

# 熱浸鍍鋅

趙焜堦題

2024/07

NO.86

<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

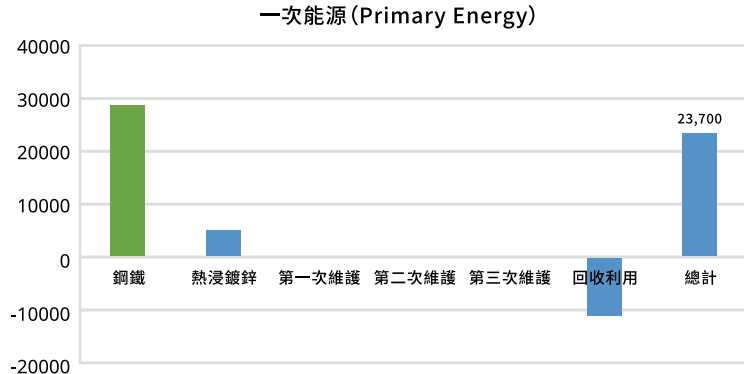
創造熱浸鍍鋅文化 · 維護台灣有限資源



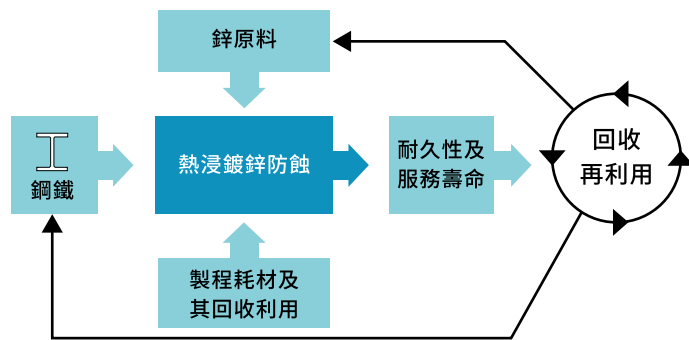


# 臺鍍科技股份有限公司

tg co., ltd.



熱浸鍍鋅陽台60年的能源需求 (Primary energy demand, PED)



品質

服務

創新



## 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  
3.8m × 0.8m × 1.2m

## 單件最大荷重能力

桃園廠: 40噸 / 高雄廠: 10噸

耐用年限長

經濟效益高

## 熱浸鍍鋅 特點

週期成本低

環境衝擊少



總公司

台北市大安區和平東路一段117號2樓  
Tel: 02-25617665 Fax: 02-27123686  
網址: <http://www.tgnet.com.tw>  
E-mail: info.tg@tgnet.com.tw

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: emily.chen@tgnet.com.tw

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: simon.chen@tgnet.com.tw

## INDEX

- 1 **第一單元** ▶ 活動報導  
◎2025年第13屆亞太鍍鋅會議徵文  
◎第9屆第2次會員大會暨熱浸鍍鋅技術研討會
- 7 **第二單元** ▶ 生產技術及防蝕技術專題  
◎螺栓熱浸鍍鋅與烘覆型(鋅鉻酸鹽)及磷酸鹽處理之耐蝕性探討  
◎熱浸鍍鋅燈桿上反光紙劣化導致之大氣腐蝕探討  
◎熱浸鍍鋅鋼捲鍍鋅飛濺缺陷改善
- 38 **第三單元** ▶ 工程實績介紹  
◎宜蘭轉運站新建工程
- 43 **第四單元** ▶ 本會認證熱浸鍍鋅廠合格廠商
- 44 **第五單元** ▶ 熱浸鍍鋅結構物設計要點
- 45 **第六單元** ▶ 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



宜蘭轉運站新建工程

起造單位：宜蘭縣政府  
設計單位：田中央聯合建築師事務所  
監造單位：田中央聯合建築師事務所  
施工單位：俊買營造有限公司  
鋼構製造：茂良鋼構有限公司  
鍍鋅單位：臺鍍科技(股)公司  
鍍鋅總重：約300噸

## 廣告索引

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

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》

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 ■ 806024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

## 2025 年第 13 屆亞太鍍鋅會議 Towards the future of ESG in Galvanizing

徵文

時間：2025 年 6 月 23~26 日

地點：馬來西來吉隆坡會議中心 (Kuala Lumpur Convention Centre, Malaysia)

邀稿主題：

- 鋅市場展望
- 鍍鋅市場需求
- 技術和製程優化
- 環境、社會與治理 (ESG)
- 標準與合規性
- 鍍鋅安全
- 雙重防蝕的市場機會
- 防蝕性能

2024 年 4 月 1 日起

- 開放提交題目和簡短摘要

2024 年 8 月 30 日前

- 提交題目和簡短摘要截止

2024 年 9 月 30 日前

- 已接受的論文通知和作者資料

2024 年 12 月 30 日前

- 提交簡報內容

會議議程

2025 年 6 月 23 日 (一)

- 報到、展覽佈置、歡迎酒會和參觀 KLCC 水族館

2025 年 6 月 24 日 (二)

- 會議、展覽及同行者旅遊

2025 年 6 月 25 日 (三)

- 會議、展覽及 Gala Dinner 晚宴

2025 年 6 月 26 日 (四)

- 參觀鍍鋅廠

相關網頁：<https://13apggcmalaysia.com/>

## 第 9 屆第 2 次會員大會暨熱浸鍍鋅技術研討會活動報導

秘書處

中華民國熱浸鍍鋅協會第 9 屆第 2 次會員大會暨熱浸鍍鋅技術研討會於 113 年 3 月 29、30 (星期五、六) 兩日，在日月潭映涵渡假飯店舉行，會議程如下：

日期	時間	內容	主持人 / 講師	地點
3 月 29 日 (五)	14:30~15:00	會員報到、摸彩券(摸彩箱)，領取房卡		太和日月館會議室 (10F)
	15:00	大會開始		
	15:00~15:05	理事長致詞	蕭理事長勝彥	
	15:05~15:10	貴賓致詞		
	15:10~15:50	會務報告、提案討論、 臨時動議	蔡秘書長明達	
	15:50~16:00	點心時間		
	16:00~16:20	從研發布局產業受惠到 國際發光	財團法人金屬工業研究 發展中心黃副組長家宏	
	16:20~17:10	桃園航空城區段徵收工 程與熱浸鍍鋅防蝕	桃園市政府航空城工程處 徐前處長世正	
	17:10~18:00	觀塘港的前世今生	台灣世曦工程顧問(股)公司 洪經理博勝	
18:10~20:40	年會晚會及摸彩		星空宴會廳 (10F)	

日期	時間	內容	主持人 / 講師	地點
3 月 30 日 (六)	07:00~09:00	早餐及自由活動		星空餐廳 (9F)
	09:20~11:30	旅遊活動		九族文化村
	12:00~14:30	午餐		水沙連麗宮餐廳
	14:30	歸賦		

會員大會首先由理事長蕭勝彥先生及台灣未來願景數位永續聯盟理事長邱琳濱先生致詞，隨即秘書長蔡明達先生報告會務，說明這一年來協會的工作內容，並提案討論及臨時動議經決議通過。本次活動參加人員共有 150 人。會務報告後有三場專業演講，第一場由財團法人金屬工業研究發展中心黃副組長家宏主講「從研發布局產業受惠到國際發光」，第二場由桃園市政府航空城工程處徐前處長世正主講「桃園航空城區段徵收工程與熱浸鍍鋅防蝕」，第三場由台灣世曦工程顧問股份有限公司洪經理博勝主講「觀塘港的前世今生」。會後在宴會廳舉行「年會晚會及摸彩」，並恭請各界長官抽出摸彩品共 12 獎項予 83 名會員，抽中者莫不興高采烈上台領獎。

本次晚會感謝臺鍍科技(股)公司蕭董事長勝彥、台灣鐵塔股份有限公司、帆一股份有限公司、李理事家順、中華民國全國建築師公會、力鋼李副總經理原清等多位貴賓提供摸彩品、禮券及獎金，與會來賓及會員莫不放鬆心情、把酒言歡，隨著各大獎項的出現，大家的情緒也嗨到最高點，而晚會也在一片歡樂中結束。

翌日(30)星期六氣候宜人，會員暨眷屬搭乘專車至日月潭纜車站搭乘纜車至九族文化村遊玩，於 12 點結束行程。中午在園區內水沙連麗宮餐廳享用豐盛午餐後，留下甜美記憶，大家互道珍重，在離情依依下，各自踏上歸程返回溫暖的家。

最後，感謝臺鍍科技股份有限公司、力鋼工業股份有限公司、慧鋼

企業股份有限公司、易宏熱鍍鋅工業股份有限公司、盟雅工業股份有限公司、亨欣工業股份有限公司、中鴻鋼鐵股份有限公司、金正豐企業有限公司、物格股份有限公司、尚燁工業股份有限公司、屹貿股份有限公司、慈陽金屬股份有限公司、中興工程顧問股份有限公司、侑伸企業有限公司、千海企業有限公司等 15 家會員廠商贊助大會相關費用，使各項活動能圓滿順利成功。



報到情形



理事長蕭勝彥先生致詞



台灣未來願景數位永續聯盟理事長邱琳濱先生致詞



大會開會情形

專題演講



財團法人金屬工業研究發展中心黃副組長家宏專題演講



桃園市政府航空城工程處徐前處長世正專題演講



## 專題演講



台灣世曦工程顧問(股)公司洪經理博勝專題演講

## 晚會



## 午餐——水沙連麗宮餐廳



## 螺栓熱浸鍍鋅與烘覆型(鋅鉻酸鹽)及磷酸鹽處理之耐蝕性探討

張家棟<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 臺鍍科技股份有限公司 經理

### 一、前言

表面防蝕處理方法有化成皮膜處理、塗料塗裝、有機及無機皮膜披覆、熱浸鍍鋅、金屬熔射、電鍍、無電鍍(化學鍍)、搪瓷處理、鈍化處理等表面處理<sup>1</sup>。而螺栓、自攻螺絲等扣件之防蝕又以化成皮膜處理、熱浸鍍、電鍍、機械鍍鋅、鋅鉻酸鹽(烘覆型)等為主，或直接以不銹鋼材料製作。

建築鋼結構及鋼橋之續接常以扭力控制斷尾型高強度螺栓(TC bolts)方式接合，而石化廠管路則以B7(或B8)高溫螺栓組合。高強度螺栓或B7螺栓組裝前皆有表面處理進行防銹，斷尾型高強度螺栓表面處理一般以磷酸鹽(染黑)及鋅鉻酸鹽(烘覆型)居多；而B7高溫螺栓表面處理則以鋅鉻酸鹽(烘覆型)及熱浸鍍鋅居多。因此，利用實體螺栓於桃園市觀音區放置工廠內及工廠外，暴露模擬使用狀況了解螺栓表面處理耐蝕性。經放置一個月磷酸鹽處理螺栓生銹，放置一年八個月後烘覆型螺栓已生銹，而熱浸鍍鋅螺栓表面仍完好且膜厚尚餘 $76.3\mu\text{m}$ 。

### 二、螺栓試體及環境

建築鋼結構及鋼橋除採全銲接構造外，一般會利用高強度螺栓做續接組合成結構體。結構用高強度螺栓係指抗拉強度 $60\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以上螺栓，台灣常用的有日規F8T、F10T(或S10T)及美規的ASTM F3125之A325、F1852(A325扭斷型)、A490、F2280(A490扭斷型)級螺栓。顧及施工及監造方便性常以扭力控制斷尾型高強度螺栓(TC bolts)方式或

搭配張力指示器 (DTIs) 結合使用。

石化廠廠房結構用螺栓與建築相同方式，管路則以 ASTM A193 高溫螺栓組合為主。A193 高溫螺栓有多種合金鋼規格型號，其中較常見的為 B7，其強度相當於 F8T、A325 等級。

上述工程用高強度螺栓表面處理以磷酸鹽 ( 染黑 )、鋅鉻酸鹽 ( 烘覆型 ) 及熱浸鍍鋅為主。塗裝工程結構體用高強度螺栓，採斷尾型 (TC bolts) 加磷酸鹽處理螺栓於現場鎖固後再塗裝；熱浸鍍鋅工程結構體用高強度螺栓，有採斷尾型加鋅鉻酸鹽處理於現場鎖固後再修補及熱浸鍍鋅螺栓兩種。石化廠配管用 B7 高溫螺栓表面處理則以鋅鉻酸鹽 ( 烘覆型 ) 及熱浸鍍鋅兩種為主。

