

熱浸鍍鋅

趙焜堦題

2022/04

NO.77

<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

「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
 - ◎ 亞太熱浸鍍鋅協會視訊會議
 - ◎ 台中市政府 - 公共工程與熱浸鍍鋅防蝕技術研討會活動紀實
- 6 **第二單元** ▶ 生產技術及防蝕技術專題
 - ◎ 橋梁工程施工及鍍鋅防蝕之探討 - 以新北塔寮坑溪出口自行車道鋼構橋為例
 - ◎ 溫度對極低碳氮鋼鋅-5 wt%鋁連續式熱浸鍍層合金化反應的研究
- 32 **第三單元** ▶ 工程實績介紹
 - ◎ 高雄市漁電共生型太陽能光電系統
- 39 **第四單元** ▶ 2021年生產統計表
- 40 **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
- 41 **第六單元** ▶ 熱浸鍍鋅結構物設計要點
- 42 **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 ■ 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

2022/04
NO.77



高雄市漁電共生型太陽能光電系統

業主單位：永晟綠能股份有限公司
營造單位：皇嘉營造股份有限公司
鋼構製造：茂實工程有限公司
鍍鋅單位：易宏熱鍍鋅工業股份有限公司
鍍鋅數量：1,580公噸
完工日期：110年10月

廣告索引

- 封底 ▶ 力鋼
- 封面裡 ▶ 臺鍍
- 封底裡 ▶ 盟雅
- 4 3 頁 ▶ 鋼結構協會
- 4 4 頁 ▶ 現代營建雜誌社
- 4 5 頁 ▶ 前鋒日報社
- 4 6 頁 ▶ 亨欣
- 4 7 頁 ▶ 易宏
- 4 8 頁 ▶ 慧鋼

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！)

亞太熱浸鍍鋅協會視訊會議

秘書室

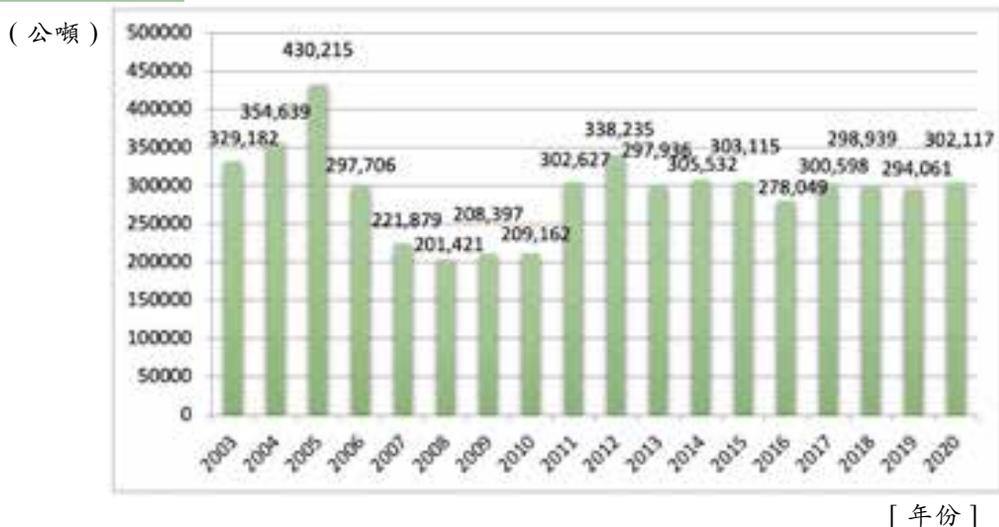
因受 COVID-19 疫情影響，三年舉辦一次的亞太熱浸鍍鋅會議及二年舉辦一次的歐洲鍍鋅會議都因此延期，全球鍍鋅業界定期的交流機會因此而暫停。因疫情對各會員地區影響不盡相同，本次由澳洲召集聯繫各會員，於 2021 年 10 月 19 日舉行視訊會議，由參加會員報告各個地區的近況及熱浸鍍鋅產業的發展狀況進行交流。

本次會議參加會員國家包括大陸、日本、澳洲、泰國、馬來西亞、台灣等，另外邀請國際鋅協會 (IZA) 亞太地區代表 BANU 女士及歐洲鍍鋅會議本次主辦國家義大利一同參加會議。

各會員依序報告疫情期間有關熱浸鍍鋅市場變化及工作推廣情形，台灣則由本會國際事務委員會副主任委員方志豪先生報告，報告內容說明如下：

一、歷年產量統計

全台灣本會共有 24 家熱浸鍍鋅工廠 29 條鋅線



歷年產量統計表 (統計 12 家鋅廠 18 條鍍鋅線)

二、依台灣地區統計產量(區分為北、中、南三區)



三、2020 年主要鍍鋅工程

Project name	Tonnage (tons.)
Datan power plant, No.8 & 9 boiler plant 大潭電廠	25,000
Taichung power plant, coal storage roofing and conveyer tower. 台中電廠	40,000
Tongxiao power plant. boiler plant 通霄電廠	4,690
Taiwan railway maintenance base (Chaozhou) 台鐵潮州維修基地	18,110
Golden gate bridge, steel bar 金門大橋	9,000
Tamkang bridge, steel bar 淡江大橋	5,200

各會員國家報告後了解，此次疫情對鍍鋅產業影響不大，但如何推廣熱浸鍍鋅應用是大家都要努力的方向，愈先進發達的國家熱浸鍍鋅的使用比例會愈高，以追求更高的生活品質。最後由歐洲鍍鋅會議主辦國義大利介紹，於2022年6月22日至24日於羅馬舉辦。亞太鍍鋅會議主辦國日本介紹，於2023年4月23日至27日於橫濱市舉辦，邀請熱浸鍍鋅產業相關人員、學者、專家、政府部門人員蒞臨參加。

台中市政府 - 公共工程與熱浸鍍鋅防蝕技術研討會 活動紀實

秘書室

台灣四面環海地處亞熱帶，為金屬易腐蝕的大氣環境，對於公共工程構造物的耐久性及週期壽命成本是一大考驗。市長盧秀燕非常重視台中公共工程的品質與永續性，該府建設局特與本會於 111 年 1 月 22 日（週六）假該府惠中樓 401 會議室舉辦「公共工程建設與熱浸鍍鋅防蝕技術研討會」，會議邀集產、官、學界專業人士及團體等專家學者共同研討，有助於從業人員了解熱浸鍍鋅在公共工程的應用和實務維修保養經驗探討，以減少公共工程維修及成本，維護台灣的有限資源，參加人員約 50 名。

建設局陳局長大田表示，鋼鐵材料是人類生活不可或缺的重要資源，台中市公共重大建案的鋼結構梁柱和電力五金都是鋼鐵結構，如台中國際會展中心、臺中市立圖書館新總館 - 臺中綠美圖及公共交通建設的護欄杆、號誌桿、使用近 20 年的虹揚橋、109 年全線通車的捷運綠線高架鋼構橋等，在公共工程大量使用鋼鐵結構的情況下，若產生腐蝕不僅影響都市美觀，也使公共安全存有疑慮，因此邀集本會技術專家，共同精進工程技術與維養經驗。

陳局長說，「熱浸鍍鋅」是相對便宜、有效、具經濟效益的大氣防蝕方法，鋅的特性不只可以包覆鋼鐵跟鋼鐵產生合金層，還兼具「犧牲陽極」的特性，當鋅與鋼鐵在一起，能使鋼鐵不生銹，達到保護鋼鐵的作用。

