脫落等外觀缺陷，在圖 9 中圖中灰色格同樣在鍍鋅製程中產生的缺陷及不正常現象亦與脫脂、沖洗 1、酸洗、沖洗 2、助熔劑、乾燥、鍍鋅等程序的條件有關。在圖 9 下圖中說明 Al,Ni,Pb,Bi,Sn 等五種元素對外觀缺陷影響優劣的比較，如紅色最嚴重、橙色次之、淺綠為良、深綠為優。

三、結論

本文利用改善鋅和鋅合金鍍層的防腐性能技術，改善熱浸鍍鋅合金元素對鍍鋅表面缺陷的異常，後續精進建立輸電線路材料破損分析及維修評估方法與鐵塔結構的安全監測，提高輸電鐵塔設備運轉的可靠度與後續追蹤評估作業等工作技術。

四、參考文獻

1. R Pankert, Boliden (Sweden), Influence of alloying elements on galvanizing abnormalities with a special view on surface defects. 25th International Galvanizing Conference, Berlin, 2018.
2. Schulz W-D, Schubert P and Thiele M: Proceedings Intergalva 2003.
3. Horstmann D: Zum Ablauf der Eisen-Zink-Reaktion, GAV-Schrift 1991 pp 11-30.
4. Sebisty JJ: 11 International Zinc Conference, Stresa 1973.
5. A.R.P. Ghuman and J.I. Goldstein, Metallurgical Transactions, 3 (1971) 2903.
6. PanKert R: Workshop 7; Intergalva 2015.

熱浸鍍鋅在太陽能支架防蝕之應用

何芳元¹

¹ 易宏熱鍍鋅工業股份有限公司 協理

摘要

綠能已經成為普世價值，政府大力推展太陽能光電，台灣因屬海島型氣候，高溫高濕，鋼材料腐蝕問題嚴重。因此不論地面型、屋頂型、浮力式太陽能系統，支撐架防蝕至為重要，是太陽能系統壽命長短的關鍵之一。本文敘述太陽能支架採用熱浸鍍鋅防蝕，建議完整有效的解決方案、設計製造時的重點、以及一些實際應用結果，提供業界在太陽能支架防蝕上參考應用。

一、前言

台灣為海島型氣候四面環海，腐蝕環境差異很大，不同腐蝕環境下採用不同防蝕方法以達到設計使用壽命要求，同時除了要考慮初期建造成本外、使用期間的養護成本亦應一併考量。

二、太陽能支架模組

太陽能支架模組從目前設計之樣式，所使用之材料包含如下：

模組部位	使用材料	圖
柱體	H型鋼、方型管、輕型鋼	如圖 1、2、3
橫梁	H型鋼、方型管、輕型鋼	如圖 4、5、6
桁條	輕型鋼	如圖 7
斜撐	角鋼、圓管	如圖 8、10
拉桿	圓鐵	如圖 8
基礎座、PC 樁	鋼筋	如圖 9
其他	基礎螺絲、固定螺絲、螺帽、華司、底板、固定板	如圖 10



圖 1、輕型鋼柱體



圖 2、H 型鋼柱體



圖 3、方形管柱體



圖 4、H 型鋼橫梁



圖 5、方形管橫梁



圖 6、輕型鋼橫梁



圖 7、輕型鋼桁條



圖 8、鋼管斜撐及拉桿



圖 9、角鋼斜撐、基礎螺絲及 PC 樁



圖 10、固定螺絲

支架的設計選用，依據廠商不同而有不同的設計樣式規格，但都經過加工、裁切及銲接後組立而成。

三、熱浸鍍鋅作業流程

太陽能支架熱浸鍍鋅作業流程說明如下：

進料檢查→前置作業→脫脂→脫脂水洗→酸洗→酸洗水洗→助鍍劑處理→鍍鋅→冷卻→整理包裝→出貨

- 1、進料檢查：支架加工完成送鍍鋅廠，確認加工狀況及洩鋅孔等。
- 2、前置處理：送鍍鋅前，依構件尺寸、形狀等分類排列完成，待上線。

- 3、脫脂：上線構件先送脫脂將表面油脂等雜質去除。
- 4、脫脂水洗：脫脂後構件用水去除表面脫脂液。
- 5、酸洗：採鹽酸或硫酸，將構件浸入酸中去除表面上的鐵鏽層。
- 6、酸洗水洗：用水去除構件表面殘留酸液。
- 7、助鍍劑處理：浸泡助鍍劑後待鍍鋅。
- 8、鍍鋅：浸入鍍鋅池進行鍍鋅作業。
- 9、冷卻：浸入冷卻池讓構件表面溫度降至常溫。
- 10、整理包裝：表面影響使用組裝之殘渣研磨去除，分類包裝。
- 11、出貨：數量清點配合客戶出貨。

四、熱浸鍍鋅規範與設計

- 1、熱浸鍍鋅處理相關之應用規範包括
 - A. CNS 10007 鋼鐵之熱浸法鍍鋅
 - B. CNS 4237 熱浸鍍鋅螺栓及螺帽
 - C. CNS 14771 鋼筋混泥土用熱浸鍍鋅鋼筋
 - D. CNS 8503 熱浸鍍鋅作業方法
 - E. CNS 15257 熱浸鍍鋅層損傷及裸點修補
 - F. CNS 1247 熱浸鍍鋅檢驗法
- 2、太陽能支架鍍鋅設計時需參照規範要求外，應特別注意 CNS 8503 熱浸鍍鋅作業方法中有關洩鋅孔相關規定，為求良好鍍鋅品質支架，應就以下項目於加工時列為重點。
 - A. 洩鋅孔預留：就模組中使用之柱體 H 鋼柱 (圖 11) 及方形管柱 (照片 12) 標準留孔方式。



圖 11、H 鋼柱洩鋅孔



圖 12、方形管柱洩鋅孔

- B. 銲道銲接：銲接時應採全周銲接（圖 13）不要用跳銲（圖 14）方式處理，跳銲會產生內部鍍不到鋅、積水，造成銹水污染及日後生鏽腐蝕損壞。



圖 13、全周銲接



圖 14、跳銲銹水污染

- C. 銲渣處理：銲渣未處理乾淨（圖 15）會造成鍍不到鋅或表面殘渣。
- D. 螺栓螺帽：支架採用熱浸鍍鋅則螺栓、螺帽、華司、基礎螺栓等應都採熱浸鍍鋅處理，這可以避免使用不同材料產生之電位差腐蝕（圖 16）。