近期來，在已建工程中看見螺栓生銹情形，如圖 1 及圖 2 所示。圖 1 拍攝於 2023 年 9 月 30 日，為台 64 快速道路重翠大橋 P264L 橋墩附近鋼梁連接之 A325 螺栓，該橋於 2009 年 9 月 19 日通車；圖 2 拍攝於 2023 年 7 月，為桃園觀音工業區亞東石化公司蒸汽管線，於 2020 年 12 月工程落成，螺栓為烘覆型螺栓。為了解磷酸鹽、鋅鉻酸鹽 ( 烘覆型 ) 與熱浸鍍鋅三種表面處理之耐蝕能力，故各取一組螺栓分別置於觀音工業區戶外及廠房內進行暴露，不定期觀察其生銹狀況。暴露時間為 2022 年 8 月 2 日至 2024 年 4 月 10 日，如圖 3 及圖 4 所示。螺栓試體之種類、尺寸、表面處理及膜厚，如表 1 所示。觀察之螺栓原始膜厚，分別為磷酸鹽  $3.4\mu\text{m}$ 、鋅鉻酸鹽 ( 烘覆型 )  $14\mu\text{m}$  及熱浸鍍鋅  $81\mu\text{m}$ 。

暴露地點位於觀音工業區本公司觀音廠戶外及工廠內，地點面向西北距海邊約 2 公里，依交通部運輸研究所運輸技術研究中心 2023 年資料顯示，該地區 ( 測試點於觀音工業區服務中心 ) 腐蝕環境級別為 C5 屬腐蝕性非常高地區<sup>2</sup>，如圖 5 所示，當年碳鋼腐蝕速率為  $125.51\mu\text{m}/\text{yr}$ 、鋅腐蝕速率為  $6.13\mu\text{m}/\text{yr}$ ，如表 2 所示。工廠內暴露點在本公司 12 公尺高的倉儲廠房內，但其有四座大門常開屬開放型空間。

表 1 螺栓試體之種類及表面處理膜厚

表面處理方式	磷酸鹽	鋅鉻酸鹽(烘覆型)	熱浸鍍鋅
規格	A325	S10T	9.8 級
尺寸	M22×75	M20×55	M22×85
膜厚	3.4μm	14μm	81μm



圖 1 台 64 快速道路重翠大橋螺栓銹蝕



圖 2 觀音工業區烘覆型螺栓銹蝕



圖 3 戶外暴露位置(2022 年 8 月 2 日)



圖 4 工廠內暴露位置

表 2 觀音工業區服務中心大氣腐蝕資料

年	環境因子				腐蝕速率 $\mu\text{m}/\text{yr}$	
	溫度	濕潤時間	氯鹽	二氧化硫	碳鋼	鋅
2022 第三季	28.91°C	52.11%	--	9.69 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$	112.9	7.9
2022 第四季	24.86°C	61.26%	--	223.66 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$	276.5	14.4
2022 年整年	22.79°C	62.17%	--	82.23 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$	118.4	6.9
2023 年整年	22.91°C	58.41%	--	183.25 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$	125.51	6.13

資料來源：運輸研究所運輸技術研究中心

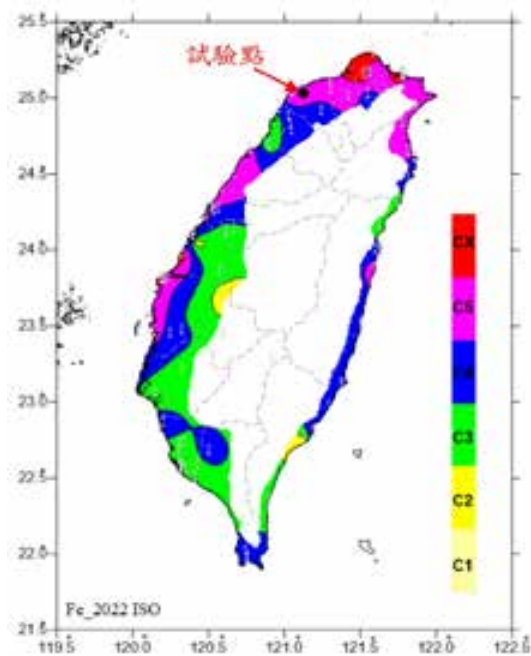


圖 5 腐蝕環境分類 (碳鋼) 及試驗點

### 三、結果與討論

螺栓樣品暴露試驗地點之環境，依交通部運輸研究所運輸技術研究中心調查年報分類為腐蝕性非常高的 C5 級別<sup>2</sup>。經暴露一個月後，磷酸

鹽處理的螺栓位於工廠內及工廠外均已生銹，如圖 6 所示，而鋅鉻酸鹽處理及熱浸鍍鋅螺栓未生銹仍完好。經暴露一年八個月後，除熱浸鍍鋅螺栓未生銹外，磷酸鹽及鋅鉻酸鹽（烘覆型）處理的螺栓均已生銹，如圖 7、圖 8 及表 3 所示。熱浸鍍鋅螺栓鍍鋅膜厚尚餘  $76.3\mu\text{m}$ 。

高強度螺栓經磷酸鹽處理（即俗稱的染黑），大多數作為進一步和（或）油漆的表面準備，但因磷酸鹽塗層屬多孔不能單獨提供耐蝕力，需要油或其他封孔劑提高耐腐蝕性。磷酸鹽的膜厚比較薄，所以很容易在短時間內生銹，經試驗僅一個月即產生銹蝕。結構用高強度螺栓表面處理大多使用此方法，之後於現場組裝鎖固後經清潔再油漆塗裝。實務上，工程用高強度螺栓會產生如此多的銹蝕現象，歸納原因有 (1) 螺栓磷酸鹽塗層薄防蝕能力差，(2) 磷酸鹽螺栓表面油漬未去除即油漆，附著性不佳，(3) 頭部、牙部邊角油漆附著不足，(4) 油漆噴塗角度、距離不佳，(5) 噴塗條件控管不佳等。



圖 6 磷酸鹽螺栓放置一個月 4 天已生銹，（左）戶外（右）工廠內



圖 7 戶外經一年八個月後外觀



圖 8 工廠內一年八個月後外觀

表 3 高強度螺栓暴露結果

	經歷時間						剩餘膜厚 (μm)	
	一個月四天		一年三個月		一年八個月			
	戶外	工廠內	戶外	工廠內	戶外	工廠內	戶外	工廠內
磷酸鹽處理	生銹	生銹	嚴重生銹	--	嚴重生銹	嚴重生銹	--	--
鋅鉻酸鹽 (烘覆型) 處理	未生銹	未生銹	局部生銹	--	開始生銹	局部生銹	7.5	10.7
熱浸鍍鋅	未生銹	未生銹	未生銹	未生銹	未生銹	未生銹	76.3	76.9

鋅鉻酸鹽 (烘覆型) 處理之螺栓在本區大氣環境之下，螺栓在角隅與平面位置優先銹蝕，如圖 9 所示。戶外的烘覆型螺栓扣件組剩餘膜厚為 7.5μm(5 點平均，分別為 6.0、4.5、9.5、9.0 及 8.5μm)，其華司已生銹且螺帽角隅已生銹；工廠內烘覆型螺栓剩餘膜厚為 10.7μm(5 點平均，分別為 10.5、8.0、9.5、11.5 及 14.0μm) 則多處生銹。烘覆型處理屬於鋅薄片 (zinc flake) 的一種，於表面層層堆疊的型態。其製程為在螺栓鐵材表面以鋅鉻酸鹽有機物化成處理，以不通電流及常溫噴附方式，將藥液噴附在鐵材上再經過 290 ~ 330℃ 溫度烘烤，利用有機物轉換將鋅片

(Zinc Flake) 附著於鐵件之表面<sup>3</sup>，其金相如圖 10<sup>4</sup> 所示。所以，一般塗佈型防蝕塗裝在角隅處因表面張力因素，膜厚往往比平面區域膜厚更薄而導致防蝕效果較差。烘覆型處理膜厚約  $12\pm 3\mu\text{m}$  左右<sup>3</sup>，且因製程特性無法再增加膜厚厚度。所以，短時間暴露後生銹之原因為 (1). 表面張力因素邊角膜厚較薄，及 (2) 本體厚度不厚且不均勻。

熱浸鍍鋅螺栓經一年八個月暴露後仍無生銹，因其表面鋅已成功的建立保護層。觀其表面外觀，室內熱浸鍍鋅螺栓表面呈暗褐色，因長期置於室內未受雨水的沖刷而長期累積的灰塵，螺栓本體依然完好。經量測螺栓頭表面鍍鋅層剩餘的 5 點平均厚度為室外  $76.3\mu\text{m}$  及工廠內  $76.9\mu\text{m}$ 。熱浸鍍鋅於戶外之腐蝕速率為  $2.78\mu\text{m}/\text{yr}$ 。此腐蝕速率雖與運輸技術研究中心所測得  $6.9$  及  $6.13\mu\text{m}/\text{yr}$  有誤差，但筆者認為合理。另根據金屬材料長期大氣曝放試驗與資料庫建置計畫第 10 年報告，鋅金屬 (片狀熱浸鍍鋅鋼板試體) 於該地區十年長期暴露之腐蝕速率為  $1.18\mu\text{m}/\text{yr}$  (碳鋼為  $51.1\mu\text{m}/\text{yr}$ ，約為表 3 中數值 1/2) 相差不多。原因為鍍鋅螺栓表面與大氣中氧、水、二氧化碳持續反應，反應形成緻密的腐蝕生成物獲得穩定的安定態，減緩表面鍍鋅層繼續快速消耗，因而腐蝕速率會持續下降，因此腐蝕速率比第一年的腐蝕速率低。若以腐蝕速率為  $2.78\mu\text{m}/\text{yr}$  推算，該熱浸鍍鋅螺栓於該地點應在 27 年後生銹。

螺栓之熱浸鍍鋅鍍層比烘覆型膜厚，一般介於  $49\sim 63\mu\text{m}$  之間<sup>5</sup>，但若螺栓尺寸更大則膜厚會稍厚。而熱浸鍍鋅鍍層有合金層表面硬度高，不因鎖固、安裝碰撞傷及螺栓表面鍍鋅層，且在尖角處仍可維持如同平面一樣的鋅層厚度，如圖 11 所示，因此熱浸鍍鋅耐蝕性相對佳。另外，工程或商業上表面處理常以抗鹽霧試驗高低時數代表其耐蝕性之優劣。烘覆型螺栓鹽霧試驗可達  $600^6$  到  $2,000^3$  小時不等，有些甚至可以超過  $4,000$  小時，而熱浸鍍鋅螺栓往往很少超過  $500$  小時，如表 4 所示<sup>7</sup>。所以，以鹽霧試驗結果判定烘覆型耐蝕效果優於熱浸鍍鋅是有誤差的。



前面提到，熱浸鍍鋅表面是鋅金屬會產生穩定的腐蝕生成物，而噴鹽霧使鋅表面完全沒有乾燥，無法產生碳酸鋅發揮防蝕功能。因此，ISO 1461:2009 (E) 附錄 E<sup>8</sup> 提到鹽霧試驗不能用來預測熱浸鍍鋅抗蝕表現。因此，熱浸鍍鋅在鹽霧試驗表現沒烘覆型好，但實務上是比烘覆型耐蝕性佳。

另外，實務上扭斷型高強度螺栓扭斷後，尾端會殘留斷裂面的凹凸面及銳利之金屬毛邊，容易產生油漆防蝕不易的問題，除非特別研磨處理，因此磷酸鹽皮膜處理及烘覆型鋅鉻酸鹽處理螺栓，均須注意此問題<sup>9</sup>。除此之外，尚有牙部之牙峰、螺栓頭及螺帽邊角亦有銳角油漆防蝕不易問題。

#### 四、結語

金屬腐蝕會產生額外保養及維修費用，增加維護成本，甚至發生危害及災難，造成更大的經濟損失。螺栓的使用範圍很廣泛，數量需求亦最大，其抗蝕能力之優劣決定其使用之耐久性，對結構及設備之安全及可靠性有重大影響。