蕭創會理事長致詞時提到，2020 年世界粗鋼產量為 18.64 億噸，各種鍍鋅的鋼材約六百多萬噸，可見鋼材是人類不可或缺的重要資源。惟鋼材最大的致命傷是生鏽腐蝕，尤其是高溫高濕的亞熱帶地區，如四面環海的台灣，鏽蝕問題遠比世界各國嚴重，所以公共工程的防蝕就顯得非常重要。目前世界上最經濟最有效的大氣防蝕方法就是熱浸鍍鋅，如何讓百年大計、百年事業的公共建設延長生命週期，降低生命週期成本，減少維護支出費用是產官學界應該重視的課題。

研討會內容包括：本會何秘書長芳元主講「熱浸鍍鋅防蝕介紹」、臺鍍科技股份有限公司李課長祐承主講「熱浸鍍鋅在公共工程之應用」、台灣世曦工程顧問(股)公司林代理副總經理曜滄主講「熱浸鍍鋅鋼橋設計與案例追蹤探討」，綜合討論由李總工程師丁來主持，各與會人員發言踴躍，提出熱浸鍍鋅及防蝕技術問題，由三位講師作圓滿詳盡答復，其他若有業務上遇到臨時問題，可隨時向本會查詢，本會將立即作專業性回復。

建設局表示，此次研討會最大意義為公部門與專業團體、結構工程技師公會、土木技師公會之間的交流，透過技術研討及案例分享，期望各工程主辦機關、設計監造及施工廠商等，持續不斷精進台中市公共工程的品質、實用性和永續性，讓市民擁有更好的公共建設。



◀◀ 台中市政府建設局陳局長大田致詞



▼▶ 本會創會理事長蕭勝彥先生致詞



◀◀ 本會何秘書長芳元主講熱浸鍍鋅防蝕介紹





◀▼ 臺鍍科技股份有限公司李課長祐承主講熱浸鍍鋅在公共工程之應用



▼▶ 台灣世曦工程顧問(股)公司林代理副總經理曜滄主講熱浸鍍鋅鋼橋設計與案例追蹤探討



互贈紀念品

橋梁工程施工及鍍鋅防蝕之探討 — 以新北塔寮坑溪出口自行車道鋼構橋為例

楊宗珉¹、林柏宏²

¹ 新北市政府觀光旅遊局 副局長

² 新北市政府高灘地工程管理處 科長

摘要

一、鋼構橋之規劃設計緣起及目的

台北大漢溪左岸自行車道總長 24.7 公里，起點於三重，中途行經新莊、板橋、樹林、鶯歌等行政區，終點與桃園三鶯相連，平均每月超過上萬自行車族騎乘，使用率高。然穿越塔寮坑溪自行車道路段，原本使用重新堤外道既有道路路側空間，受限路幅致自行車道寬度不足 2m，民眾騎乘該路段雙向交會時容易發生危險。

新北市高灘處為提升安全自行車騎乘環境，改善新莊區塔寮坑溪至新海橋間約 1 公里的瓶頸段，營造友善安全之通行動線，包括在塔寮坑溪流入大漢溪左岸高灘地的明渠上，規劃建置一座淨寬 4m、長 54.2m 的雙向自行車道跨橋，以及於新海橋至新月橋間原自行車道寬度不足 3m 路段，拓寬至 4m 的雙向道，同時加強夜間照明系統及安全護欄，提供舒適安全之騎乘動線，並提升水岸自行車道的遊憩品質。

而該計畫之目的主要有：

- (一) 透過自行車路網串聯既有休憩運動資源，提升新莊區在地休憩品質。
- (二) 以永續發展為前提，在不破壞現地環境資源下導入自行車道拓寬工程及跨橋設施，以提升水岸自行車道遊憩品質。
- (三) 提供完善的環島路網規格，透過新月橋有效串聯環島 1 號線及大漢溪左岸車道往北可至淡水八里，往南可至桃園三鶯。

二、橋梁型式選擇

本自行車道橋的主要選擇有箱涵橋、預力混凝土橋、及鋼構橋三種，經過多次現場勘察、討論，並比較相關優缺點如表 1 所示，本計畫選擇鋼構橋的設計。

表 1 橋梁型式優缺點比較分析表。

橋梁型式	優點	缺點	備註
箱涵橋	結構簡單，不考量圍堰工程的箱涵本體較容易施工。	造型不佳，且本計畫的河床為軟弱淤泥，箱涵下緣需打設 PC 樁，施工圍堰及排水之施作困難、造價高。	比較適用於小型排水渠道，本計畫不適用
預力混凝土橋	1. 可採施工構台搭配兩側的橋墩圍堰施作。 2. 工期短可避開洪汛期。	1. 造型單調，兩側橋礎工下方仍需打設 PC 樁，費用較高。 2. 混凝土材料不易循環使用	不佳的替代方案
鋼構橋	1. 造型比較美觀。 2. 可採施工構台搭配兩側的橋墩圍堰施作。 3. 工期短可避開洪汛期。 4. 鋼構材料將來可回收循環使用。	鋼構需定期上漆保養。	優選

三、鋼構橋相關參數及施作之規劃設計

(一) 橋梁高程設計 (圖 1)

本鋼構橋位於塔寮坑溪出水口下游，大漢溪左岸高灘地的橫向排水渠道上，渠道寬約 54.2m，兩側高灘地平均高程約略等同大漢溪在該斷面的 2 年洪水位 EL 3.74m。本計畫的橋梁高程設計以不阻礙大漢溪的通洪斷面為主要考量，乃以兩側自行車道路面高程 EL 3.74m 微幅加高 0.5m 為橋梁鋪面的高程 EL 3.90m，此一高程遠低於大漢溪在塔寮坑溪出水口的 200 年洪水位 EL 10.73m，即此橋梁在 2 年以上的洪汛期間會完全淹沒在大漢溪河道中，且大部分結構位於橫向排水渠道內，不會阻礙大漢溪的通洪斷面。

在平時的塔寮坑溪出口明渠水位約為 EL 1.0m，因此介於 EL 2.0m~3.9m 的鋼構也不會浸泡在水中，即本鋼構橋也不會產生回水效應阻礙塔寮坑溪主流平時的排水功能。

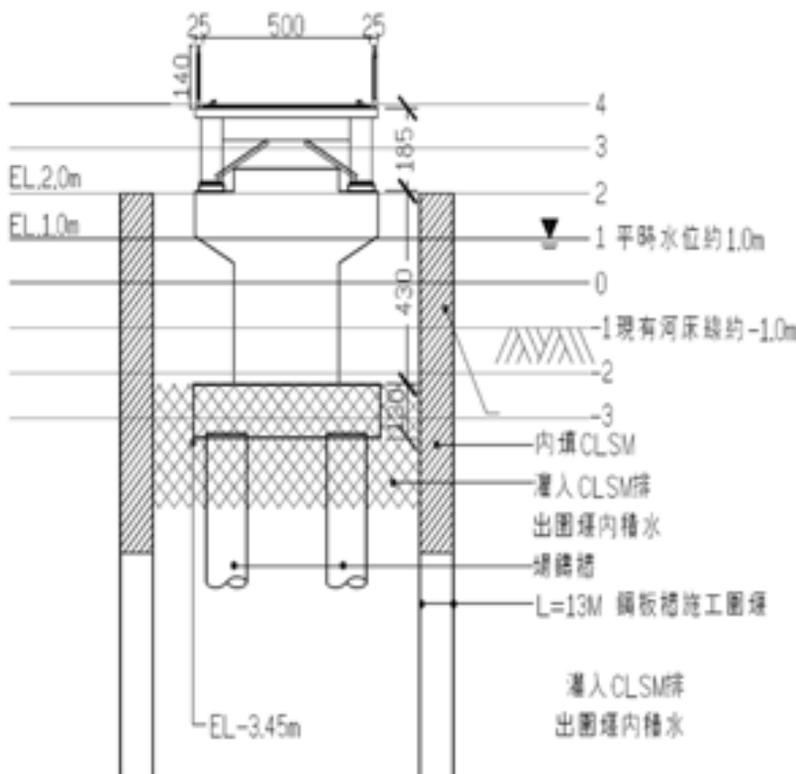


圖 1 橋梁橫斷面高程設計圖。

(二) 橋梁落墩設計 (圖 2)