圖 15、鋅渣未處理乾淨鍍鋅後



圖 16、螺栓華司電位差腐蝕

五、熱浸鍍鋅油漆雙重防蝕及系統

當大氣腐蝕環境屬於高腐蝕環境以上時，單獨熱浸鍍鋅層因受環境腐蝕因子的影響，為了延長構件的使用壽命，且減少日後維護保養成本時，可採用鍍鋅加油漆的雙重防蝕方式處理。

依據 ISO 9223-2012 與 9224-2012 鋅的大氣腐蝕等級分類如 (表 1)

表 1、鋅的大氣腐蝕等級分類

腐蝕等級	第一年腐蝕率 (g/m ²)	10 年平均腐蝕率 (g/m ²)	30 年平均腐蝕率 (g/m ²)	腐蝕性
C1	$r_{\text{corr}} \leq 0.7$	$r_{\text{av}} \leq 0.5$	$r_{\text{lin}} \leq 0.36$	非常低
C2	$0.7 < r_{\text{corr}} \leq 5$	$0.5 < r_{\text{av}} \leq 3.6$	$0.36 < r_{\text{lin}} \leq 2.86$	低
C3	$5 < r_{\text{corr}} \leq 15$	$3.75 < r_{\text{av}} \leq 10$	$2.86 < r_{\text{lin}} \leq 7.85$	中等
C4	$15 < r_{\text{corr}} \leq 30$	$10 < r_{\text{av}} \leq 20$	$7.85 < r_{\text{lin}} \leq 15.7$	高
C5	$30 < r_{\text{corr}} \leq 60$	$20 < r_{\text{av}} \leq 40$	$15.7 < r_{\text{lin}} \leq 31.4$	非常高
CX	$60 < r_{\text{corr}} \leq 180$	$40 < r_{\text{av}} \leq 114$	$31.4 < r_{\text{lin}} \leq 92.8$	極嚴重

當不同的附鋅量在各種腐蝕環境下之耐用年限如 (表 2)，由表 2 得知，當設計使用壽命在 20 年以內時，在 C4 以下的腐蝕環境不須座雙重防蝕，C5、CX 腐蝕環境則採雙重防蝕。

表 2、附鋅量在各種腐蝕環境下之耐用年限

腐蝕性分類	30 年平均腐蝕速率 (r_{lin} , g/m ² /y)	耐用年限 (年)		
		600g/m ²	550g/m ²	350g/m ²
C1	$r_{lin} \leq 0.36$	> 100	> 100	> 100
C2	$0.36 < r_{lin} \leq 2.86$	> 100	> 100	> 100
C3	$2.86 < r_{lin} \leq 7.85$	> 76	> 70	> 44.5
C4	$7.85 < r_{lin} \leq 15.7$	38 ~ 76	35 ~ 70	22 ~ 44.5
C5	$15.7 < r_{lin} \leq 31.4$	19 ~ 38	17 ~ 35	11 ~ 22
CX	$31.4 < r_{lin} \leq 92.8$	6.5 ~ 19	6 ~ 17	4 ~ 11

表 3、C4 環境塗裝系統

	塗料名稱	塗裝道數	最小乾膜 um
表面處理	除去鍍鋅表面缺陷並溶劑清洗至 SSPC-SP1		
第一道漆	鍍鋅用環氧附著底漆	1	20
第二道漆	環氧樹脂漆	1	100
第三道漆	PU 面漆	1	60
總乾膜厚	180		

表 4、C5 環境塗裝系統

	塗料名稱	塗裝道數	最小乾膜 um
表面處理	除去鍍鋅表面缺陷並溶劑清洗至 SSPC-SP1		
第一道漆	鍍鋅用環氧附著底漆	1	50
第二道漆	環氧樹脂漆	1	130
第三道漆	PU 面漆	1	60
總乾膜厚	240		

採用雙重防蝕方法時 (適用 ISO 12944-2 大氣腐蝕環境，並符合 ISO 12944-1 耐久等級達 H 要求耐用年限 15~25 年) 則建議，C4 環境時採 (表 3) 標準、C5 環境時採 (表 4) 標準、CX 環境時採 (表 5) 標準。

表 5、CX 環境塗裝系統

	塗料名稱	塗裝道數	最小乾膜 um
表面處理	除去鍍鋅表面缺陷並溶劑清洗至 SSPC-SP1		
第一道漆	鍍鋅用環氧附著底漆	1	50
第二道漆	環氧樹脂漆	1	160
第三道漆	氟素樹脂中塗漆	1	40
第四道漆	氟素樹脂面漆	1	30
總乾膜厚	280		

為確保塗膜長期附著性，鍍鋅層表面處理依 SSPC-SP1 規定處理後，在進行 SSPC-SP16 表面掃砂。

六、熱浸鍍鋅優點與應用案例

相較於其他防蝕方法，熱浸鍍鋅他有以下優點：

- 1、熱浸鍍鋅有完整的國家標準可遵循，提供檢驗與允收標準。
- 2、支架設計使用各式材料 (H 型鋼、角鋼、方型管、圓管、條鋼、螺絲螺帽等) 均可採用熱浸鍍鋅方式處理。
- 3、結構件經加工後鍍鋅防蝕保護完整性佳，包括銲道、切邊、打孔位置、管結構內部等，因此維護成本低。
- 4、因全模組都可採用熱浸鍍鋅方式防蝕，可避免異金屬腐蝕。
- 5、C4 及以下腐蝕環境只需熱浸鍍鋅，鋅附著 550g/m² 即可達到 25 年以上壽命。C5 及 CX 腐蝕環境下採加塗裝之雙重防蝕方式處理。

七、熱浸鍍鋅應用失敗案例

支架裝設因施工條件及環境不同，有各種應用案例；也有設置後失敗案例如圖 17、18、19、20 立柱橫梁等採用熱浸鍍鋅而桁條固定片等則採用他種防蝕法（如鍍鋅鋼捲板），再加上對設置區域之腐蝕因子事前未做詳實評估，僅二年多即產生嚴重腐蝕，無法達到原設計使用年限。



圖 17、立柱橫梁鍍鋅完好



圖 18、桁條生鏽腐蝕



圖 19、桁條膜厚度量測



圖 20、基礎螺栓生鏽

八、結論

太陽能光電系統建置時為滿足設計使用年限，太陽能支架防蝕設計，首先應考慮當地的腐蝕因子、大氣腐蝕速率等因素，選用適當的材料及防蝕處理方法，如單一防蝕方法無法滿足時即必須考慮其他方法或雙重防蝕方式處理，以減低日後養護維修成本與延長使用年限。