經螺栓實體於 C5 環境及工廠內曝放一年八個月後得以下結果：

1. 磷酸鹽處理 ( 染黑 ) 螺栓，暴露一個月又四天後，已完全生銹。
2. 鋅鉻酸鹽處理 ( 烘覆型 ) 螺栓，於暴露一年三個月後局部銹蝕。
3. 熱浸鍍鋅螺栓，暴露一年八個月後未銹蝕。經計算當地腐蝕速率為  $2.78\mu\text{m}/\text{yr}$ ，以該腐蝕速率推算熱浸鍍鋅螺栓應在 27 年後生銹。

所以，使用熱浸鍍鋅螺栓，可以達到更加優異的防蝕性能，以及真正符合經濟性、耐久性及安全性的需求，延長鋼結構生命週期。



圖 9 烘覆型螺栓最初生銹位置

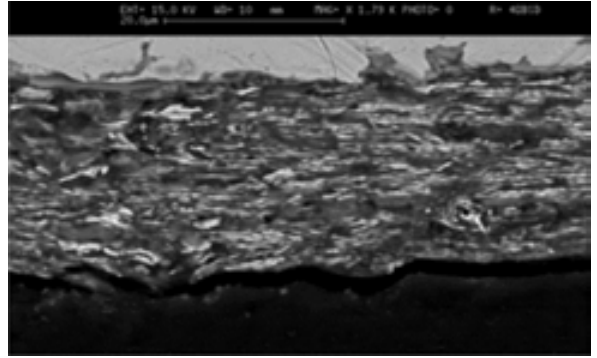


圖 10 烘覆型螺栓表面金相

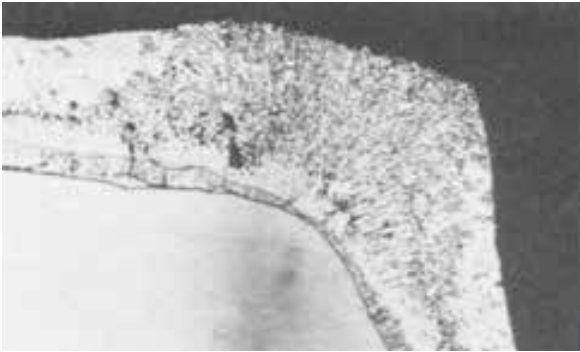




圖 11 熱浸鍍鋅螺栓牙尖金相

表 4 熱浸鍍鋅螺栓鹽霧試驗

	試驗前	200 小時	400 小時
熱浸鍍鋅 螺栓			
		白銹遍佈， 有少許黃色產生	黃色變深， 因受紅銹產生所致

## 參考文獻

1. 中華民國鋼結構協會，鋼結構橋梁防蝕塗裝技術手冊 ,p1-12,2011
2. 2022 年臺灣大氣腐蝕劣化因子調查研究資料年報 ,p2-1
3. 台塑關係企業規範油漆工程規範 ,p7-2,2016
4. 劉正漢，阿托科技股份有限公司表面處理事業部簡報
5. 熱浸鍍鋅防蝕技術與應用 ,p40,2022
6. 台塑關係企業規範油漆工程規範 ,p7-3,2016
7. 株式會社興和工業所簡報
8. ISO 1461 Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles  
— Specifications and test methods 3rd.p-15,2009
9. 技師報 第 984 期，社團法人臺灣省土木技師公會 ,2015

# 熱浸鍍鋅燈桿上反光紙劣化導致之大氣腐蝕探討

鄭錦榮<sup>1</sup>、李盈家<sup>2</sup>、林景崎<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 前台電綜研所化環室主任

<sup>2</sup> 台電綜研所化環室化學師

<sup>3</sup> 中央大學材料所特聘教授

\* 通訊作者：u630184@gmail.com

### 摘要

國內燈桿多採用熱浸鍍鋅防蝕處理，號誌路燈及標誌桿上常貼有反光紙以維護交通安全，桿柱上的反光紙，久經風吹日曬雨淋而有劣化現象。貼紙劣化處之燈桿底材，常誘發銹蝕現象。收集這些劣化反光紙之銹蝕產物，經 SEM-EDX 分析外層與內層皆含有氯、鐵及鋅離子，推測燈桿表面之純鋅層及鐵鋅層已完全消耗。而未使用之反光紙，經 FTIR 光譜分析所含黏著劑，其主要化學組成爲丙烯酸 2- 乙基己酯聚合物。此聚合物在大氣環境中，因日夜溫差、濕度變化及烈日照射下，可能熱裂解成甲酸。含 1 wt% 甲酸溶液之 pH 值為 2.2，極易與鋅、鐵等熱浸鍍鋅層界面產生腐蝕反應。EDX 分析銹蝕產物之界層間含有氯與鈉離子存在，顯示大氣中的海鹽粒子，可能會加速反光紙劣化，誘發熱浸鍍鋅燈桿的局部腐蝕。

關鍵詞：燈桿、熱浸鍍鋅、反光紙、丙烯酸 2- 乙基己酯。

### 一、緣由

2020 年 8 月中華民國熱浸鍍鋅技術委員會委員提出在台南高鐵、布袋、新北市各區（永和、泰山、五股、樹林）發現反光用黃、黑貼紙造成鍍鋅燈桿銹蝕。因此，建議探討貼有反光紙之熱浸鍍鋅燈桿於貼紙破損後，熱浸鍍鋅表面產生銹蝕的原因。銹蝕案例如圖 1：新竹香山海山港、

圖 2：五股成泰路、圖 3：泰山中港西路、圖 4：樹林千歲路等。經號誌路燈及標誌桿承攬商表示，依據公路局之規定，臨路側燈桿柱上均應貼上反光紙（除分隔島上），以維護交通安全。承包商反映貼有反光紙的鋼管桿柱部份，使用日久大都無法避免腐蝕發生，即使經過熱浸鍍鋅也會發生，雖尚未嚴重到桿件斷裂之狀況（除非強颱風力造成斷柱情形），但顯然已影響觀瞻，並會縮短燈桿之使用壽命。由於反光紙之黏著劑涉及專利配方，廠商無法提供化學組成資料，因此經委員會協議收集現場樣品，先期探討大氣環境中熱浸鍍鋅電燈桿上反光紙劣化引致的腐蝕現象。

## 二、文獻回顧

燈桿是路燈的承載支架，熱浸鍍鋅加工處理可以提高燈桿耐腐蝕能力，延長其使用壽命。工件在經熱浸鍍鋅防蝕處理後之使用壽命，與其使用環境息息相關。相同防蝕處理之工件，在不同環境下的使用年限不同，例如：在一般重工業區（污染嚴重）為 13 年、城市為 50 年，濱海地區（受海水大氣腐蝕）一般為 30 年、郊區則可長達 104 年。燈桿材料，依據機械強度與耐腐蝕性之考量，一般選擇具良好延展性和剛性<sup>(1)</sup> 的 SS400 鋼料。國內製作燈桿之鋼板材質需符合 CNS 2473 G3039 之 SS400；而鋼管則需符合 CNS 4435 G3102 規範。燈桿製作完成後，為了增進防蝕功能，通常應立即熱浸鍍鋅處理，鍍鋅含量依照 CNS 10007 H3116 熱浸鍍鋅檢驗法之規範，均達 500g/m<sup>2</sup> 以上。

反光紙可用於道路交通標誌、反光標記、道路施工安全標誌、道路指示等交通安全設施，政府機關已經明訂反光紙的國家標準，在不同交通安全設施之應用上，會選擇不同級數的反光紙材料<sup>(2)</sup>。目前反光紙已廣泛應用於交通設施，對於交通事故發生率的降低，助益良多。



圖 1 新竹香山海山港路燈電桿反光紙表面受到破損後之腐蝕狀況



圖 2 五股成泰路燈電桿反光紙表面受到破損後之腐蝕狀況



圖 3 泰山中港西路燈電桿反光紙表面受到破損後之腐蝕狀況



圖 4 樹林千歲路燈電桿反光紙表面受到破損後之腐蝕狀況

### 三、實驗方法

(一) 反光紙樣品：透過公路局廠商取得四種反光紙樣品，依正、反面照相如圖 5 所示。

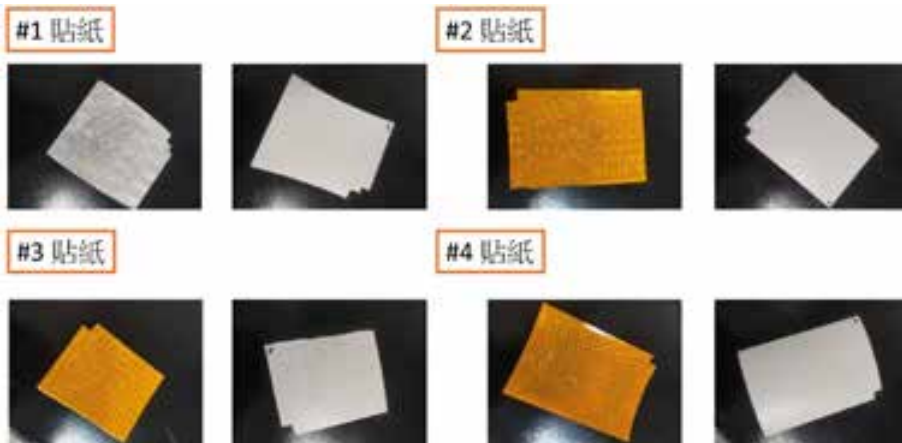


圖 5 四種反光紙樣品，依正、反面照相

- (二) 分別利用 Bio-Rad SPC-3200 霍氏轉換紅外線光譜儀 (FTIR) 以 ZnSe 晶體作全反射 (ATR) 鑑定反光紙之黏膠面化學成分，儀器使用之條件：解析度： $4\text{cm}^{-1}$ 、掃描次數：16 次、掃描之波數範圍： $650\sim 4000\text{cm}^{-1}$ 。
- (三) 破損反光紙黏膠面進行金相及元素成分分析，其分析所使用儀器為場發射掃描式電子顯微鏡 (F-SEM, 廠牌:Hitachi S-4800)、能量散射 X 射線光譜儀 (EDS, 廠牌:Bruker-SEM QUANTAX) 對樣品進行 2000x 顯微觀察和元素成分分析。

### 四、結果與討論

(一) 反光紙黏著膠面成分分析<sup>(3)</sup>

利用霍氏轉換紅外線光譜儀 (FTIR) 全反射偵測，直接對樣品分別對四種貼紙進行圖譜分析，結果如圖 6 所示，分別在 (1) 化學鍵 CH 伸縮振動區域 ( $3,200\sim 2,800\text{cm}^{-1}$ )，(2) 化學鍵 C=O 和 C=C 拉伸振動和

CH 彎曲振動 ( $1,800\sim 1,200\text{ cm}^{-1}$ )，(3) 化學鍵 CO 伸縮振動與 CH 彎曲振動 ( $1,200\sim 700\text{ cm}^{-1}$ ) 的特性分析光譜。在 ( $3,200\sim 2,800\text{ cm}^{-1}$ ) 區域中的紅外線光譜有三組譜帶，有兩組強譜帶和一組非常弱的譜帶。圖譜在  $3,104$ 、 $3,069$  和  $3,038\text{ cm}^{-1}$  處有三個強度非常弱的譜帶，分別由理論譜帶  $3,093$ 、 $3,047$  和  $3,012\text{ cm}^{-1}$  再現。這些譜帶歸因於乙烯基振動的  $\text{C}_1\text{H}$  和  $\text{C}_4\text{H}$  伸縮模式。第二組譜帶由  $2,961$  和  $2,931\text{ cm}^{-1}$  處的最強峰組成。第三組譜帶由實驗紅外光譜中  $2,875\text{ cm}^{-1}$  處的一個稍微不對稱的峰組成。在這一系類 CH 伸縮振動模式中，低於  $2,900\text{ cm}^{-1}$  且強度較高的其餘譜帶可被分配以再現  $2,861\text{ cm}^{-1}$  處的寬肩。位於  $3,000$  至  $2,860\text{ cm}^{-1}$  之間的所有理論峰值均歸因於丙烯酸 2- 乙基己酯分子的丁基和乙基側中的亞甲基的 CH 伸縮，另參考 Panter's Masking Tape 及 Bandage Adhesive 兩公司產品所提供的 FTIR 光譜亦非常符合，判斷黏著膠符合丙烯酸 2- 乙基己酯的特性光譜。