塔寮坑溪出水口下游的渠道寬約 54.20m，其上方的鋼構橋落墩可以設計為 2 或 3 墩，若採用 3 墩，兩側跨距只有 27.10m，雖可以減少鋼構橋之構件尺寸降低工程費用，但渠道中央的落墩會造成一定程度的景觀衝擊，且其相關之地質鑽探、施工圍堰及墩座費用也較高。綜合考量上述因素，採間距 36.00m 的 2 座橋墩，再加兩側各 9.05m 的懸臂及 0.05m 的伸縮縫合計 54.20m 進行設計。

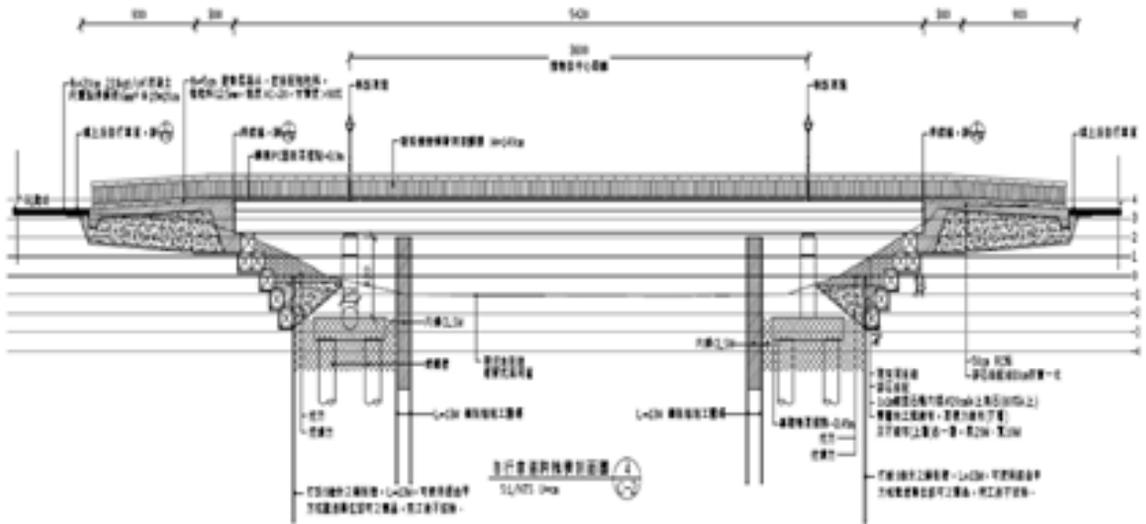


圖 2 橋梁縱剖面及落墩設計圖。

(三) 橋梁落墩之基礎結構設計 (圖 3)

依本計畫地質鑽探分析，在地面下 35m 附近才有中等緊密程度的粉土質細砂，有 20 噸 / 平方 m 的容許承载力，因此本計畫採用 4 支直徑 1.2m 長 35.0m 的場鑄混凝土基樁，基樁底部高程為 EL-38.45m，且以全套管方式施作，以降低粉土崩塌影響基樁品質的情況。

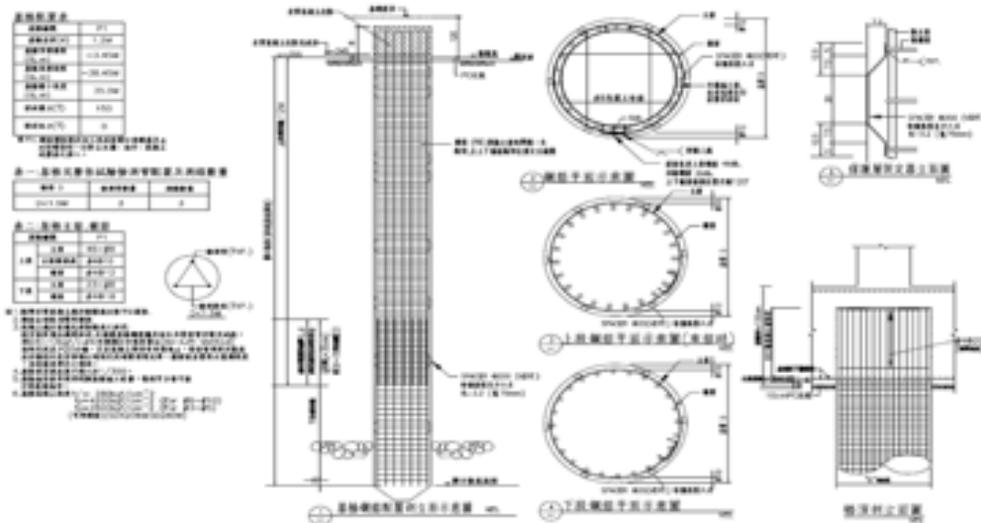


圖 3 橋梁場鑄混凝土基樁設計圖。

(四) 兩側進橋板的設計 (圖 4)

1. 說明

依本計畫的地質鑽探分析，兩側進橋板下方 2.80~3.70m 為夾雜有機物及建築廢棄物之砂質粉土，之後為軟弱至中等堅實稠度的粉土層，因此在短期內若有重型車輛通過進橋板，會產生立即性沉陷，考量本自行車道橋梁的設計只允許防汛車輛行駛，為節約工程費用，不建議在兩側進橋板下方進行地質改良或打設 PC 樁增加承载力。