鋅鍋高溫局部破裂個案研究

鄭龍宇 *¹

¹ 中鋼公司 冶金技術處 冶金技術服務組 工程師

* 通訊作者：163972@mail.csc.com.tw

摘要

業界常用熱浸鍍鋅設備，由內而外採取鋼製鋅鍋、加熱系統與隔熱層之設計。藉由燃氣或燃油加熱週遭空氣，利用熱輻射及熱對流等方式，將能量傳導至鍋體，促使鍋內鋅錠熔融。然鋼製鋅鍋做為承載鋅液的容器，隨著長時間使用或溫度增加，鐵原子因擴散作用進入鋅液中，使內壁不斷受到侵蝕，而衍生減薄現象。當鍋體無法承受鋅液靜水壓力時，將導致破損或變形，對於生產與工安有嚴重負面影響。為提升鍋體使用壽命，透過學理與實際案例驗證，確認鐵損厚度變化，終獲得兼具產能與鍋體壽命之最適生產加熱溫度(480°C以下)，並且可透過電磁感應加熱方式均勻賦予鍋體熱源，減少傳統加熱模式所衍生局部過熱問題。

關鍵詞：熱浸鍍鋅、鋅鍋、鐵損

一、前言

鋼鐵屬於綠色循環金屬，鋼廠由自然界取得鐵礦(氧化鐵)，透過自身脫氧還原作業轉化為鐵水後，歷經繁雜冶煉及軋延過程所產出的鋼鐵產品，根據熱力學之最低能量理論，最終仍將藉由銹蝕氧化反應，自發性回復到原本的氧化鐵狀態。因此，鋼鐵產品的銹蝕現象屬於材料劣化過程，不僅破壞產品美觀，隨著機械性質下滑，更可能縮短使用年限，甚至危害使用者的安全。

台灣屬於亞熱帶海島型氣候區，整年常處於高熱潮濕的環境，加上高鹽分海風吹拂下，國內鋼鐵產品每年因銹蝕而損失的數量相當可觀。基於提升鋼鐵產品的美觀及耐用性，產業界多採用熱浸鍍鋅工法，將除銹與脫脂之工件，短時間浸入高溫熔融鋅液中，促使鋼材表面附著鋅層做為犧牲陽極，保護底部鋼鐵避免持續氧化生銹，其中「鋅鍋」做為承載鋅液的容器，一旦發生非預期的破裂，將造成鋅液洩漏、設備損害、重新熔鋅等成本損失，甚至衍生工安風險，本文將探討高溫對於鋅鍋使用壽命的影響，以做為熱浸鍍鋅產線加熱溫度控制之參考。

二、鋅鍋鐵損冶金機構

國內常用的熱浸鍍鋅設備，主要採取內部鋅鍋，搭配外部鋅爐的雙層設計，如圖 1 所示，其中鋅鍋多使用熱傳導性良好之鋼材，如中鋼熱浸鍍鋅槽專用鋼板規格 GP2，鋅爐則使用耐火材質以達到隔絕熱量傳遞，鋅鍋及鋅爐中間安裝加熱系統，透過燃氣、燃油加熱週遭空氣，再藉由熱輻射及熱對流等方式，將熱量傳導至鋅鍋，促使內部的鋅錠熔融，並維持一定工作溫度。

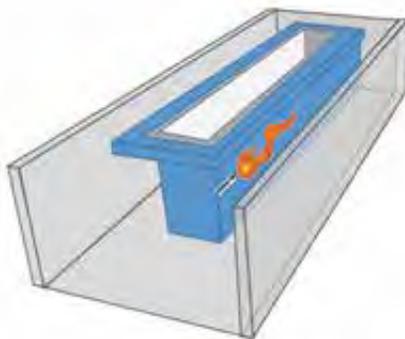


圖 1、國內常見熱浸鍍鋅設備示意圖（內部鋅鍋、加熱系統與外部鋅爐）

鋅鍋做為承載鋅液的容器，隨著使用時間的延長，鍋壁的鐵通過擴散作用進入鋅液，造成內壁不斷地受到侵蝕，稱為鐵損現象。即便是正常使用的鋅鍋，上線一段時間後，當壁厚持續減薄，直到無法承受鋅液

的靜水壓力時，鍋體將產生變形。通常鍍鋅業者會依據產線特性及鍍鋅產量，自行估算鋅鍋的正常壽命，以利提早準備鋅鍋汰換更新作業，由於鍋體均勻減薄，不至於發生非預期的破裂，對於生產及工安的影響仍屬於可控範圍。

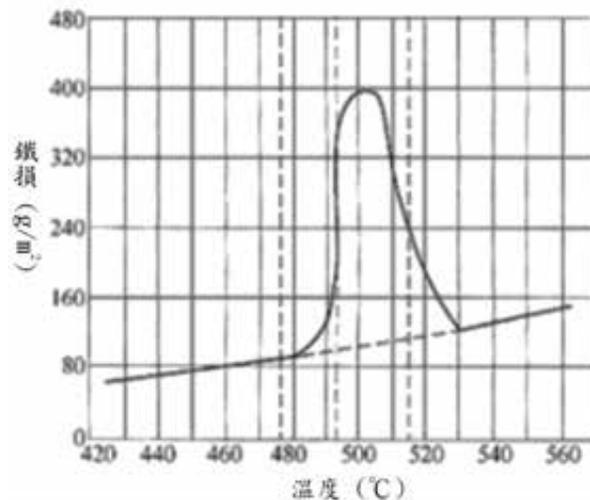


圖 2⁽¹⁾、不同溫度下的鐵損 (浸入鋅液時間 1 小時) [資料來源：文獻 1-p.21]

除了使用時間之外，溫度也是影響鐵損的重要因子，依據圖 2 的實驗數據顯示，隨著溫度升高，鐵損將隨之加劇，兩者大致呈線性關係，但在 480~530°C 的溫度區間，鐵損將出現侵蝕加劇的拋物線變化。鋅鍋內壁產生不均勻減薄的原因，通常與溫度密切相關，如圖 3 所示。當鍋壁因某種原因 (如受熱不均)，而達到高鐵損溫度區間 480~530°C 時，該處的鐵損將高於鄰近區域，逐漸形成單坑外觀。再者，由於單坑處的厚度較薄，又造成該處溫度更高，使得凹坑逐漸變大變深，直到凹坑中央的溫度超過 530°C 時，該處的侵蝕現象將減緩，此時高鐵損區域將轉移到凹坑鄰近環狀帶，長期以往逐漸形成波浪形外觀。因此，需要避免鋅鍋內壁溫度處於 480°C 以上，更不能在高鐵損溫度區間長期使用，一旦鍋壁發生不均勻侵蝕，鋅鍋的使用壽命將大幅縮短，有可能在槽體尚未變形之前，即發生危險的內壁孔蝕及鋅液洩漏等異況。