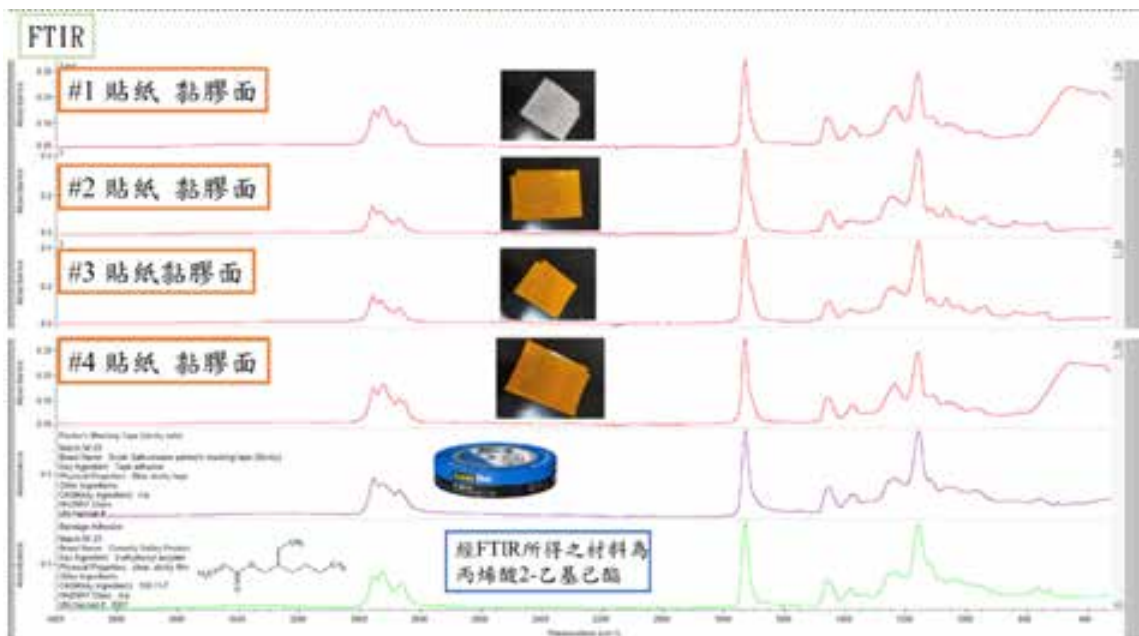


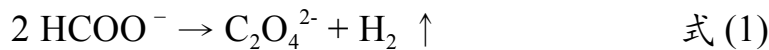
圖 6 反光紙黏膠面化學成分 FTIR 分析



## (二) 丙烯酸 2- 乙基己酯的特性

丙烯酸 2- 乙基己酯 (2-Ethylhexyl acrylate)，是一種有機化合物，化學式為  $C_{11}H_{20}O_2$ ，為無色透明液體，能與乙醇、乙醚混溶，微溶於水，主要用於製造塗料、黏合劑、纖維和織物改性、加工助劑，皮革加工助劑等，也可用作聚合單體，用於軟性聚合物，在共聚物中起內增塑作用，還可用作溶劑<sup>(4)</sup>。

Jolanta Świdarska<sup>(5)</sup> 團隊曾使用熱解氣相層析法研究在約  $230^{\circ}C$  下進行了丙烯酸 2- 乙基己酯和丙烯酸共聚物的丙烯酸壓敏黏合劑 (PSA) 的熱裂解。顯示丙烯酸壓敏膠的熱裂解產物並提出其熱裂解機制。聚丙烯酸酯光解之產物，包括二氧化碳、烷烴、烯烴、醇、醛和甲酸鹽。甲酸鹽俗稱蟻酸鹽 (Formate) 是甲酸根 (即蟻酸根， $HCOO^{-}$ ) 離子和陽離子形成的鹽。甲酸鹽一般有較好的溶解性，如甲酸鈉、甲酸鉀等。但由於甲酸根具有還原性，和具有氧化性的陽離子所形成的鹽對熱不穩定，會發生自身的氧化還原反應，如甲酸銅。甲酸鹽在一定溫度可以分解，分解過程總體來說可以分為兩式：



## (三) 反光紙 (Reflective Sheet) 之相關規範

反光紙係以玻璃晶球狀碎粒，嵌於透明塑膠膜內，組成表面光滑之薄層。反光紙之披層為含螢光或磷光劑標誌圖之塑膠膜，表面應平整光滑，具全天候反光性外，應具抗氣候變化之功能。此反光紙之性能與材料，應符合 CNS 4345 第 8、9、11 型之規定。反光紙之檢驗則依 CNS 4345:2023 之規定辦理。反光紙在溫度  $15\sim 38^{\circ}C$ 、相對濕度  $20\sim 80\%$  範圍內，戶外耐候要求為 36 個月，氬弧燈人工加速耐候試驗如 CNS 4345:2023 附錄 B，外觀應保持顏色不褪，且不能斷裂。此外，反光紙須具耐熱性，未使用之貼紙在溫度  $65^{\circ}C$ 、已使用之貼紙則在溫度  $93^{\circ}C$  時，

均應能保持與新的貼紙維持相同之外觀，不可受污染。反光紙表面，須對溶劑具備抵抗力：在經過汽油、VM&P 石腦油 (VM&P Naphtha)、礦物酒精 (Mineral Spirits)、松節油 (Turpentine)、甲醇 (Methanol) 及二甲苯 (Xylol) 清洗後，不可褪色，且無裂痕、破裂、起泡等缺陷及尺度變化<sup>(6)</sup>。

依據標準檢驗局 CNS 4345 規範，總共約有 10 種不同材質及類型用途之反光片及反光膠帶可供選用。檢視相關品質規定要求與試驗項目，計有回歸反射係數、晝光色、耐候性能、色牢度、收縮性、可撓性、離型紙之剝離性、接著性、耐衝擊性、夜間光色等規定，以確保其品質；且提供防霉性、反光片印刷加工性及表面處理等選擇性要求項目，以供買賣雙方協議使用。另外，為因應戶外嚴苛氣候環境之使用，更有經過耐候性能試驗後之產品最低回歸反射係數等規定，以達到全天候反光性能及長時間用於各項交通安全設施之品質<sup>(7)</sup>。

反光紙產品之廠商保固為 7 年，而在 CNS 4345 第 8、9、11 型之規定，戶外大氣曝露試驗為 36 個月，或氬弧燈 102 min 照射及 18 min 照射 + 灑水交替，暴露後，試片不得有明顯裂痕、剝落、凹陷、起泡、翹邊及縮小或放大超過 0.8 mm 的捲曲。由於路燈管理單位對於反光紙的使用年限並無明確規定，因而在貼紙超過七年貼覆後，久經曝曬、雨淋等週邊環境破壞。導致照貼紙表面遭受劣化或破損，露出燈桿鍍鋅層底材與大氣環境接觸，加上貼紙黏著劑之裂解物的額外腐蝕因子（如黏著劑丙烯酸 2-乙基己酯聚合物的性裂解物 - 甲酸），會加速燈桿的腐蝕反應。

#### (四) 已破損反光紙上附著的銹蝕物收集與分析

本研究收集新竹市香山區海山港路燈電桿上破損反光紙表面腐蝕嚴重的剝落塊，依序進行表面金相組織及各層元素分析，探討反光紙黏著劑底層經劣化分解後是否會與鍍鋅層表面產生腐蝕反應。劣化層樣品及採樣斷層分析如圖 7 所示。

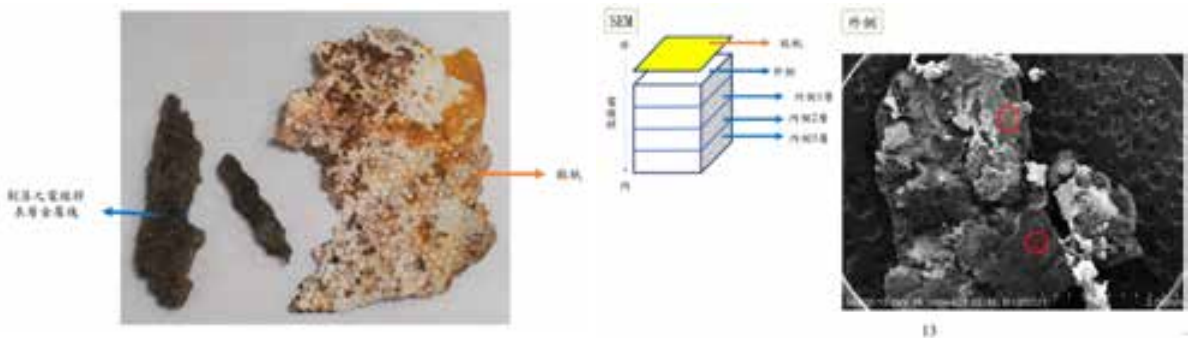
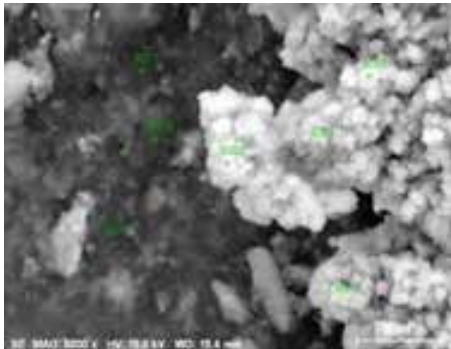
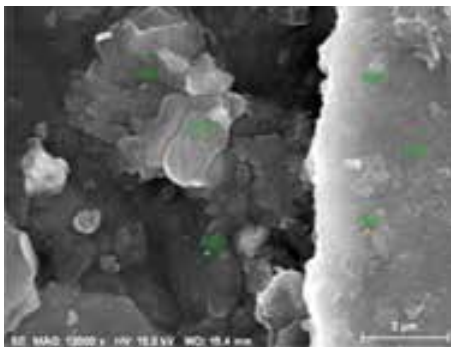


圖 7 新竹市香山區海山港路燈電桿上破損反光紙表面的剝落塊樣品 (左) 及採樣斷層分析 (右)



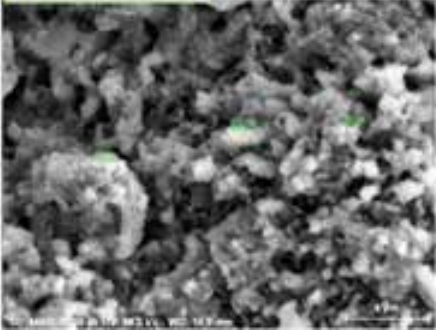
(at.%)	O	Cl	Ti	Fe	Ca	Zn	Zr	Na	Al
8076	68.41	7.65	8.68	3.74	1.63	0.95	7.85	1.63	-
8077	72.62	6.50	3.00	6.38	-	8.00	-	-	-
8078	71.70	4.45	1.39	3.81	-	4.96	1.53	3.54	4.63
8080	71.02	-	-	26.73	-	1.95	0.29	-	-
8081	58.30	-	-	38.64	-	1.33	0.43	0.38	0.93
8082	56.01	-	-	35.28	-	-	-	1.62	-
8083	52059	-	-	28.19	-	-	17.65	1.57	-



(at.%)	O	Cl	Ti	Fe	Zn	Zr	Na	Al
8084	65.97	4.56	-	3.31	1.93	5.73	9.2	3.47
8085	75.64	3.72	3.05	2.35	4.9	1.01	1.66	-
8086	67.16	2.46	-	1.67	1.90	-	0.86	12.08
8087	67.58	-	-	29.19	1.67	-	1.56	-
8088	68.56	-	-	29.97	1.47	-	-	-
8089	69.21	-	-	28.99	1.95	-	0.21	-

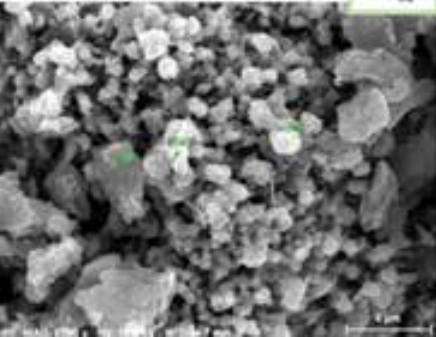
圖 8 劣化樣品外側元素分析 (上圖為圖 7 點 1 ; 下圖為圖 7 點 2)

1層(偏外)