2. 對策

- (1) 增大進橋板面積為 8m 寬、12m 長以分散土壓力；
- (2) 進橋板下緣約 2m 範圍內之土壤更換為碎石級配，且每 30cm 逐層夯實；

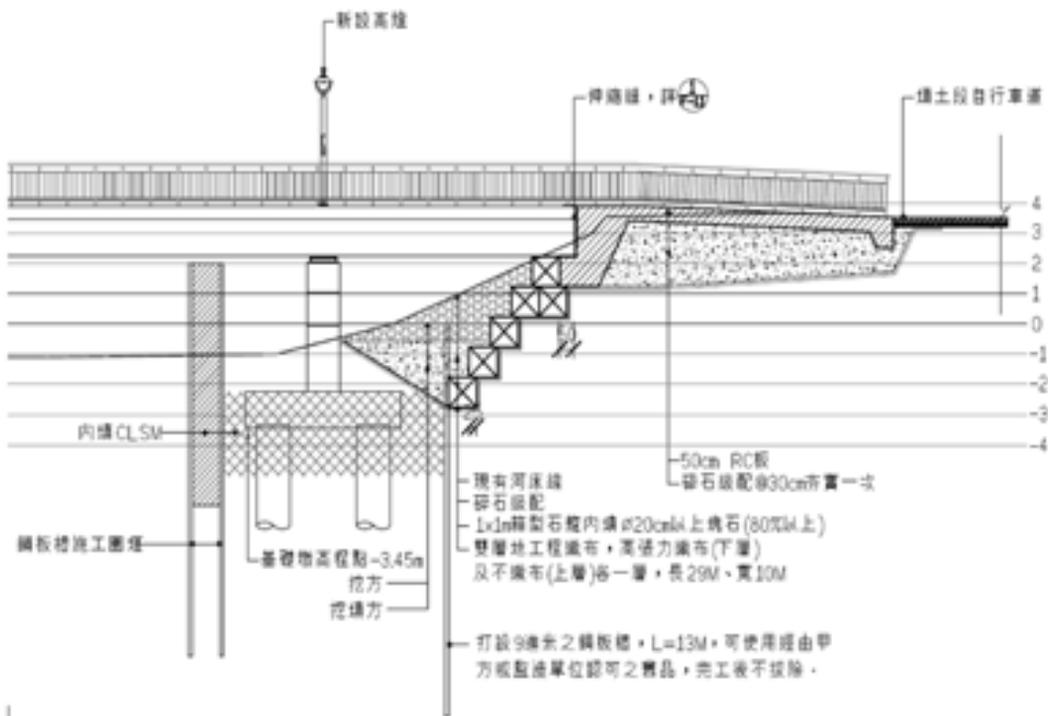


圖 4 橋梁進橋板設計圖。

- (3) 外緣再以鋪設不織布的石籠工保護渠道邊坡，防止細顆粒流失；
- (4) 進橋板前方的 13m 鋼鈹樁打設後不拔除，當作永久結構，以避免拔除鋼鈹樁時之震動，及拔除後之孔洞閉合產生側向位移甚至滑動。

3. 檢討

依工地監造工程師的回報，承包商在進橋板完工後以載滿鍍鋅護欄的大型施工車輛行駛通過之後，下遊側的進橋板產生約 2~3cm 的沈陷，但經過約 2 星期的觀測一直保持穩定沒再沈陷，因此承包商刨除原 AC 鋪面後重新鋪設整平。研判將來或許還會有進一步的微小沈陷，但不會危及進橋板的穩定。

(五) 鋼構橋塗裝設計

為了降低本鋼構橋的維修需求，採用比較耐鏽蝕的熱浸鍍鋅及一底二塗的面漆保護，鋼構橋塗裝相關要求如下：

1. 本鋼橋工程之結構鋼、加強板及其他外露之零星工料均需熱浸鍍鋅，其鍍鋅層附著量在主結構部分要大於 705g/m^2 ，膜厚大於 $100\mu\text{m}$ 。
2. 本鋼橋工程之高拉力螺栓 ASTM A325 Type 1 皆須經熱浸鍍鋅處理，其鍍鋅層附著量要大於 380g/m^2 ，膜厚大於 $50\mu\text{m}$ ，熱浸鍍鋅螺栓孔之孔徑配合熱浸鍍鋅膜厚的增加，需酌以加大約 $0.2\sim 0.5\text{mm}$ 左右，且須採用經機械鍍鋅的直接張力指示器以確保各螺栓鎖緊之扭力值。
3. 圖 5 及表 2 為熱浸鍍鋅皮膜斷面顯微組織層分佈說明，其最上層的 Eta 層幾乎為純鋅只有 70 DPN 硬度，易受碰撞而凹陷，但下層之 Zeta 及 Delta 分別有 179 及 244 DPN 比鋼材的 159 DPN 硬度還高，故其抗衝擊及抗磨耗性能均相當良好。

因此，主梁銜接點相互接觸面之鍍鋅層需以以 25 μ m 磨料進行約 40 秒左右的噴砂作業，移除約 25~50 μ m 的 Eta 鍍鋅層以增加其磨擦係數，若在工地進行，建議採用濕式噴砂作業，以免造成環境汙染。完成鍍鋅作業後先施以 50 μ m 環氧樹脂底漆，但要避開鋼樑銜接處；完成鋼構組裝後再施以兩層各為 25 μ m 之面漆。

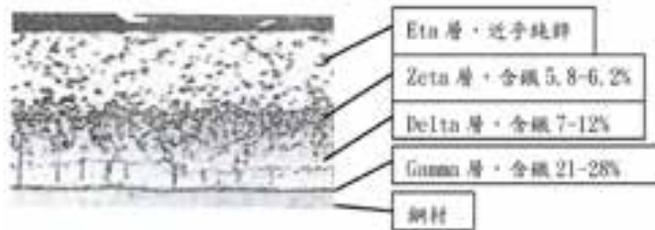


圖 5 熱浸鍍鋅皮膜斷面顯微組織。

表 2 各層熱浸鍍鋅皮膜斷面之物理特性表。

層	化合物	% 鐵	密度	硬度值	性質說明
Eta	Zn	≤ 0.03	7.14	70DPN 300-500MPa	為稠六方晶系，質軟，富延展性，加工不易破裂。
Zeta	FeZn ₁₃	5-6	7.18	179DPN 1800-2700MPa	為顯著單斜系柱狀組織。
Delta	FeZn ₇ ， FeZn ₁₀	7-12	7.25	244DPN 2500-4500MPa	為緻密合金層，構造複雜、富韌性及延展性。
Gamma	FeZn ₃ ， FeZn ₁₀ ， FeZn ₂₁	21-28	7.36	4500-5500MPa	為薄分子層，緊貼於鐵基表面。
鋼材				159DPN	

(六) 假設工程設計 (圖 6)

本計畫的假設工程包括橫跨明渠的施工構台及兩側橋墩的施工圍

堰，分別說明如下：

1. 橫跨明渠的施工構台

本計畫設計橫跨明渠的 8m 寬施工構台，可同時提供 2 部預拌水泥車之作業需求，滿足圍堰內大量 CLSM 的澆灌作業，同時做為鋼構橋的組裝場所，並方便後續由兩側吊車執行的吊裝作業。

2. 兩側橋墩的施工圍堰

考量明渠底床均為淤泥，若在施工圍堰內填築壤土不易夯實，恐將無法承受施工機具的載重，因此本計畫採澆灌 CLSM 方案，完工後再挖除填築至自行車道沿線凹陷處或運棄至土資場。

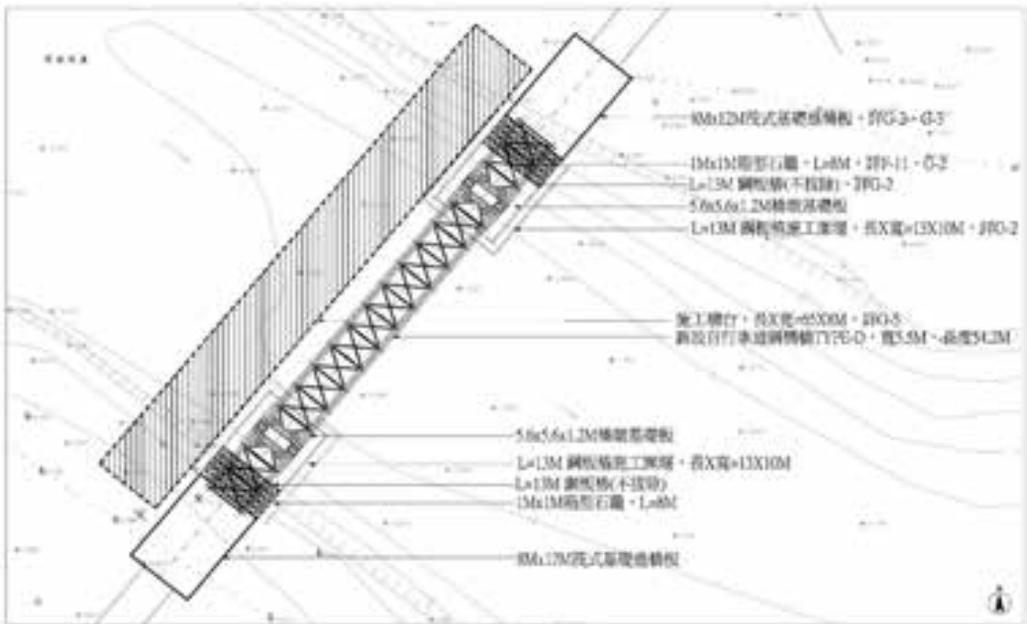


圖 6 橋梁施工構台及橋墩施工圍堰設計圖。

四、水力分析

本計畫佈設自行車道及自行車道跨橋後，經水力計算，大漢溪斷面 32 至斷面 43 區段之 Q200 水位僅在斷面 40(25k+450) 上升 0.01m，其餘斷面皆無變化，且其水位皆位於現況左右岸如表 3 所示。