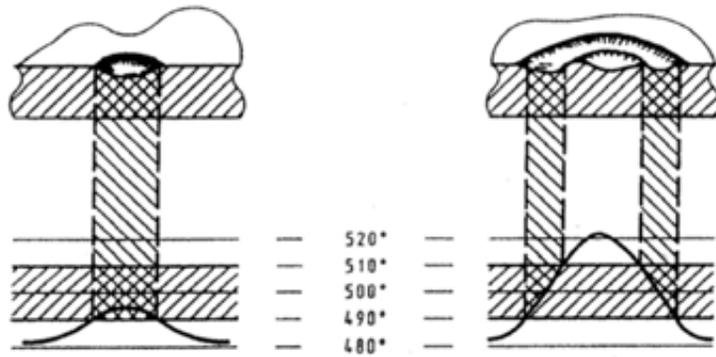


圖 3⁽¹⁾、鋅鍋內壁局部侵蝕外觀 (左：單坑、右：波浪形) [資料來源：文獻 1-p.22]

三、鋅鍋內壁孔蝕案例驗證

筆者曾經研究鋅鍋局部孔蝕破裂案，現場觀察破孔已出現波浪狀外觀如圖 4，超音波量測破孔區厚度 2.5~13.5mm，而正常區仍有 39~45mm，對照鋼板原始厚度 50mm，顯示破孔成因與鍋體厚度局部減薄有關。由於鋅鍋採用低碳、矽成分設計如表 1，常溫組織為層狀波來鐵，透過金相分析發現正常區之層狀波來鐵已球化，但尚無粗大之碳化物顆粒，反觀破孔區之球狀碳化物則有明顯粗大化現象，如圖 5 所示，據此研判破孔區所受到溫度高於正常區。

細究本案鋅鍋熱源來自火焰加熱，外部燃燒器安裝於轉角處，火焰平射環繞鋅鍋，並以空氣為介質傳導熱源，經檢視內壁孔蝕位置與燃燒器亦相近。綜合上述鐵損冶金機構與巨、微觀分析，有效印證鋅鍋破孔成因與貼近熱源之局部溫度過高，導致該處鐵損現象加劇所造成的孔蝕現象有關。



圖 4、鋅鍋局部孔蝕外觀 (左：外壁，右：內壁)

表 1、本案鋅鍋之化學成分

單位：wt%

C(碳)	Mn(錳)	P(磷)	S(硫)	Si(矽)
0.2	0.55	0.007	0.005	0.01

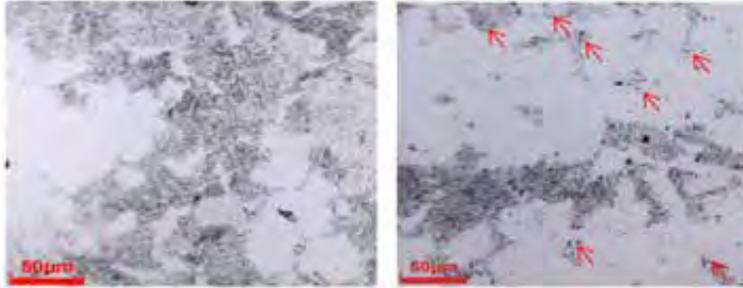


圖 5、鋅鍋內壁正常區(左)與破孔區(右)金相分析結果

四、結論

1. 國內的熱浸鍍鋅設備，大多使用鋼製鋅鍋承裝鋅液，依學理與實際案例驗證，鋅鍋內壁產生不均勻減薄原因，與生產加熱溫度密切相關。基於兼顧延長鋅鍋壽命與熱浸鍍鋅產能，建議鋅鍋長期操作溫度應為 480°C 以下，尤其應避免落在 480~530°C 的高鐵損區間。
2. 近期電磁感應加熱技術逐步純熟，透過外部感應線圈直接加熱鋅鍋，不僅能夠降低熱能損耗，溫度控制也較為精準，此外鋅鍋更可整體均勻受熱，減少火焰加熱衍生局部過熱問題。
3. 若使用傳統火焰加熱設備，建議應定期監控鋅鍋內壁溫度，點檢鄰近火焰側之鍋體厚度，確認有無局部孔蝕發生，以避免非預期穿孔異況，造成鋅液外漏，影響工安與生產。

五、參考文獻

1. 關應涵、石磊，鍍鋅鍋維護手冊，第 20-22 頁，取自永尚公司網頁 http://yongsuntw.blogspot.com/p/blog-page_2.html。
2. 陳國銘，鋅鍋金相複製膜分析，中鋼腐蝕測試中心報告，民 109 年，第 1-5 頁。
3. 中國材料科學學會，材料手冊 I，鋼鐵材料，民 71 年 10 月，第 353-384 頁。

臺南市立圖書館總館新建工程

陳鴻興¹

¹ 慧鋼企業股份有限公司經理



- 業 主：臺南市政府文化局
- 設 計 單 位：荷蘭麥肯諾建築師事務所及張瑪龍
陳育霖聯合建築師事務所
- 監 造 單 位：張瑪龍陳育霖聯合建築師事務所
- 施 工 廠 商：互助營造股份有限公司
- 鋼 構 工 程：東鋼鋼結構股份有限公司
- 熱 浸 鋅 廠 商：慧鋼企業股份有限公司
- 鍍鋅鋼構總量：約 1,000 噸
- 總工程經費：18.88 億元
- 動 工 日 期：106 年 7 月
- 竣 工 日 期：109 年 12 月

一、設計理念及地理位置

臺南市立圖書館新總館位於永康砲校舊址(圖 1)，占地 1.5 公頃，為地下 2 層、地上 6 層的建築物，基地面積 15000 m²，建築面積 6599 m²，總樓地板面積 37728 m²，由張瑪龍陳玉霖聯合建築師事務所與荷蘭麥肯諾建築師事務所共同打造，採倒立階梯式立面設計，是大樹意象的展現，由下而上逐層向外出挑，創造出大量遮陰空間，也創造出舒爽的微氣候；最上層立面格柵使用高科技材質，具有防熱功能，立面上的圖紋則取材自台南老屋窗花，向古都的歷史脈絡致敬。此外，新館外觀採「竹」之意象為設計概念，以 4 根圓鋼柱作為支撐延外伸樓板的重要結構主體，建築造型由上而下外寬內窄，創造出蔭涼避雨的空間；雙重方形外觀更表現出「四平八穩」的意涵，也讓新總館建築連結了府城的過去與未來。