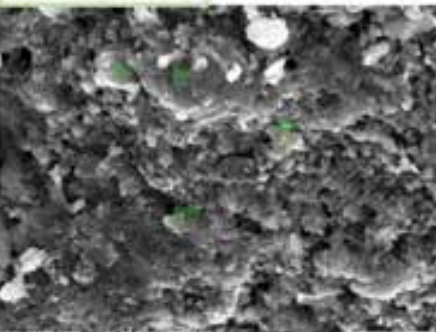
(at.%)	O	Cl	Fe	Zn	Zr	Na	Al
8093	69.29	0.49	19.23	7.44	0.85	0.59	1.21
8094	70.95	0.37	18.78	7.56	0.49	0.63	0.58
8095	68.04	0.40	20.14	9.05	-	0.67	0.96

2層



(at.%)	O	Fe	Zn	Zr	Na	Al
8090	65.69	22.83	4.48	0.88	2.36	1.99
8091	66.75	2.85	-	-	3.25	12.08
8092	71.34	16.88	5.62	0.83	0.74	2.10

3層(偏內)



(at.%)	O	Cl	Fe	Zn	Na	Al
8096	42.70	0.57	51.10	5.00	-	0.63
8097	57.78	-	34.64	4.30	2.13	-
8098	7.46	0.62	60.98	28.20	-	2.75

圖 9 劣化樣品內側 1~3 元素分析  
(上圖為圖 7 內側 1 層；中圖為圖 7 內側 2 層；下圖為圖 7 內側 3 層)

由圖 7~圖 9 的 SEM-EDX 分析可知，外層與內層皆沾有氯、鐵及鋅離子，愈靠近反光紙與熱浸鍍鋅燈桿界面氯、鐵及鋅離子濃度愈高，說明燈桿的鍍鋅層已受到腐蝕，表面純鋅層及鐵鋅層已完全消耗，甲酸在水溶液中是一元弱酸，酸度係數 (pKa)=3.75(at 20°C)，1% 甲酸溶液 pH 值為 2.2。由於弱酸的性質，對於許多金屬，甲酸是有腐蝕性的，反應生成氫氣和金屬甲酸鹽。例如甲酸與鋅及鐵的反應：



參考圖 10 金屬在 pH 值的腐蝕速率可知：鋅及鐵離子在黏著劑裂解為甲酸時 pH 2.2 時皆有高的腐蝕速率，甲酸無色而有刺激氣味，易溶於水，且有腐蝕性，人類皮膚接觸後會起泡紅腫，熔點 8.4°C，沸點 100.8°C 導致熱浸鍍鋅層界面產生嚴重腐蝕。此外由 EDX 分析結果界層間亦含有氯與鈉離子，因新竹香山海山港路燈電桿位於海邊，海鹽粒子亦是反光紙劣化加速熱浸鍍鋅路燈電桿局部腐蝕的原因。

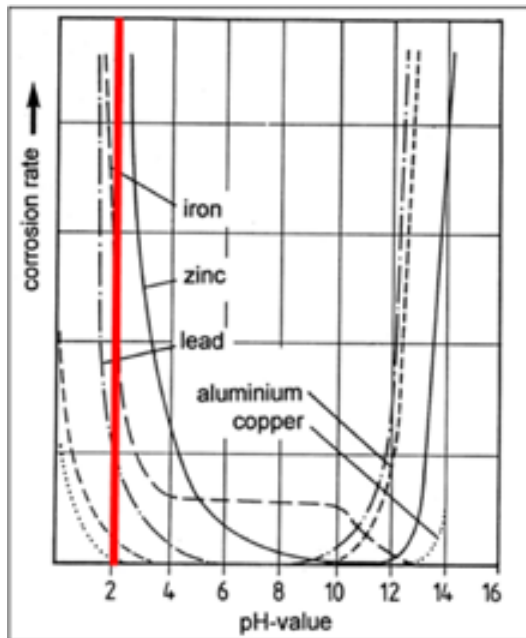


圖 10 金屬在 pH 值的腐蝕速率<sup>(8)</sup>

### 五、結論

1. 國內燈桿多採用熱浸鍍鋅防蝕處理，可以提高燈桿耐腐蝕能力及使用壽命。但號誌路燈及標誌桿貼有反光紙的桿柱部份，久了以後該處常有腐蝕現象發生，經霍氏轉換紅外線光譜儀 (FTIR) 全反射反光紙黏膠面化學成分分析，主要成分為丙烯酸 2- 乙基己酯 (2-Ethylhexyl acrylate)。
2. 由於廠商反光紙產品保固為 7 年，而路燈管理單位並無明確規定反光紙的使用年限，故超逾七年表面材質產生劣化或遭受週邊環境外力破壞時，導致界面鋅層與大氣環境接觸，外界腐蝕因子或黏著劑丙烯酸 2- 乙基己酯裂解為甲酸的腐蝕反應。
3. 劣化反光紙經 SEM-EDX 分析可知，外層與內層皆沾有氯、鐵及鋅離子，愈靠近反光紙與熱浸鍍鋅燈桿界面氯、鐵及鋅離子濃度愈高，說明燈桿的鍍鋅層已受到腐蝕，表面純鋅層及鐵鋅層已完全消耗。
4. 黏著劑丙烯酸 2- 乙基己酯裂解為甲酸時，1% 甲酸溶液 pH 值為 2.2，甲酸是有腐蝕性的極易與許多鋅、鐵等熱浸鍍鋅層界面產生嚴重腐蝕。由於 EDX 分析結果界層間亦含有氯與鈉離子，海鹽粒子亦是反光紙劣化加速熱浸鍍鋅路燈電桿局部腐蝕的原因。
5. 從前述結果可知反光紙黏膠劣化後有酸性物質溶出與熱浸鍍鋅層產生腐蝕反應，腐蝕機制的量化必需進行電化學及腐蝕加速試驗評估，如何有效抑制此腐蝕現象，必須業主與反光紙廠商、熱浸鍍鋅廠商共同研訂改善方案，增加燈桿、號誌美觀及產品的使用生命週期。

### 六、參考文獻

1. 新宇金屬表面熱處理廠，<https://www.xinyuduxin.com/article-5-1653.html>。
2. 彰化第 02891 章 標誌 ( 反光紙 ) ；<https://www.iachu.nat.gov.tw/fapi/AttFile?type=AttFile&id=20651>。

3. 2- 丙烯酸 -2- 乙基己酯的均聚物 (9003-77-4) 傅立葉紅外光譜圖，  
[https://m.chemicalbook.com/Spectrum\\_9003-77-4\\_FT\\_IR.htm](https://m.chemicalbook.com/Spectrum_9003-77-4_FT_IR.htm).
4. 「丙烯酸 -2- 乙基己酯 \_ 百度百科」；<https://baike.baidu.hk/item/%E4%B8%99%E7%83%AF%E9%85%B8-2-%E4%B9%99%E5%9F%BA%E5%B7%B1%E9%85%AF/10570118>.
5. Polymer Bulletin 70(6), June 2013, DOI:10.1007/s00289-012-0887-7.
6. 02891 桃工規反光紙 - 第 02891 章標誌；chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://ws.tycg.gov.tw/001/Upload/69/refile/0/1051/02891.pdf>。
7. 標準檢驗局修訂 CNS 4345:2023 「交通管制用反光片」國家標準。
8. Galvanizing for Corrosion Protection - A Specifiers Guide, Figure 15, American Galvanizers Association, 1995.

## 熱浸鍍鋅鋼捲鍍鋅飛濺缺陷改善

蕭志臻<sup>1</sup>、沈忠雄<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中鋼公司 冶金技術處 冷軋品管組

### 摘要

連續熱浸鍍鋅生產過程中，鋼帶遇尺寸或鍍層厚度變化時，鋅槽上方的氣刀在高壓空氣刮除鋅液的過程中，會因流場擾動發生鋅液噴濺，無序噴濺的鋅液會直接撞擊鋼帶，由於噴濺之微小液滴的冷卻速度快，容易凝固形成小鋅粒隨氣流帶至鋼帶表面而產生鍍鋅飛濺缺陷。本文探討中鋼第二連續熱浸鍍鋅產線生產熱浸鍍純鋅 (Galvanized Iron ,GI) 高表面品質電腦機殼與家電產品中，利用迴歸分析探討氣刀與鋅槽參數對鍍鋅飛濺之影響，在維持產線生產穩定性與可操作性的前提下，執行優化氣刀高度之改善對策，改採高於現有基準值 20mm 生產，已可有效改善鍍鋅飛濺缺陷剔退比率達 86%。

### 一、前言

熱浸鍍鋅鋼片於 1970 年代開始以連續式方法生產鍍鋅鋼捲，由於鍍鋅層可保護底材不受外在環境腐蝕，達到延長使用壽命之目的，因此廣泛應用於建築、汽車、家電、電腦與伺服器機殼等工業。圖 1 為中鋼第二連續熱浸鍍鋅產線示意圖 (#2 Continuous Galvanizing Line, 以下簡稱 2CGL)，其生產流程為：冷軋鋼帶銲接→電解清洗鋼帶表面殘留鐵粉與冷軋軋延油→連續退火控制鋼帶機械性質→鋼帶熱浸鍍鋅→氣刀吹拂鍍層控制鍍鋅量，而其中未經合金化處理則為熱浸鍍純鋅 (Galvanized Iron ,GI) 鍍層、經合金化爐熱處理後則為合金化鍍鋅層 (Galvannealed Steel,GA) →調質軋延賦予鋼帶粗糙度並調整降伏伸長現象→依不同用途進行皮膜塗覆後處理→盤捲為熱浸鍍鋅鋼捲。



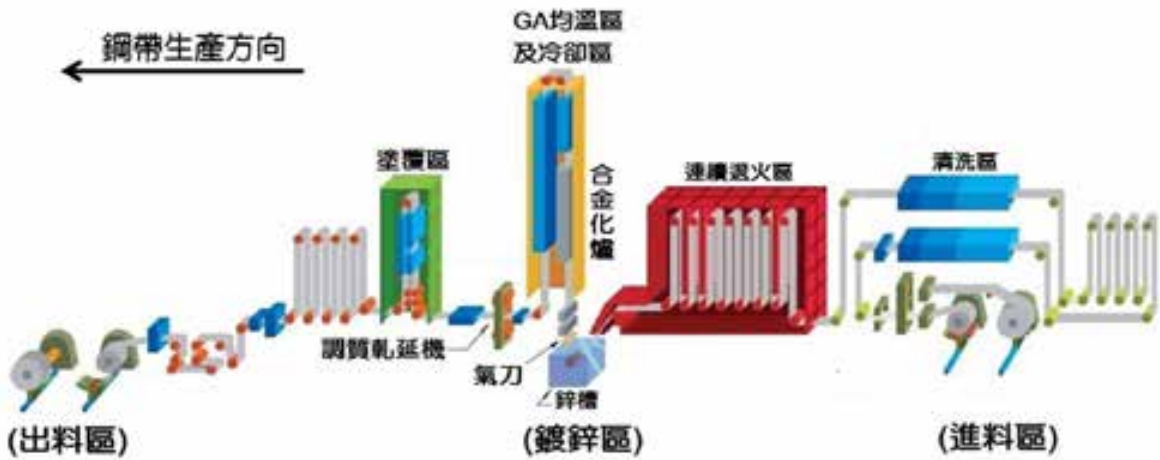


圖 1 中鋼第二連續熱浸鍍鋅產線 (2CGL)

電腦機殼與家電用料為 2CGL 生產高表面品質要求之主力產品，由於訂單尺寸與鍍層厚度多樣化，鋼帶在連續生產過程中遇尺寸或鍍層厚度變化時，鋅槽上方的氣刀利用高壓空氣刮除鋅液的過程中，會因流場擾動發生鋅液噴濺現象，如圖 2(a) 所示<sup>[1]</sup>。無序噴濺的鋅液會直接撞擊鋼帶，由於噴濺之微小液滴冷卻速度快，容易凝固形成小鋅粒，若鋅粒隨氣流帶至鋼帶表面即產生鍍鋅飛濺缺陷，其實際外觀如圖 2(b)。當鋅粒附著於緩衝板或氣刀刀唇上也會產生所謂的結瘤現象，影響氣流刮除鋅液的壓力而導致鍍層不均等缺陷。生產線上若發生鍍鋅飛濺時，採取清理氣刀、調整氣刀距鋼帶位置、氣刀擋板距鋼帶兩側位置等作業因應，未能有具體預防性措施。為釐清其影響要因，降低產品剔退率，本文將分析影響鍍鋅飛濺的成因，擬訂最佳化改善對策精進品質。