大漢溪出水高為 1.5m，依據「申請施設跨河建造物審核要點」第七條規定「其墩前壅高不得超過該河段出水高之百分之十」即為 0.15m，本計畫僅於斷面 40 上升 0.01m 符合相關規定。

表 3 大漢溪現況及方案通水能力檢討表。

樁號	河心距	現況左岸	現況右岸	Q200 現況 斷面水位	Q200 方案 斷面水位	備註
32	20280	10.96	11.08	9.72	9.72	
33	20870	11.48	11.18	9.75	9.75	
34	21500	11.59	11.39	9.94	9.94	
35	22140	11.49	11.42	10.09	10.09	
36	22780	11.59	11.48	10.25	10.25	
37	23480	12.18	11.83	10.58	10.58	
37.04down	23760	13.05	11.98	10.73	10.73	塔寮坑溪下游
37.04up	23840	13.05	11.98	10.75	10.75	塔寮坑溪上游
38	24240	12.22	12.62	10.8	10.8	
39	24740	12.36	12.61	11.01	11.01	
40	25450	12.23	12.77	11.51	11.52	
41	26190	12.98	13.29	11.86	11.86	
42	26814	14.67	14.29	12.1	12.1	
43	27214	14.39	14.28	12.25	12.25	

六、施工作業相關照片集錦

(一) 橋墩施工圍堰施作及基樁打設(如圖 9~圖 12)

經與工地主任探討橋墩施工圍堰之設計，基本上相當合乎其作業需求，外圍雙層圍堰 1m 的寬度設計，雙層圍堰內的河床淤泥無法以抽水機抽排或機具挖除，而直接在淤泥上澆灌 CLSM 後，圍堰內仍有滲漏水問題，惟在圍堰內第一階段澆灌的 CLSM 固結後，工作人員便可以進入圍堰內用布料塞縫止水，再以抽水機降低堰內水位後澆灌第二階段的 CLSM 至設計高程，順利完成橋墩施工圍堰的施作並進行後續基樁打設作業，回顧此圍堰的設計，工地主任認為相當合於本計畫的需求，沒有改善的必要。



圖 9 橋墩施工圍堰打設。



圖 10 橋墩施工圍堰外圍澆灌 CLSM。



圖 11 橋墩內澆灌 CLSM 並進行基樁施作。



圖 12 橋墩完工後外觀。

(二) 鋼構橋加工、鍍鋅、組合及吊裝 (如圖 13~圖 17)

本鋼橋工程兩側主梁需依圖面銲接成型，鋼橋分成五段分別完成其



圖 13 鋼構銲接作業。



圖 14 鋼橋熱浸鍍鋅作業。



圖 15 鋼構在工地組裝 (1/2)。



圖 16 鋼構在工地組裝 (2/2)。



圖 17 鋼構吊裝作業。

熱浸鍍鋅後，運至工地的施工構台上完成組裝作業，並以兩部各有 200 噸吊力的吊車將組裝好重約 119 噸的鋼構橋吊放到橋墩上。

(三) 完工通車 (如圖 18)

本計畫於民國 109 年 3 月 20 日開工，於 110 年 2 月 23 日完工通車，工程完工全景如相片 10，包括兩側自行車道的結算工程經費為新台幣肆仟參佰肆拾餘萬元，而鋼構橋本身的工程經費約為新台幣兩仟壹佰多萬元。



圖 18 完工通車照。

溫度對極低碳氮鋼鋅 -5 wt% 鋁連續式熱浸鍍層合金化反應的研究

王光國¹、許瓊文²、張六文¹

¹ 中山大學材料與光電科學學系

² 中山科學院材料暨光電研究所

摘要

本研究探討合金化溫度對極低碳氮鋼(IF鋼)的鋅-5wt%鋁(Galfan, 以下簡稱GF)熱浸鍍層的合金化反應與鍍層結構的影響,以建立鋼材最適當的合金化製程參數。研究結果顯示可確認GF鍍層在550~600°C合金化處理後,生成以 δ 相為主,以及在表面有少量的 Φ 相(FeAl)與鋅鐵界面有少量 Γ_1 相的合金層結構,與傳統低鋁鋅層的合金化層的結構類似。合金化反應之前的預熱溫度確實會影響後續的合金化反應速率,當預熱溫度較低(360°C)時,需在較高(600°C)的合金化溫度得到以 δ 相為主的合金層組織。當預熱溫度升高至440°C時,合金化溫度可降至550°C,仍可得到以 δ 相為主的合金層。最後,實驗結果也證實熱機模擬儀可用來模擬合金化反應,且大幅縮短實驗時間。

一、前言

因應未來車體(身)持續減重的需求,全世界的鋼廠與學術界均致力於開發高強度(>1000 MPa)、高延伸率(>20%)的第三代先進高強度鋼。這種第三代先進高強度鋼添加大量的錳、鋁或矽,以得到次微米的複相組織,使鋼材擁有優異的強延積(抗拉強度x延展性)。然而,在連續退火時,添加的合金元素會在鋼材表面優先氧化,形成厚度約50~100 nm且緻密的氧化層。在連續式熱浸鍍鋅處理時,目前鋼材熱浸鍍鋅所使用的鋅浴鋁含量(0.10~0.30 wt%)偏低,無法有效地還原表面氧化層,使

得鍍鋅層附著性不佳，使鍍層出現大面積未鍍點缺陷。為了克服此一問題，提高鋅浴鋁含量，以加速鋁熱還原反應是可行的對策之一。

由於合金化鍍層具有優異的加工性，因此廣泛的應用於汽車鋼片的表面處理。然而過去學界與業界卻少見針對高鋁含量鍍層合金化反應的研究，主要是由於高鋁含量鍍層需要較高的合金化溫度，且組織的控制不易，在沒有應用需求推動的情形下，自然不易導引相關的研究進行。然而，由於高鋁含量鍍層可能成為第三代先進高強度鋼的熱浸鍍鋅處理的對策，因此深入探討高鋁鍍層的合金化反應遂成為亟需進行的研究之一。過去文獻對於高鋁含量鍍層的合金化反應研究極為有限 [1-9]。本研究將以 IF 鋼 (Interstitial-free steel) 作為研究的底材，探討合金化溫度對浸鍍於 IF 鋼上的 5 wt% 鋁連續式鍍層合金化反應之影響，以利奠定應用於先進高強度鋼之基石。