二、館內設施及功能介紹

臺南市立圖書館新總館工程耗資近 19 億元，經歷 3 任台南市長的推動，於 107 年 12 月 18 日舉行上樑典禮(圖 2/圖 3)，由代理市長李孟諺擔任主祭者，一同和與會貴賓共同焚香祈福，也見證工程進度邁入新的里程碑。新總館於 110 年 1 月 2 日盛大開幕啟用，館內至少可容納 60 萬件館藏，提供 1000 種期刊及 1 座可收藏 40 萬冊圖書的密集書庫為目標，新館定位為兼具前瞻性、綜合性與研究型的城市公共圖書館。館內除了圖書館功能，還包含演藝廳、空中花園、會議廳、咖啡館等，不僅規劃了自動借還書功能，動線設計也考量到不同年齡層的使用，是外觀造型及實用性兼具的多功能圖書館建築，不僅方便大朋友悠閒看書的空間，也有適合小朋友寓教遊樂的區域。

三、建築物防蝕設計～採熱浸鍍鋅表面處理

結構體採熱浸鋅處理(圖 4~圖 6)，地下室採用鋼筋混凝土結構。梁柱接頭設計由四支鋼圓柱採熱浸鋅處理後，再以防火漆+面漆塗裝而成(雙重防蝕)，提供鋼材全面性的防蝕保護，不僅大大提高鋼結構物

防蝕成效，更能延長鋼結構物的使用壽命(圖7~圖9)，鋼梁與鋼圓柱採用加勁板方式銜接。建築物防蝕設計年限為20年，而鍍鋅層膜厚設計為 $85\mu\text{m}(600\text{g}/\text{m}^2)$ 以上，經實際量測鋼圓柱結構物鍍鋅層膜厚至少有 $150\mu\text{m}(1060\text{g}/\text{m}^2)$ 以上，推估鋼圓柱結構體使用40年以上免維護保養。不僅能節省日後龐大的維護費用，更能達成節能減碳的目的，並賦予鋼結構物新生命與美感。

台南市立圖書館新總館是重大的文化建設指標，亦為南市府六大旗艦工程之一，更是永康砲校遷移轉型為創意園區後，區域內首座興建完成的公共建築，肩負著帶動在地區域發展、提升藝文教育品質的重任。因此，如果因腐蝕問題或選擇不當的防蝕方法所造成的「銹蝕」景觀，即使再美麗、宏偉、壯觀的建築物，也會相形失色。

四、結語

台南市政府將市圖新總館定位為兼具「生活休閒中心」、「數位學習中心」、「圖書資訊中心」、「研究資訊中心」、「文化資源中心」及「綠建築」的城市公共圖書館。除主體工程外，總館西鄰1.9公頃之19-3號、20號兒童公園，規劃為「閱之森兒童親子休憩公園」，於1月對外開放。「閱之森」特色公園將為臺南市藝文的重鎮，期待帶動東橋地區人潮聚集，帶動在地文化、零售、餐飲、新創產業的發展。



圖1、台南市立圖書館新總館基地位置



圖 2、舉行上樑典禮



圖 3、代理市長李孟諺擔任主祭者一同和與會貴賓共同焚香祈福，也見證工程進度邁入新的里程碑



圖 4、台南市立圖書館新總館吊裝作業之 1



圖 5、台南市立圖書館新總館吊裝作業之 2



圖 6、南市立圖書館新總館吊裝作業之 3



圖 7、鋼圓柱採熱浸鋅處理後，再以防火漆+面漆塗裝而成(雙重防蝕)之 1



圖 8、鋼圓柱採熱浸鋅處理後，再以防火漆+面漆塗裝而成(雙重防蝕)之 2



圖 9、鋼圓柱採熱浸鋅處理後，再以防火漆面漆塗裝而成(雙重防蝕)之 3

人物介紹—台灣工程界的先行者 台灣世曦工程顧問股份有限公司 林曜滄總工程師



林曜滄台灣世曦總工程師，出生於1958年，畢業於台灣大學土木工程研究所，畢業後旋即進入中華顧問工程司服務，96年後轉進台灣世曦工程顧問股份有限公司擔任經理，由於表現優異，一路從經理、協理、資深協理陞至總工程師。

林曜滄先生服務工程界逾36年，參與國家重大工程不計其數，如高速公路、市區高架橋、快速道路、高速鐵路、機場捷運、老舊橋梁改建及災後橋梁復建等工程，都可看到他參與的身影。

工作孜孜矻矻的他，獲獎次數更是驚人，我國重大工程獎項包括行政院工程會「金質獎」、中國工程師學會「工程優良獎」、中國土木工程學會「工程美化獎」、中華民國結構工程學會「結構工程技術獎」等更是多次獲獎，不僅經手的工程得獎連連，連表揚工程師個人專業的獎項如中國工程師學會「傑出工程師獎」、中國土木工程學會「會士」、台北市土木技師公會「傑出技師獎」、中國民國結構工程學會「優秀青年結構工程師獎」，可謂是得獎常勝軍。

且為了解決工作上的問題，工閒之餘多數時間林曜滄都在進行研究，發表文章近70餘篇，從工程實務到學術論文，多元的研究或實作成果，都願意整理分享，嘉惠工程界。但最令人為之折服的，並非是這

些加註在他身上的形而上的事物，而是他面對新知的謙遜與渴求，才是讓他成為台灣工程界先行者的主要因素。

“要 Open mind、要跟上時代”林曜滄溫和但堅定地說“工程師打造的作品，與民眾的生活息息相關，當民眾都已經迎接 5G 時代了，我們怎麼還能用撥接方式思考？”所以不若外界刻板印象中固化僵硬的工程師，林曜滄不僅熱愛學習新知識，更擁抱新科技，更甚者結合創造新應用，台灣世曦專案管理資訊系統 (PMIS)、智慧建築設施維運管理平台 (V3DM) 結合建築資訊模型 (BIM)，國土安全防災管理平台 (HSDP) 結合地理空間資訊系統 (GIS) 技術等的創新結合應用，就是在林曜滄近年來帶領下完成的。