## 二、鋼材與研究方法

本文所使用的底材為 JIS G3302 SGCC 規格之低碳鋼種。生產流程為經煉鋼、連鑄、熱軋、冷軋以及連續熱浸鍍鋅等製程，於中鋼 2CGL 生產厚度 0.6~2.0 mm 熱浸鍍純鋅 (GI) 鋼片，並在 GI 鍍層上塗覆耐指紋皮膜。

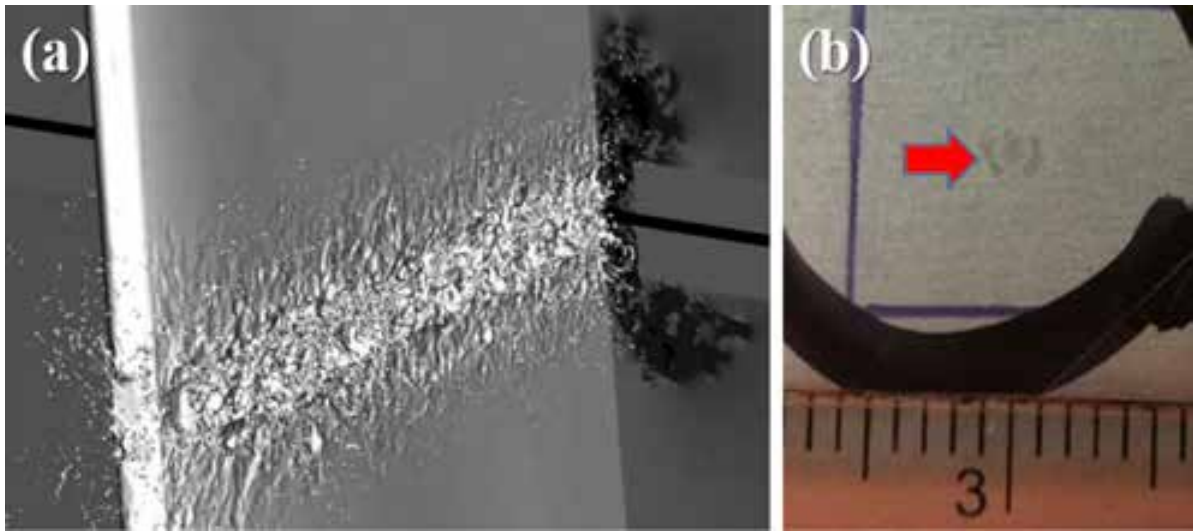


圖 2 (a) 數值模擬鍍鋅飛濺分析<sup>[1]</sup>與 (b) 鍍鋅鋼片表面鍍鋅飛濺

2CGL 所使用的冷軋來料為未經退火之冷軋鋼帶，鋼帶首先在加熱爐中完成退火處理，然後經過內部充滿保護性氣體之密閉導管 (Snout)，再進入含有微量鋁合金元素之鋅槽，接著藉由氣刀將鋼帶表面上多餘之鋅液吹除，使鋼帶雙面各鍍上  $40\sim 110\text{ g/m}^2$  的鋅層。鍍鋅後的鋼帶使用表面粗糙度  $0.8\sim 2.0\mu\text{m}$  的工軋並採固定調質率方式進行軋延，調質率控制在  $1.0\sim 3.0\%$ 。

本文衡量鍍鋅飛濺的改善指標為 2CGL 生產家電與電腦用料之逐月剔退率統計資料為主 [剔退率 (%) = 鍍鋅鋼捲鍍鋅飛濺剔退量 (公噸) / 電腦機殼與家電用料生產量 (公噸)]，並採用 Minitab 統計軟體將影響鍍鋅飛濺的生產參數進行迴歸分析，以  $R^2$  (R squared) 指標評估各參數對鍍鋅飛濺剔退率之相關性。

### 三、結果與討論

鍍鋅飛濺一般容易發生於氣刀參數改變時，而影響氣刀參數主要為氣刀風壓、氣刀距鋼帶距離與氣刀高度等。此外，鋅液的黏滯度亦會影響氣刀吹拂鋅液的難易度以及飛濺的生成，而鋅液的黏滯度與鋅槽溫度、

鋅槽中鋁含量與鐵含量有關，以下逐一分析衡量主要影響因子並採用相應的改善措施。

## 1. 氣刀風壓對鍍鋅飛濺之影響

由於氣刀口為一狹縫結構，氣流是以一長條帶狀型態衝擊至鋼帶表面，當衝擊到鋼帶表面的氣流與鋅液滴產生不穩定交互作用，及氣刀刮除鋅液的氣流剪應力超過自由液面上維持液面形貌穩定的表面張力，液面會開始出現不穩定性的擾動並形成液滴及產生噴濺<sup>[2]</sup>。圖 3 為氣刀風壓對鍍鋅飛濺剔退率迴歸分析， $R^2$  為 20.9% 相關性良好，氣刀風壓與鍍鋅飛濺呈負相關，即較高的氣刀風壓可降低鍍鋅飛濺的產生。但考量連續熱浸鍍鋅產線須生產不同鍍鋅量的產品，且較高鍍鋅量的產品需採用較低的氣刀風壓以刮除較少的鋅液保留需要的鍍鋅層，為保留生產彈性，2CGL 氣刀風壓的控制仍以產品要求之鍍鋅量為主進行調整。

## 2. 氣刀距鋼帶距離對鍍鋅飛濺之影響

氣刀吹拂鋅液過程中，氣流從氣刀刀唇噴出後，氣流形態初始可保持刀唇口的形態，但隨著距離的變化，氣流形態也發生改變，氣流開始

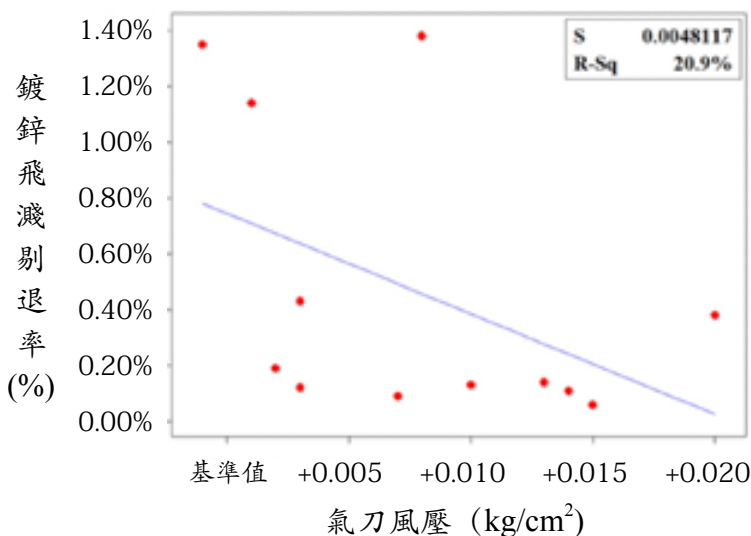


圖 3 氣刀風壓對鍍鋅飛濺剔退率之迴歸分析

出現紊亂且不規則擴散，以致影響鋼帶表面品質。然而氣刀距鋼帶距離愈小，結瘤愈容易發生，且產生鍍鋅飛濺的頻率也愈高；氣刀距鋼帶距離愈大，雖不容易產生結瘤，但刮除鋅液能力較低，會衍生漣漪鋅層缺陷，如鋅液垂流之水波紋路<sup>[3]</sup>。圖4為氣刀距鋼帶距離對鍍鋅飛濺剔退率之迴歸分析，其中 $R^2$ 為3.2%相關性低，故2CGL實際生產時，氣刀控制於相對較低的基準值即可維持穩定生產。

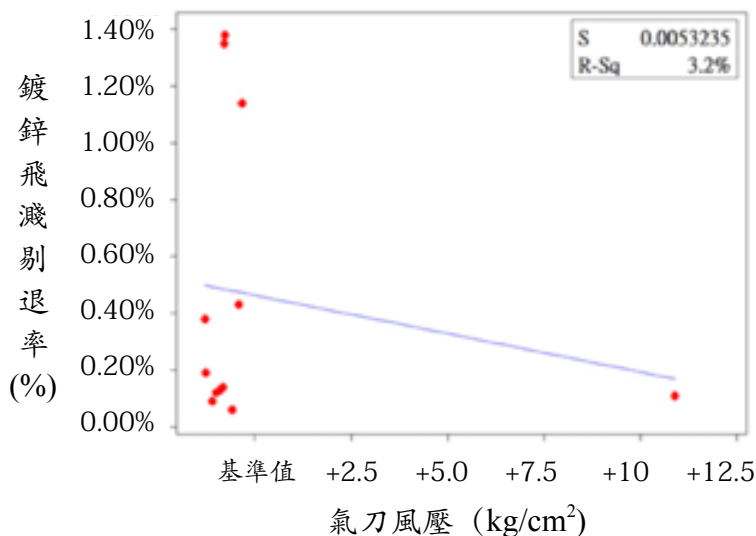


圖4 氣刀距鋼帶距離對鍍鋅飛濺剔退率之迴歸分析

### 3. 氣刀高度對鍍鋅飛濺之影響

2CGL 生產電腦機殼與家電用料多屬薄板 (厚度 $\leq 1.2\text{mm}$ ) 產品，厚度愈薄，產線速度愈高，在相同的鍍鋅量下，線速愈高，氣刀氣體風壓須隨之升高，此時可適當提高氣刀高度<sup>[2, 3]</sup>。圖5為氣刀高度對鍍鋅飛濺剔退率之迴歸分析， $R^2$ 為50.3%，顯示氣刀高度與鍍鋅飛濺剔退率呈高度負相關性，即隨著氣刀高度的增加有助於減少鍍鋅飛濺之剔退率，但鋅液可能在被氣流刮平前即凝固下來，使氣刀刮除鋅液能力降低，衍生鋅層厚度控制不易之問題，故氣刀高度經評估採高於基準值20mm作為改善鍍鋅飛濺之最佳化設定。

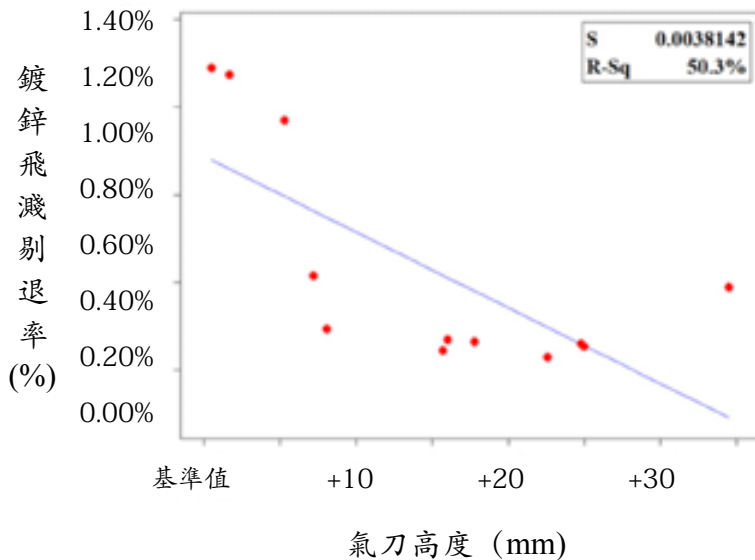


圖 5 氣刀高度對鍍鋅飛濺剔退率之迴歸分析

#### 4. 鋅槽溫度對鍍鋅飛濺之影響

依鍍鋅飛濺理論模型顯示，流體黏性增加將影響氣流刮除鋅液的能力<sup>[4, 5]</sup>，而含少量鋁之鋅液亦會將鋼帶表面溶出鐵原子，導致鋅槽中的鐵元素含量提高，相對產生鋅渣也愈多，使整體鋅液的黏度增加。而鋅槽溫度愈高，也會增加鐵在鋅液中的溶解度，而影響鋅液黏度<sup>[6]</sup>。圖 6 為鋅槽溫度對鍍鋅飛濺剔退率之迴歸分析， $R^2$  為 13.8%，顯示鋅槽溫度與鍍鋅飛濺呈正相關。而實際生產時，為維持鋅槽穩定以及鋅液中鐵-鋁-鋅化學反應之平衡，鋅槽溫度不宜變動過大，避免鋅渣類缺陷產生，考量生產穩定性並兼顧可操作性的，將鋅槽溫度穩定控制在基準值 (+0~+5)°C 的範圍內即可。