二、鋼材與研究方法

本研究使用冷軋的 IF 鋼 (約 1mm 厚) 為底材，將鋼材裁切成 200mm×120mm 的試片，經清洗後再利用熱浸鍍鋅模擬器 (Iwatani HDS) 進行連續退火與鍍鋅實驗 (Galvanizing, GI)。試片在露點 -30°C 的氣氛 (95%N₂+5%H₂) 中，先以每秒 5°C 之速率升溫至 800°C 並恆溫退火 60 秒，再以每秒 15°C 速率降溫至 460°C 持溫 60 秒後，浸入鋁含量為 5 wt.% 的鋅浴中停留 3 秒，之後試片立即抽離鋅槽，並利用高壓氮氣將多餘的鋅液吹除，以控制鍍鋅層厚度約 10μm。之後將鍍鋅試片裁切成 200mm×10mm，以熱機模擬儀 (Gleeble 1500) 進行合金化處理 (Galvannealing, GA)。合金化處理的模擬製程，係以每秒 5°C 速率將試片分別升溫至 360°C、400°C 或 440°C 並持溫 60 秒，進行合金化預熱 (T1) 處理，再以每秒 30°C 速率分別升溫至 550°C 或 600°C，持溫 20 秒，進行合金化反應 (T2) 處理，之後空冷至室溫。本實驗所有的合金化處理的參數與試片編

號如表 1 所示。

試片以 X 光繞射儀 (Bruker-AXS D8 Discover) 以低掠角 (Grazing incidence diffraction)_GID) 模式進行合金層的合金相分析 (2 θ 範圍從 20° 至 80°)，再利用掃描式電子顯微鏡 (SEM, Zeiss SUPRA 55) 觀察合金層表面形貌 (合金相晶粒尺寸與形狀) 和橫截面 (合金相厚度) 顯微組織，組織影像以二次電子影像 (Secondary Electron Image, SEI) 呈現。

表 1 IF 鋼合金化處理的參數與試片編號對照一欄表。

合金化預熱溫度 (T1)	合金化預熱時間	合金化溫度 (T2)	合金化時間	試片編號
440°C	60s	600°C	20s	IF-HE600
440°C		550°C		IF-HE550
400°C		600°C		IF-ME600
400°C		550°C		IF-ME550
360°C		600°C		IF-LE600
360°C		550°C		IF-LE550
※IF:IF 鋼；LE: 預熱溫度 360°C；ME: 預熱溫度 400°C；HE: 預熱溫度 440°C。				

三、結果與討論

(一) 合金相分析

由於熱機模擬器不同於熱浸鍍鋅模擬器的連續合金化處理，無法連續模擬 GI/GA 反應，而是在試片完全冷卻至室溫後，再以電阻式加熱將試片升溫至預定溫度。考量其加熱方式與鋅、鐵電阻的差異，試片表面的鋅層溫度與內部溫度可能並不一致，因此本研究將設計預熱處理，探討不同預熱溫度對合金化反應的影響，以利找出最接近熱浸鍍鋅模擬器的模擬效果，俾利後續熱機模擬實驗結果能重現現場的 GA 合金化製程。

圖 1 為 IF 鋼在不同預熱溫度後進行 600°C 合金化反應之 XRD 繞射圖譜，結果發現三種溫度預熱與合金化之後，鍍層都已完全合金化，沒有鋅的殘留。從繞射峰強度來看，合金化反應速率最快的是 IF-ME600，其次為 IF-HE600 與 IF-LE600。其中，IF-ME600 的合金相的生成是以 $\Gamma_2(\text{Fe}_{11}\text{Zn}_{40})$ 與 Φ 相 (FeAl 為主，以及少量 $\Gamma_1(\text{Fe}_3\text{Zn}_{10})$)。此合金層生成過厚的 $\Gamma_{1/2}$ 相，容易使鍍層在加工成形時發生粉化 (powdering) 與剝離 (flaking) 的現象。而 IF-HE600 與 IF-LE600 的合金相生成是相同的，以 Φ 與 $\delta(\text{FeZn}_{10})$ 相為主，以及少量的 $\Gamma_{1/2}$ ，這是屬於較理想合金化鍍層組成。圖 2 為 IF 鋼在不同溫度預熱後，在 550°C 進行合金化反應後之 XRD 繞射圖譜，從反應生成相的比例來看，其合金化反應速率最快為 IF-HE550，主要生成相以 Φ 與 δ 相，以及少量 Γ_1 與 $\eta(\text{Fe}_2\text{Al}_5)$ 相。其次為 IF-LE550 與 IF-ME550，兩者其反應生成相皆以 $\zeta(\text{FeZn}_{13})$ 相為主，以及少量 η 與 Φ 相。其中，IF-ME550 殘留的鋅層量最多，因此合金化反應較其它兩者慢。從目前的結果來看，可確認高 5% 鋁鋅層合金化反應生成的鐵鋅相順序與傳統低鋁含量的鋅層是一致的。唯一差異是 Φ 相生成於合金層表面，這是在過去文獻中尚未報導過的現象。

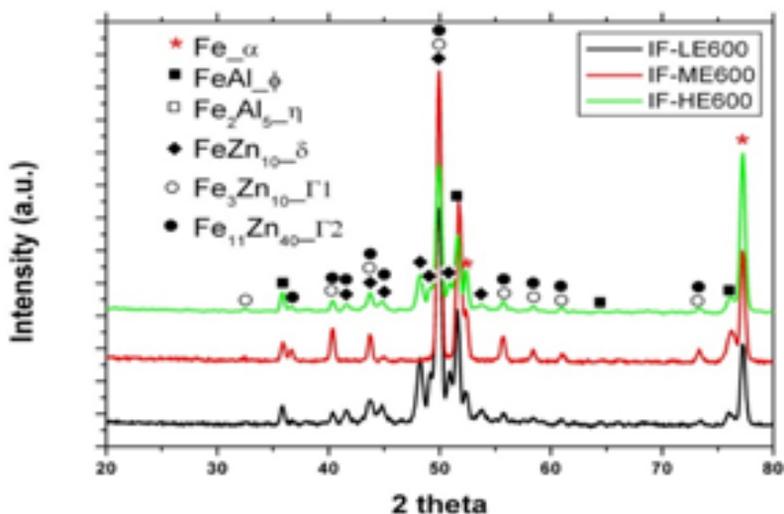


圖 1 IF 鋼在不同預熱溫度後進行 600°C 合金化反應之 XRD 繞射圖譜。

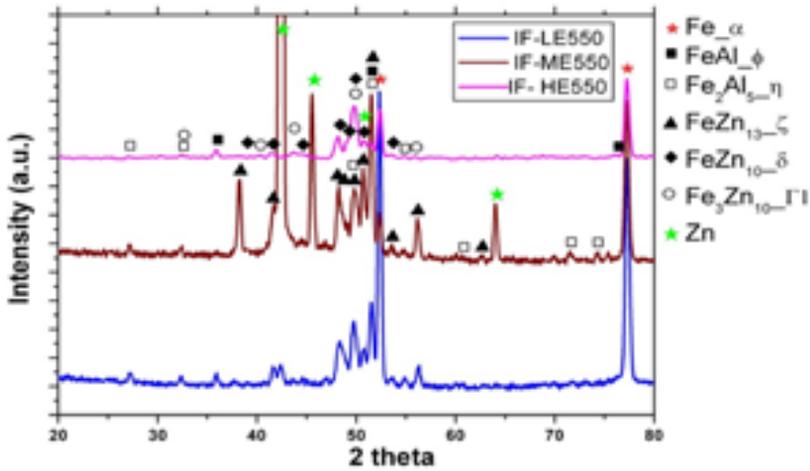


圖 2 IF 鋼在不同預熱溫度後進行 550°C 合金化反應之 XRD 繞射圖譜。

表 2 IF 鋼合金化處理之生成相一覽表。

合金化處理方式	試片編號	主要生成相	次要生成相
熱機模擬儀	IF-HE600	δ/Φ	Γ_1/Γ_2
	IF-HE550	δ/Φ	Γ_1/η
	IF-ME600	Γ_2/Φ	Γ_1
	IF-ME550	ζ	η/Φ
	IF-LE600	δ/Φ	Γ_1/Γ_2
	IF-LE550	ζ	$\eta/\Phi/\delta$