保持學習新知熱忱的林曜滄，永保學習的心這個習慣不僅讓他一直保持在一線工程師之列，更讓他常與跨領域高手們相識相交，與熱浸鍍鋅專家們的友誼也是因此這樣開啟。臺灣氣候溫暖潮濕，再加上我國鄰近海域附近有氯鹽的存在，兩者結合之下形成高度腐蝕環境，對於許多工程的維護都是嚴峻的考驗。

秉持著勇於突破的精神，林曜滄在熱浸鍍鋅於橋梁工程領域尚不普遍，此項技術國內尚無相關規範的時候，就稍有研究，等到技術引入後更積極接觸，因此在 1996 年，便利用該項技術設計打造了台灣首座之全熱浸鍍鋅鋼橋，也就是現今台 64 線中和中正路上的雙層高架鋼橋，其上構使用鍍鋅的 I 型梁，現在看來是正確的選擇，在當時卻是一種大膽的嘗試與決心。

“說是大膽，但並不衝動，其實是有研讀過國外技術資料才決定的，當時在設計上、施工上都有深入去做研究與審慎探討，包括設計標準及施工規範也都重新仔細研訂。”林曜滄露出一貫溫文的笑容說著。“熱浸鍍鋅這個技術廣義一點來說，已經有 170 年以上的應用歷史，熱浸鍍鋅技術隨著時代的巨輪也要推陳出新，甚至加入新的元素、新的作業流程，才能迎合新的需求”。

林曜滄秉持只要對的事情就是要努力突破困境去執行，尤其是這座高架道路是許多民眾每天必經之路，萬一有甚麼狀況，後果不堪設想。完工至今超過 25 年，上構鋼橋仍維持很好狀態，在同一路段鄰標工程採用不同的防蝕工法，卻已維修過多次，這均仰賴二十多年前工作團隊的審慎規劃。

台灣位處在高溫高濕的亞熱帶地區，工程師們都應正視鋼鐵銹蝕問題，以減少公共工程維修及成本，在有限資源下，如何增加公共工程的使用安全並延續工程生命，是身為國家工程建設推手的他不斷思索的問題。

任何一種防蝕工法都有其優點與缺點，要在適合的環境，選擇合適的工法，是工程師要審慎評估的，要以全生命週期的觀點，及長期經濟效益去評估，才能選擇真正對的工法。工程師不僅要打造出便利安全的公共設施，讓業主了解那些材質能提高安全性與可延長工程使用壽命，也是工程師無可迴避的責任。

工程師肩負著整個國家社會發展的使命，必須要具有社會責任，才能在面對工期與預算平衡時，做出最有利於民眾的選擇。林曜滄不僅僅只是紙上談兵，更身體力行，完美詮釋台灣工程師價值的典範。



2020 年度熱浸鍍鋅產量統計表（產業別）

類別 年月	生產類別(單位:噸)													合計
	公路	鐵路	電力能源	通訊	石化業	營建	農業	環保	科技	造船	下水道工程	其他		
2020年1月	1,598	712	2,551	466	3,064	4,946	323	492	1,268	375	322	2,224	18,341	
2020年2月	1,927	1,419	2,960	608	3,964	6,271	535	550	1,194	314	426	2,677	22,845	
2020年3月	2,299	1,442	3,363	672	4,249	6,811	636	700	1,121	365	519	3,203	25,380	
2020年4月	2,141	1,352	3,729	668	4,046	5,702	1,121	634	1,359	369	533	2,747	24,401	
2020年5月	1,981	1,402	3,662	532	4,158	5,225	558	510	1,614	309	449	2,915	23,315	
2020年6月	1,990	1,443	3,618	537	4,154	5,994	492	492	1,627	323	394	3,514	24,578	
2020年7月	2,377	1,580	3,661	558	3,981	6,547	581	610	1,612	354	604	3,298	25,763	
2020年8月	2,617	1,752	3,810	669	4,060	6,593	653	747	1,244	433	698	3,579	26,855	
2020年9月	2,319	1,708	4,240	629	5,131	6,159	648	1,150	2,061	298	666	3,179	28,188	
2020年10月	2,076	1,504	3,981	559	3,730	6,194	524	1,002	1,603	208	624	3,511	25,516	
2020年11月	2,443	1,478	3,844	572	3,963	6,653	658	812	1,902	341	666	3,209	26,541	
2020年12月	2,504	1,358	4,783	635	5,032	7,135	717	957	2,300	464	771	3,737	30,393	
合計	26,272	17,150	44,202	7,105	49,532	74,230	7,446	8,656	18,905	4,153	6,672	37,793	302,116	
月平均	2,189	1,429	3,684	592	4,128	6,186	621	721	1,575	346	556	3,149	25,176	

2020 年度熱浸鍍鋅產量統計表（產品別）

類別 年月	生產類別(單位:噸)																				合計						
	H型鋼	鋼管	鋼橋	花板	角鋼	護欄板	槽鋼	線槽	鋼網	C型鋼	鐵板	欄杆	彎頭及配件	燈管	輕鋼橫樑	格柵板	鋼筋	電力配件	電信配件	鍛造花窗		螺帽	螺栓	華司	鏈條	鐵配件	其他
1月	6,477	2,321	93	479	1,077	24	789	201	164	592	462	554	348	206	70	1,100	231	268	182	250	162	302	26	25	478	1,460	18,341
2月	7,853	2,460	299	626	1,339	27	1,036	246	215	951	552	573	457	469	91	1,368	572	230	207	379	196	407	79	28	470	1,715	22,845
3月	8,597	3,252	296	710	1,623	32	1,057	278	283	1,307	541	703	495	451	105	1,361	673	297	244	427	200	437	63	27	509	1,412	25,380
4月	8,077	3,597	252	544	1,514	35	1,048	297	330	1,143	509	728	462	411	106	1,289	367	389	222	437	183	404	144	11	533	1,369	24,401
5月	8,257	3,379	410	493	1,631	25	883	203	266	1,028	410	555	309	420	63	1,267	501	288	175	357	222	380	51	19	447	1,276	23,315
6月	8,271	3,538	302	599	1,718	23	1,114	224	241	1,142	490	668	313	443	87	1,286	712	226	176	338	189	414	66	22	330	1,646	24,578
7月	8,498	3,657	421	610	1,582	30	999	254	324	978	638	669	394	477	154	1,619	627	297	212	451	209	453	143	23	241	1,803	25,763
8月	9,022	4,135	342	593	1,682	36	1,109	293	381	1,154	695	685	399	542	130	1,335	534	323	252	468	201	377	128	27	231	1,781	26,855
9月	9,324	4,764	276	646	1,526	37	1,129	310	444	1,215	574	783	420	489	144	1,516	674	306	226	404	209	438	80	4	166	2,084	28,188
10月	8,945	3,801	177	574	1,830	31	759	276	346	1,152	598	673	390	392	141	1,220	640	280	211	468	192	332	133	38	195	1,722	25,516
11月	8,712	4,219	820	592	1,538	33	797	266	337	1,195	699	664	465	626	155	1,126	550	317	224	492	240	453	53	24	141	1,803	26,541
12月	10,286	4,540	282	718	1,551	39	1,008	329	482	1,141	863	846	456	528	181	2,012	774	388	243	589	196	451	198	29	265	1,998	30,393
合計	102,319	43,663	3,970	7,184	18,611	372	11,728	3,177	3,813	12,998	7,031	8,101	4,908	5,454	1,427	16,499	6,855	3,609	2,574	5,060	2,399	4,848	1,164	277	4,006	20,069	302,116
月平均	8,527	3,639	331	599	1,551	31	977	265	318	1,083	586	675	409	455	119	1,375	571	301	215	422	200	404	97	23	334	1,672	25,176