#### 5. 鋅槽元素對鍍鋅飛濺之影響

鋅液中的鋁含量會影響鋼帶表面鐵的溶解度，當鋁含量小於 0.20% 時，隨著鋁含量的增加，鐵的溶解量逐漸減少，有助於降低鋅液黏滯性，當鋁含量提升至 0.20% 時，鐵的溶解量為最小值；當鋁含量超過 0.20%

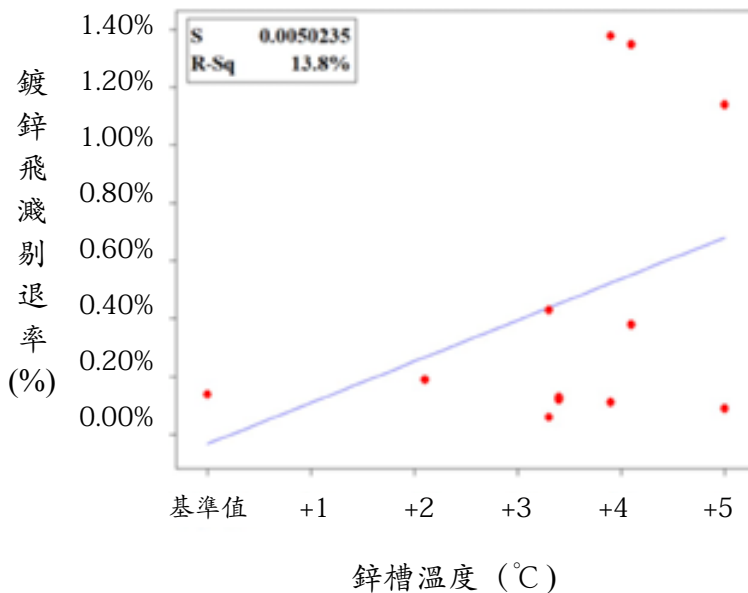


圖 6 鋅槽溫度對鍍鋅飛濺剔退率之迴歸分析

時，鐵的溶解量又逐漸增加，故一般會將熱浸鍍鋅之鋅液中鋁含量控制在 0.20% 以下。

2CGL 鋅液中鋁含量控制在 0.15~0.20%，圖 7(a) 為鋅液中鋁含量對鍍鋅飛濺剔退率迴歸分析，隨著鋁含量的增加，鍍鋅飛濺剔退率有減少趨勢， $R^2$  為 15.1%，即鋁含量的增加可提升鋅液的流動性，降低鍍鋅飛濺缺陷。而鋅液中鐵含量對鍍鋅飛濺剔退率迴歸分析顯示其  $R^2$  僅 4.9%，如圖 7(b)，即當鋅液中鋁含量控制在 0.15~0.20% 範圍內，而鐵含量則對於鍍鋅飛濺影響甚小。實際生產時，鋁含量高低會直接影響鋁 - 鋅化學反應之平衡，不宜變動過大，避免鋅渣類缺陷產生，考量生產穩定性並兼顧可操作性，將鋁含量穩定控制在 0.15~0.20% 的範圍內即可。

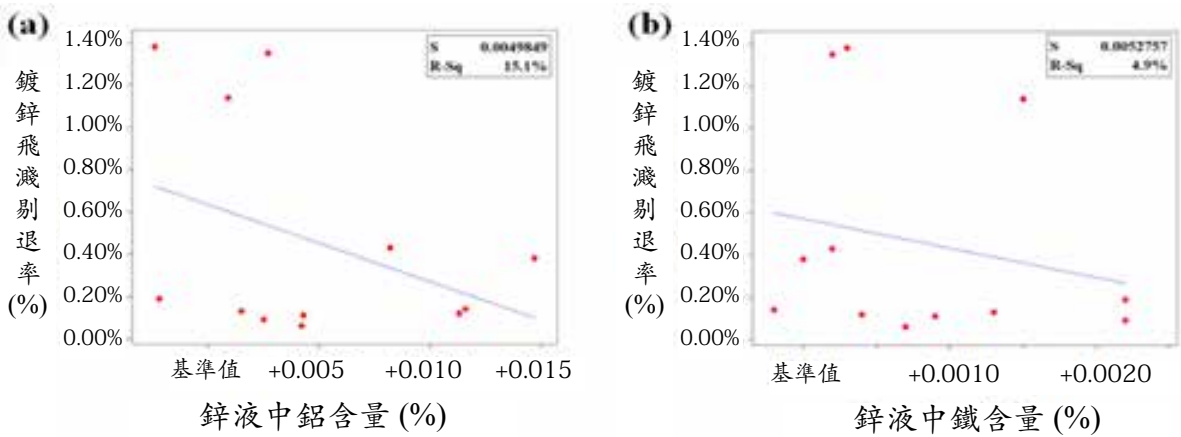


圖 7 鋅液中 (a) 鋁含量與 (b) 鐵含量對鍍鋅飛濺剔退率之迴歸分析

#### 四、結論

本研究發現於中鋼第二連續熱浸鍍鋅產線造成 GI 高表面品質電腦機殼與家電產品鍍鋅飛濺缺陷之主要影響製程參數為：氣刀風壓、氣刀高度、鋅槽溫度與鋅液鋁含量，考量連續熱浸鍍鋅產線生產穩定性與可操作性，改善對策主要採優化氣刀高度高於基準值 20mm 之最佳化設定。統計改善後鍍鋅飛濺剔退率由 0.45% 降低至 0.06%，改善幅度達 86%，已可有效改善鍍鋅飛濺缺陷。

#### 五、參考文獻

1. W. Aniszewski, Y. Saade, S. Zaleski, S. Popinet, Planar jet stripping of liquid coatings: Numerical studies, *Inter. J. Multiphase Flow* 132 (2020) 103399.
2. J. M. Buchlin, von Karman Institute for Fluid Dynamics, Brussels, 1997.
3. 李九岭、许秀飞、李守华，帶鋼連續熱浸鍍鋅生產問答，冶金工業出版社，北京，2011 年。

4. Y. Soshi, I. Yu, T. Hideyuki, Wiping effect of CGL on appearance of hot-dip coated steel sheets, JFE Tech. Report, No.41 (2018) 78.
5. 鄒穎，鍍鋅產線氣刀分析技術開發與應用，鑛冶，第 59 期，第 43 頁，2015 年。
6. 陈冬、卢楠、刘汇玲、李秀峰、金向雷，热镀锌用锌液悬渣处理剂及制备方法，中华人民共和国国家知识产权局，公开号 CN 101560607，2009 年。



## 宜蘭轉運站新建工程

李祐承

臺鍍科技股份有限公司 營業課長



起造單位：宜蘭縣政府  
設計單位：田中央聯合建築師事務所  
監造單位：田中央聯合建築師事務所  
施工單位：俊貿營造有限公司  
鋼構製造：茂良鋼構有限公司  
鍍鋅單位：臺鍍科技(股)公司  
鍍鋅總重：約 300 噸

## 一、前言

宜蘭自雪山隧道通車以來觀光人口增多，宜蘭轉運站年平均服務多達 300 萬旅次，原宜蘭臨時轉運站（簡稱舊站）空間逐漸飽和且硬體設備也不敷使用。為提供民眾及旅客有更舒適的轉乘空間與服務，經宜蘭縣政府配合都市周邊開發計畫，增取中央前瞻基礎建設及公路公共運輸多元推升計畫補助，於舊站原址擴大興建地上和地下各兩層建築物。

## 二、工程概要

轉運站工程於 107 年規劃設計，包含附屬設施及停車空間，地上建築作為客運售票處與候車民眾休息空間，並設有便利商店、親子廁所、無障礙照護床等友善設施；地下室則規劃為汽、機車停車空間，並搭載車牌辨識、電子票證等智慧化系統，提供民眾更為舒適與便利之服務。於 109 年 9 月開工，112 年 10 月完工啟用。工程總經費 5 億 2,400 萬元，由中央補助 2 億 2,400 萬元而宜蘭縣政府自籌 3 億元。

## 三、設計概要

宜蘭轉運站外觀採 3D 立體曲線造型、風雨長廊設計，建築物主體則採鋼結構，並利用空氣對流效果，以求氣候炎熱時保持通風涼爽，同時為增強地下室採光，規劃鏤空下挖式停車場設計，進而減少冷氣與照明設備所產生電力，為日後轉運站營運時達到節能減碳之效果。鋼結構以 STK490 鋼柱搭配 SN490 及 A572 Gr50 鋼橫梁為主，鋼柱為  $\text{Ø}500$  及 406mm、鋼梁為 600×300、600×200 及 400×200 之組合 H 或 RH。

## 四、防蝕設計

「竹風蘭雨」這句諺語，形容宜蘭的氣候再貼切不過，因受到東北季風的影響，宜蘭除 7~9 月外下雨機率高（降水量  $\geq 0.1\text{mm}$  年平均有 189.5 天），年平均相對濕度 80.7%，在常雨季、濕度高的環境下，腐蝕速率相對提升，然本工程對於鋼構防蝕之設計也不敢馬虎。本工程採用 SN490 與 STK490 鋼材組立而成，如圖 1 至圖 5 所示，鋼構防蝕方面則

採用雙重防蝕系統，利用熱浸鍍鋅工法（附著量須達  $600\text{g}/\text{m}^2$ ），再塗裝底漆、防火漆（防火時效 1 小時）與面漆，除耐蝕效果佳外，並符合消防法規之安全設計，可減少未來養護維修之成本。

## 五、結語

宜蘭的好山、好水、好風景，是民眾遠離塵囂、旅遊的好所在。宜蘭轉運新站的啟用，除提供民眾舒適便利的轉乘空間和完善的服務外，更解決原舊站腹地面積不足、停車不易、硬體設備老舊等問題，也整合國道客運、市區公車接駁路線，對於當地交通建設與觀光發展，實屬美事一樁！鋼構防蝕採用熱浸鍍鋅，更能體現設計單位的遠觀與智慧，將生命週期成本 (LCC) 納入設計考量，在易下雨、濕度高的宜蘭，除可增長鋼構防蝕年限外，更可減少未來養護維修費用。



圖 1 熱浸鍍鋅 H 鋼橫梁  
( $600\times 300\times 4.5\text{m}\sim 15\text{m}$ )



圖 2 熱浸鍍鋅圓管柱 ( $\text{Ø}406\text{mm}\times 5\sim 11\text{m}$ )



圖 3 吊裝作業 (一)



圖 4 吊裝作業 (二)



圖 5 鋼結構，經熱浸鍍鋅防蝕處理



圖 6 屋頂吊裝作業



圖 7 轉運站外觀



圖 8 轉運站雨庇 (熱浸鍍鋅後+防火漆)



圖 9 轉運站內部



圖 10 巴士停靠站及轉運站外觀

## 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	14.0×1.6×2.0	325桃園市龍潭區八德村八張犁55-4號	03-4792201	113.09.30
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	113.09.30
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	113.09.15
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	113.09.15
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	113.09.30
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	114.01.15
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	114.01.15
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	114.01.15
9	尚輝工業股份有限公司	13.0×2.0×3.2	338桃園市蘆竹區蘆竹里蘆竹街147號	03-3221411	114.05.15
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八路7號	04-7910255	114.05.23
11	邦凱工業股份有限公司	13.2×1.6×2.5	103台北市忠孝東路二段19號4樓	03-4837373	114.06.15
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	113.11.30
13	金正豐企業有限公司	13.0×1.6×3.2	505彰化縣鹿港鎮鹿工南三路28號	04-7811998	115.02.22

※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	陳嘉昌	財團法人金屬工業研究發展中心組長
副主任委員	羅俊雄	工業技術研究院正工程師
委員	鄭錦榮	前台灣電力公司綜合研究所主任

GALVANIZING ASSOCIATION

徵稿

- ※市場活動專述
- ※新產品、新觀念
- ※技術交流園地
- ※鍍鋅產業資訊
- ※鍍鋅專題報告

刊登廣告

- 封底：費用一萬八千元
- 封面裏：費用一萬五千元
- 封底裏：費用一萬二千元
- 內頁：費用一萬元

中華民國熱浸鍍鋅協會

TEL:(07)3320958

FAX:(07)3320960

E-mail:galvanat@ms53.hinet.net

## 熱浸鍍鋅結構物設計要點

### 密閉結構無法進行熱浸鍍鋅作業

中空構之製品，有密閉或未密閉氣流通孔之構造物。詳列在(440℃)之溫度約6.7g/cm<sup>2</sup>。鍍鋅在此時作用最大，所以結構物無法作業。

### 密閉結構物會產生爆炸之危險

焊座有缺陷之地方，水分會滲入內部後，在熱浸鍍鋅時其揮發量會達到3000倍以上，內部壓力會一瞬間上升到10個氣壓以上，也就會產生「水蒸氣爆炸」這件會發生危險，而導致會飛到工人身上，而造成工作人員之危險。