表 2 為根據 XRD 的分析結果整理個別 IF 鋼合金化處理之生成相一覽表。

一般來說，傳統上較理想的合金層結構以體積百分比是 10% ζ :85% δ : 5% $\Gamma_{1/2}$ 。依據目前結果來看，IF-HE600、IF-HE550 及 IF-LE600 這三個條件是可以獲得較近似符合傳統的合金層結構。另一方面，從相的生成順序來看，鐵鋁相與鐵鋅相的生成是符合熱力學的結果；鐵鋁相是由 η 相最先生成（因具有最大的生成熱與最低成長活化能），再生

成 Φ 相，而鐵鋅相生成順序則為 $\zeta \rightarrow \delta \rightarrow \Gamma_1 \rightarrow \Gamma_2$ 。若比較鐵鋅相與鐵鋁相的生成速率，可確認在合金化溫度介於 $550\sim 600^\circ\text{C}$ 的範圍之間， η 與 ζ 相幾乎都是同時生成的。

(二) 合金層外觀

圖 3 為 IF 鋼利用熱機模擬儀進行合金化反應後的試片外觀，圖中以熱電耦位置為中心，向左右各延伸約 2~4 公分的範圍為合金化反應均溫區，分析的取樣位置在熱電耦鉗點左右 2 公分範圍內。從肉眼可直接觀察到 IF-ME550 與 IF-LE550 兩條件的合金化反應不足，其完全呼應 XRD 的結果，仍有鋅的殘留。其它的條件則發現鋅層已完全合金化反應。與傳統的 IF 鋼 GA 試片色澤比較時，IF-HE550、IF-HE600 及 IF-LE600 的條件最貼近傳統 IF 鋼合金層的淺灰色，而 IF-ME600 則因過度合金化反應顯得較深灰色。

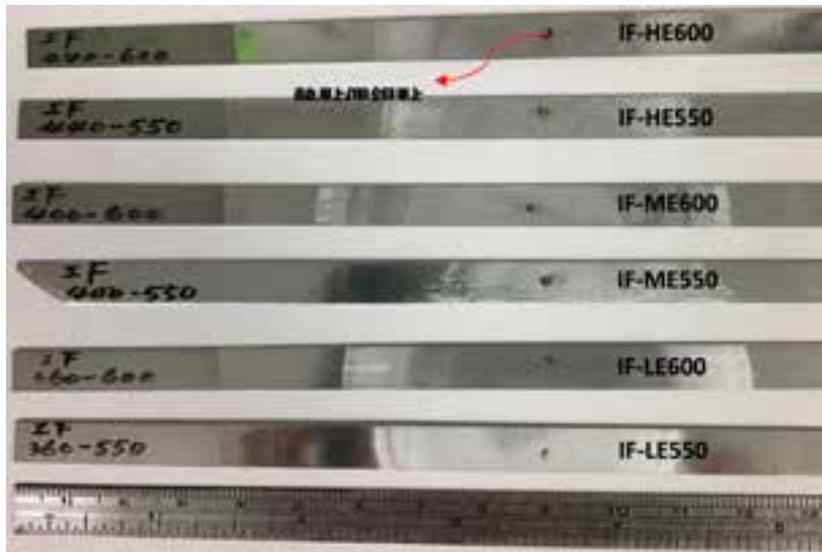


圖 3 IF 鋼以熱機模擬儀模擬合金化反應後之試片外觀。

(三) 合金層表面微結構

針對已合金化反應的試片，進一步觀察其合金層之表面微結構形

貌。圖 4 為 IF-HE600 試片之表面形貌；(a) 與 (b) 分別是均溫區域的低倍與高倍影像，從低倍影像可觀察到相當均勻的合金層，但仍有些坑洞產生。高倍影像中，可清楚觀察到合金層仍是由 δ 相 (多面體) 與 Φ 相 (球狀) 所組成， δ 相的粒徑超過 $2\ \mu\text{m}$ ，而 Φ 相粒徑則小於 $1\ \mu\text{m}$ 。當對照於低倍影像時，可發現深灰色區域含有較大量的 Φ 相，而較淺灰色區域則以 δ 相為主。圖 5 為 IF-HE550 試片之表面形貌；(a) 與 (b) 分別是均溫區區域的低倍與高倍影像，從低倍影像仍可觀察到均勻的合金層，同時產生一些坑洞，與 IF-HE600 結果雷同。但在高倍影像中，觀察到的合金層多以 δ 相為主， Φ 相的含量則相對變少，整體結構上比較緻密完整。兩相在粒徑的分布範圍也是與 IF-HE600 的條件相似。

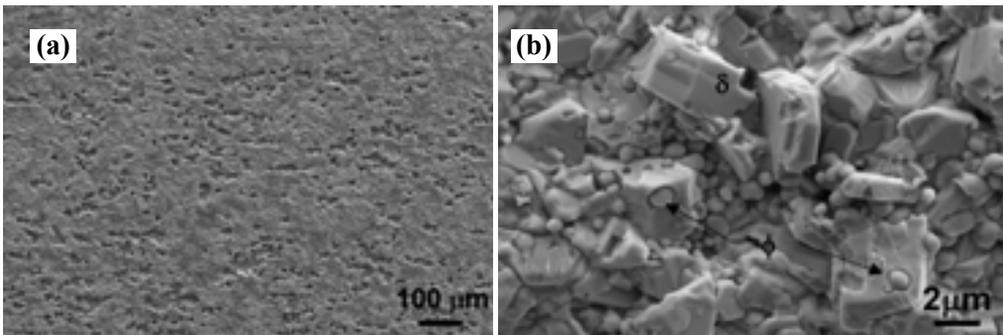


圖 4 IF-HE600 試片之表面形貌：(a) 低倍 SEI 影像，(b) 高倍 SEI 影像。

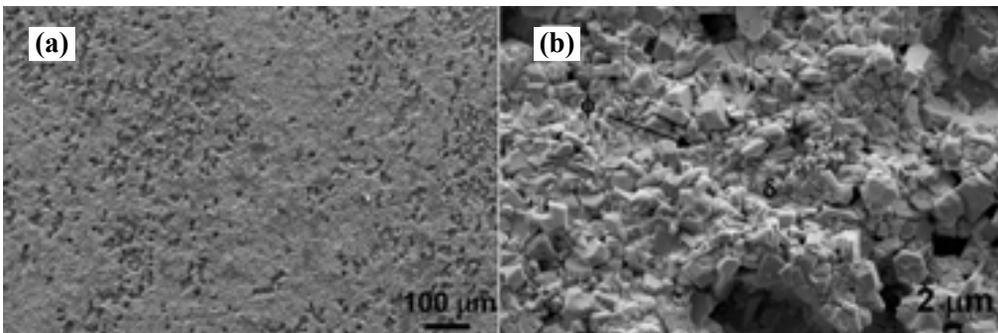


圖 5 IF-HE550 試片之表面形貌：(a) 低倍 SEI 影像，(b) 高倍 SEI 影像。

圖 6 是 IF-ME600 試片之表面形貌；(a) 與 (b) 分別是均溫區的低倍與高倍影像，從低倍影像可觀察到合金層相當均勻，且坑洞變少。從高倍影像中，發現表面是由 Γ_1 (山丘狀) 與聚集的 Φ 相 (球狀) 混合組成，有部分的 Φ 相被 Γ_1 相所包覆住。就晶粒尺寸上， Γ_1 相的介於 $5\sim 10\mu\text{m}$ ， Φ 相則無顯著變化，但是 Φ 相比例變高。