調查單位：中華民國熱浸鍍鋅協會

提供單位：臺鍍觀音廠、力鋼、邦凱、台塔、尚燁、昕一、盟雅、由仁、臺鍍台南廠、臺鍍高雄廠、慧鋼、易宏、亨欣、慈陽等共計14家工廠。

熱浸鍍鋅問答集

問題 13. 熱浸鍍鋅構造物在設計上應注意那些？

答：被鍍件在製作中須注意下列事項：

A. 鍍件之尺寸、重量：

鍍件的尺寸、重量，因決定於鍍槽之大小和工廠設備，故在設計階段必須事先了解鍍鋅工廠之設備資料，鍍件的尺寸比鍍槽大時，雖可用 2 次鍍鋅法，但易有變形發生必須進行矯正。



鍍件寬度大於鍍鋅槽以致無法浸鍍下去



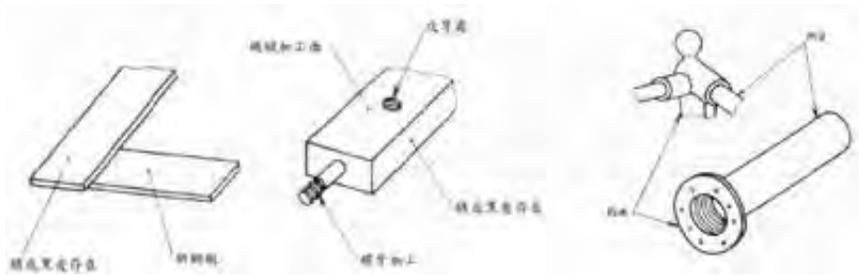
鍍件長度比鍍槽大，採用 2 次鍍鋅法

B. 鋼材的材質：

鋼材的材質不同，可能會使鍍層厚度、外觀、附著性等發生異常變化。鋼鐵中的合金成份影響鋅反應最大的為矽 (Si) 和磷 (P)。矽含量在 0.05% ~ 0.12% 或超過 0.24% 時，鐵與鋅之合金反應呈非常活潑，致使鍍鋅層增厚，其外觀上亦可能產生燒灰現象；磷含量亦有隨著含量增加而合金化活潑導致膜厚增加之現象。另外，矽與磷之含量有共伴效應， $Si \% + 2.5 \times P \%$ 量在 0.10 % ~ 0.20% 時也有活潑化現象。因此 $Si \% + 2.5 \times P \%$ 量宜在 0.09 % 以下為佳。

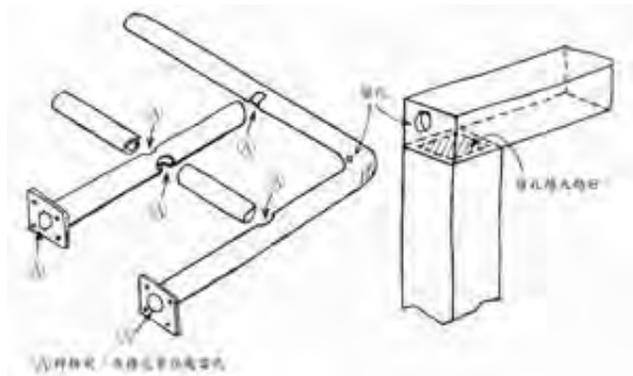
C. 異種材料之組合：

不同表面狀態、不同組成鋼材、不同金屬組合等，不可能得到均一的鍍鋅品質。鋼材氧化層、銹層必須先除去，再行組合或機械加工；若鋼材需與不銹鋼或銅等零件組合時，須等鋼材鍍鋅後再行組合。