### 管件加工品

#### 材料加工法

①：良好構造之構造。  
 ②：管口大小面積30%以上開孔，若因結構未達到30mm以下，則必須開放45%以上。  
 ③：管口之形狀狀態，其在半徑180°之位置與角度。  
 ④：管口之位置與角度。  
 例：直徑150cm  
 A=半徑34mm B=高度38mm  
 C=直徑76mm D=半徑43mm

### 管件的加工法

每一開口部位，請務必留孔。  
 每一開口處之開口，內側應留實邊。  
 每一開口部位，請務必留孔。  
 每一開口處之開口，內側應留實邊。

### 二層加工之品

立體與平面加工部位，如圖所示應留孔。  
 造氣孔應可能在管內內，結構之大小管口應5~30mm，孔徑之大小，直徑×0.25，長度應以上。

### 型鋼加工品

#### 材料加工法

請加工此結構之大小，高150~384mm左右(標準型H-100~H-300之型鋼)。

#### 平面加工法

上圖之例，在每一轉角處，因會積留空氣各銹液，故在a-a和b-b之處開通氣孔。

#### 立體加工法

### 角管加工品

#### 平面加工法

請務必留孔，如圖所示可留此構造。  
 下蓋與側蓋留孔之例。  
 上蓋之氣孔開口位置。  
 另一方法。  
 高強度型鋼應留孔之位置之例。

### 重疊接合的製品

對銲時，焊座部位的開孔，詳列，應即水滲入，而在熱浸鍍鋅時產生酸平上，請注意其出內部的開孔，且要留意所會之水分而應進行之開孔，而從銲接部位而產生氣味。  
 所以不銲的接合部位，請儘量避免的開孔，而以全銲接接合，另外重疊之內部應留之開孔，其因不同厚度之開孔，銲接後可能會發生氣味，應留之開孔。

主要辦法(4種)  
 1. 1. 管口大小面積30%以上開孔。  
 2. 2. 管口之形狀狀態。  
 3. 3. 管口之位置與角度。  
 4. 4. 管口之位置與角度。

### 角箱和桶類之製品

開孔之大小，其決定通氣孔之數量，大小之不同，則通氣量不同，以熱浸鍍鋅之作業。

### 管徑內有補強板之製品

內側開口。  
 中間開口。  

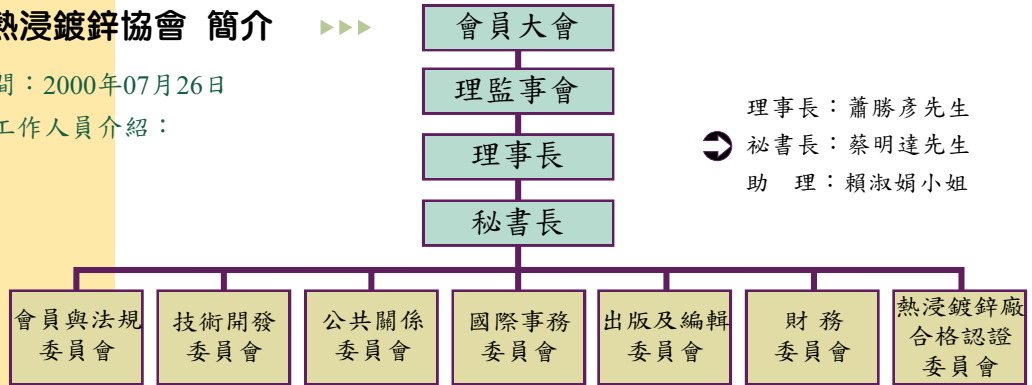
管口尺寸 (H×D)	中間開口之通氣孔之直徑
475以上	150以上
400~475	100以上
200~400	40以上

## 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：



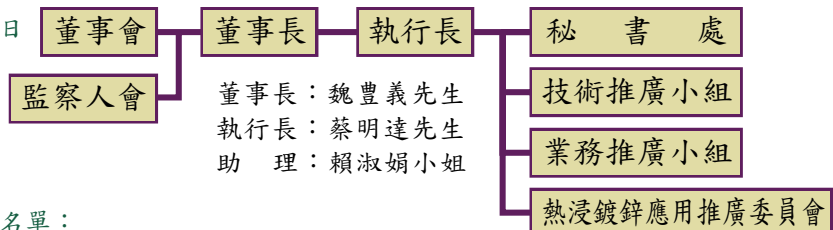
理事長：蕭勝彥先生  
 秘書長：蔡明達先生  
 助理：賴淑娟小姐

#### 三、第九屆理監事名單：

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	蕭勝彥	理事長	8	李家順	理事	15	邱琳濱	理事	22	王慶一	監事
2	戴晉平	常務理事	9	許皇義	理事	16	廖肇昌	候補理事	23	李文隆	監事
3	陳麒文	常務理事	10	彭振聲	理事	17	羅俊雄	候補理事	24	葉乙平	監事
4	梁銘倫	常務理事	11	林曜滄	理事	18	陳嘉昌	候補理事	25	陳益勝	監事
5	鄭錦榮	常務理事	12	鄭書恒	理事	19	卓宏信	候補理事	26	潘錫富	候補監事
6	鄭旭成	理事	13	宋昌國	理事	20	石建愉	候補理事			
7	石磊	理事	14	劉育明	理事	21	魏豐義	常務監事			

#### 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、第十一屆董事（監察人）名單：

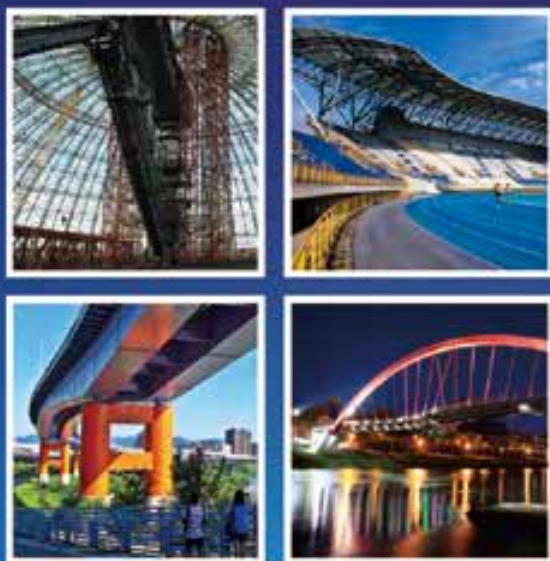
編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱
1	魏豐義	董事長	5	陳麒文	董事	9	戴晉平	董事	13	彭振聲	董事
2	李文隆	董事	6	潘錫富	董事	10	施漢章	董事	14	李家順	常務監察人
3	鄭添富	董事	7	蕭勝彥	董事	11	鄭錦榮	董事	15	胡文虎	監察人
4	鄭旭成	董事	8	王和源	董事	12	鍾自強	董事	16	張信	監察人

#### 協會、基金會聯絡處

住址：806024 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](mailto: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42週年 1980~2022



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 420 元、二年加收 840 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、鉦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。

現代營建雜誌社

電話：(02)2551-8906  
郵撥帳號：01510899

傳真：(02)2571-9333  
戶名：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



## 2024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(中度烘焙)，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>



### ISO 9001(2015年版)國際品質保證

- 📍 高雄市小港區永光街2-2號  
ADD:NO, 2-2 Yung-Kwang st. Kaohsiung Taiwan R.O.C.
- ☎ TEL:886-7-8068007 FAX:886-7-8062466
- ✉ E-mail:hen.shin@msa.hinet.net

- 鍍鋅槽尺寸：長13.0M × 寬1.8M × 高3.3M
- 處理能力：每月產能5000噸 單一構件最大負重15噸
- 自結構物到鋼管，各種形狀的鍍鋅構件都可以鍍作

岡山之眼



大連案

流行音樂中心



長光部落風雨球場



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

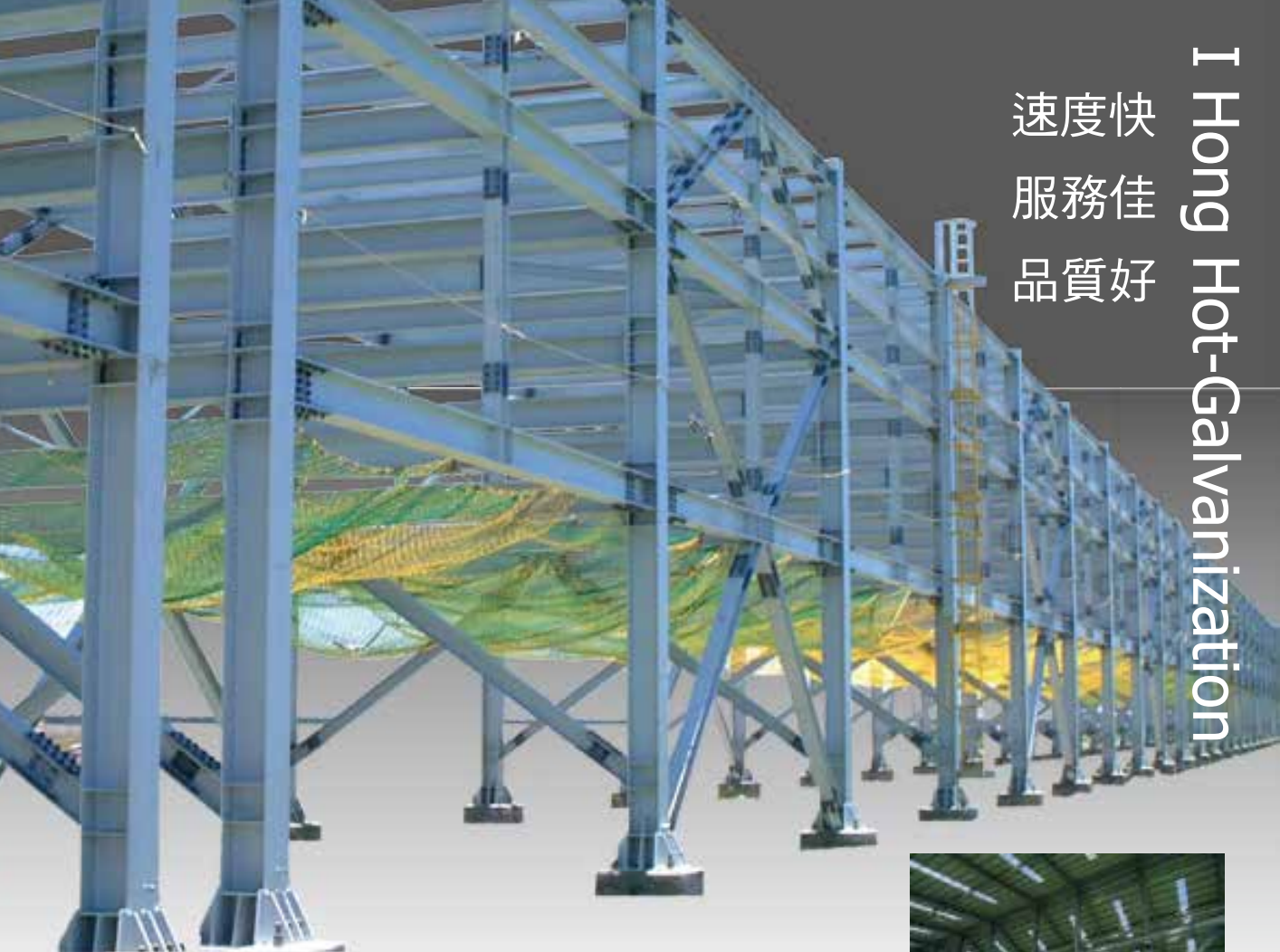
- 路燈、標誌桿、護欄板、鋼管、格子板、水溝蓋、熱交換器、桁架、鐵塔、電力電信構件、橋梁廠房等各類鋼構物。

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

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

## 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 ASAMI INDUSTRIES, LTD.



株式会社 トモエコーポレーション  
TOMOE CORPORATION



佐賀工業株式会社



高鐵車站天花板



輸電鐵塔



太魯閣砂卡槽溪鐵橋



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@rms34.hinet.net