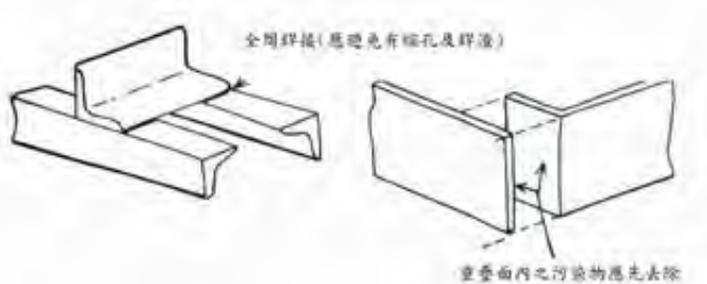


D. 管類及密封部：

管及組合品之密閉部分，在鍍鋅作業溫度下，內部若有水分殘留，會因急劇的膨脹產生高壓而有爆炸的危險，所以應有適當的孔。請參考本網站結構物設計要點。



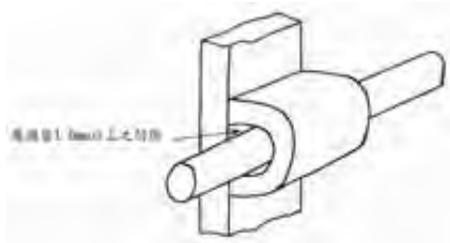
E. 重疊面：



不連續銲接的鍍件，有銲渣或針孔殘留及鋅液流動不良現象，會造成鍍不上或鍍後酸液流出等腐蝕現象。

F. 可動部：

必須留有直徑 1.6mm 以上之空隙。



G. 鑄造品中附著的砂：

一般均須經噴砂處理。噴砂時鑄造品之死角、銳角、深凹部均應避免。良好形狀應如圖示與實體。



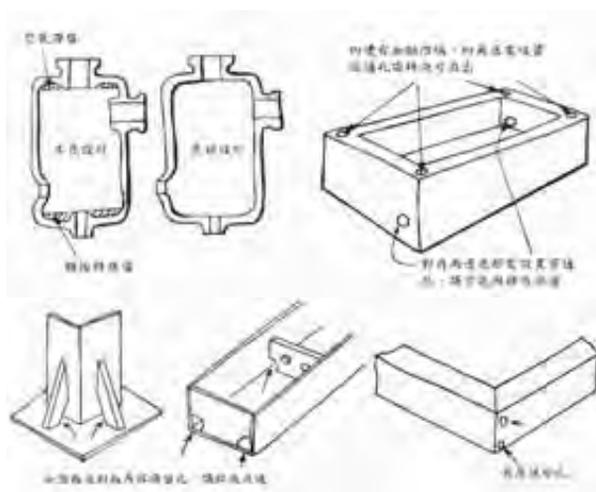
鑄造示意圖



鑄造品實體

H. 形狀：

被鍍件應注意開孔位置，避免助熔劑處理時被鍍件內壁之氣體或水份無法排出，及浸鍍時鋅液不易流入與排出。



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	111.09.30
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	111.09.30
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	111.09.15
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	111.09.15
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	111.09.30
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	112.01.15
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	112.01.15
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	112.01.15
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彰化縣線西鄉寓埔村彰濱東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
12	物格股份有限公司	14.0×1.85×3.2	505彰化縣鹿港鎮工業西六路25號	04-7810326	111.11.30

※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

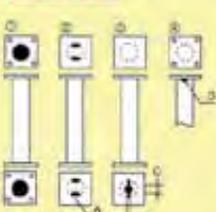
中空管之製品，有圓形和六角形等通氣之構造物，鍍液在(440℃)之溫度約0.7g/cm²，鍍液在此時壓力最大，所以結構物無法作業。

密閉結構物會產生爆炸之危險

鍍液有滲漏之地方，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」條件會發生危險，若鍍液會飛濺到人身上，而造成工作人員之危險。

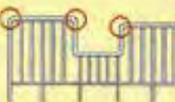
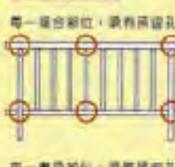
管件加工品

圓形加工品



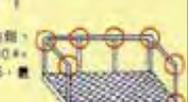
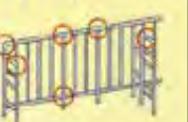
- ① 圓形管端均鍍鋅。
- ② ① 切管大小須剩30%以上鋼管，否則如果未達到76mm以下，則必須留剩45%以上。
- ③ ① ② 及③狀況時，則在本體1/3C之位置切角切角之方法：
例：直徑150cm
A=半徑44mm B=寬度13mm
C=直徑74mm D=半徑47mm

半圓形加工品



圓錐形加工品

圓錐形加工品之通氣孔須留於管口處。



型鋼加工品

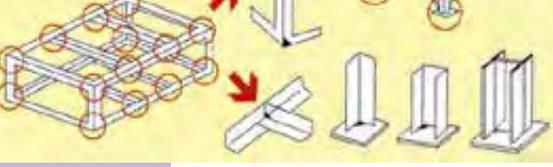
型鋼加工品



型鋼加工品

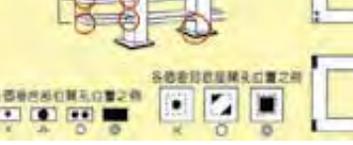
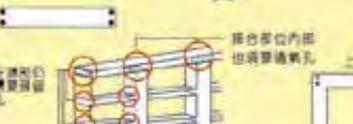


型鋼加工品



角管加工品

角管加工品



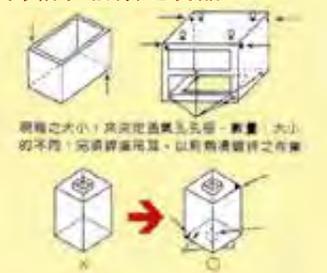
重疊接合的製品

鍍鋅時，鍍液會滲入到縫隙，若水份滲入，而在熱浸鍍鋅時產生氣壓，則水份會滲出造成腐蝕，且更會因滲出之水份而造成鍍液之蒸氣，造成鍍液前位而產生腐蝕。

所以單面的接合部位，必須清除全部的水氣，而以主面鍍鋅。另外重疊二片鋼板之接合時，因不同的厚度之關係，鍍液容易滲入發生腐蝕，應設之預案。



角箱和桶類之製品



管徑內有補強板之製品

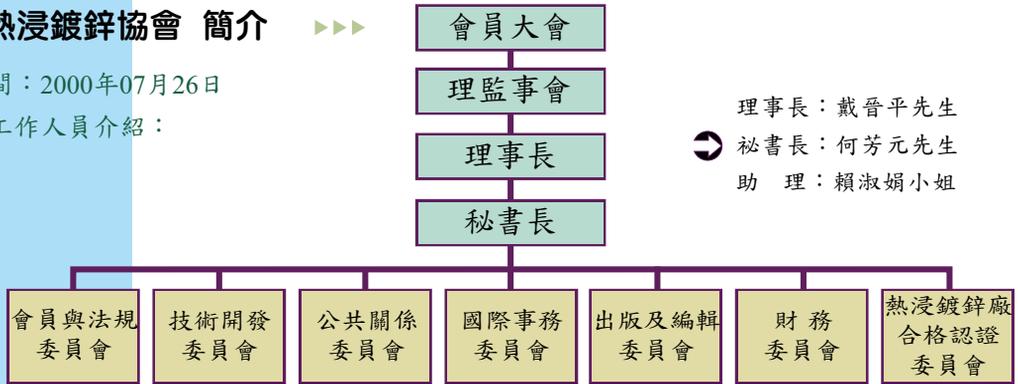


中華民國熱浸鍍鋅協會簡介

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：戴晉平先生
 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：何芳元先生
 助理：賴淑娟小姐

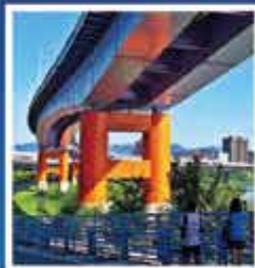
三、第十屆董事（監察人）名單：

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	胡文虎	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>

E-mail:tisc@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，將以往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

小滿



「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，並由海峽重報發起及協辦，獨立策展人郭芷芸策展。

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



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)

- 螺絲、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



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
光電雲梯



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

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

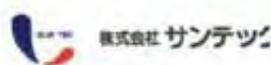
服務項目

- 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