圖 7 為 IF-ME550 試片之表面形貌；(a) 與 (b) 分別是均溫區的低倍與高倍影像，結果很明顯合金化反應不足，表面形貌凹凸不平。高倍影像可觀察到少量 η 相與 ζ 相生成，其餘為尚未反應的鋅層，球狀 Φ 相則尚未生成，此結果正好呼應 XRD 的結果。依此可推論合金化反應是先生成 η 相，再生成 Φ 相。因 η 相的密度 ($3.96\times 10^{-6}\text{ kg/m}^3$) 更低於 Φ 相 ($5.58\times 10^{-6}\text{ kg/m}^3$)，因此當鋅層熔融時，比 Φ 相更易懸浮至表面。

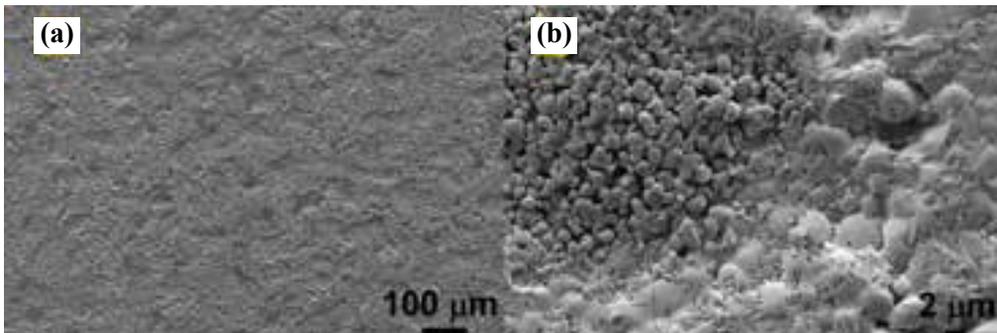


圖 6 IF-ME600 試片之表面形貌：(a) 低倍 SEI 影像，(b) 高倍 SEI 影像。

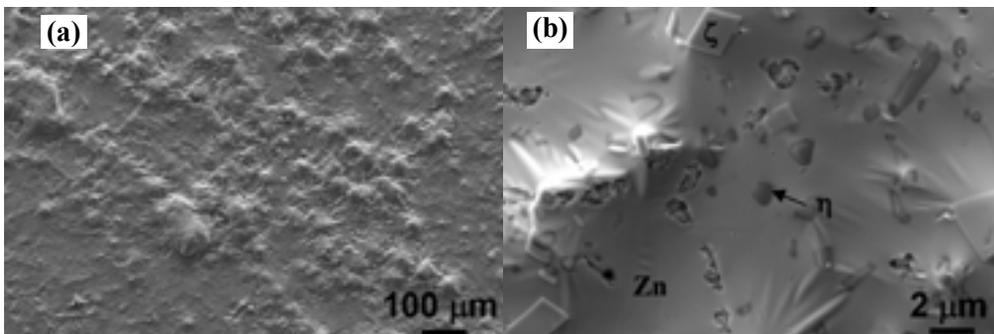


圖 7 IF-ME550 試片之表面形貌：(a) 低倍 SEI 影像，(b) 高倍 SEI 影像。

圖 8 為 IF-LE600 試片之表面形貌；(a) 與 (b) 分別是均溫區域的低倍與高倍影像，其合金層的組織結構與 IF-HE600 相似，是由 δ 相與 Φ 相混合組成，結構上也是緻密完整。 Φ 相的粒徑上介於 $0.3\sim 1.5\mu\text{m}$ 之間， δ 相則介於 $1.4\sim 4.5\mu\text{m}$ 之間，相較 IF-HE600 略小些。圖 9 為 IF-LE550 試片之表面形貌；從低倍影像可發現合金化反應速率較 IF-ME550 快些，在高倍影像已可觀察到已有大量 δ 相與 η 相生成。

根據以上表面形貌的觀察，不同的預熱合金化溫度確實影響後續合金化反應，試片 IF-HE550、IF-HE600 及 IF-LE600 所生成的合金層結構較均勻完整，坑洞較少，結構比較接近 IF 鋼低鋁含量鍍層。就相的生成而言， Φ 相的生成是無法避免，且因密度低，易出現在鍍層表面。從相的比例分布來看，這三者合金化條件是較理想的，都是以 δ 相為

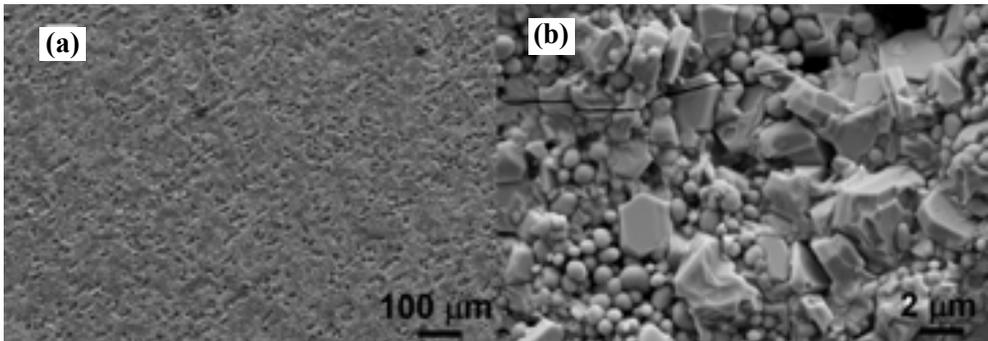


圖 8 IF-LE600 試片之表面形貌：(a) 低倍 SEI 影像，(b) 高倍 SEI 影像。

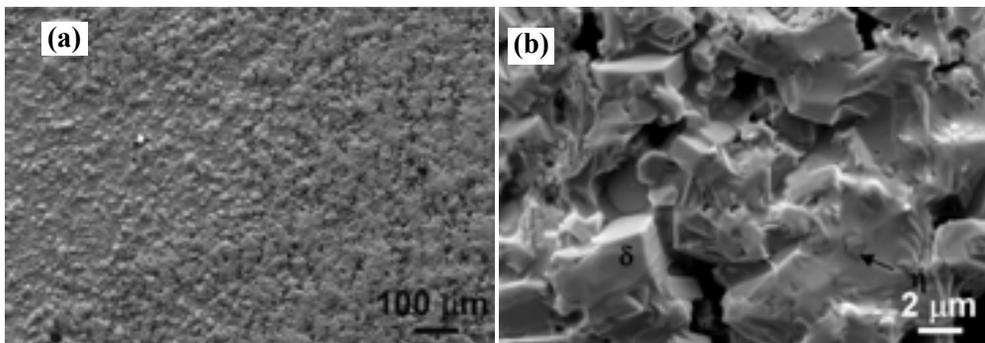


圖 9 IF-LE550 試片之表面形貌：(a) 低倍 SEI 影像，(b) 高倍 SEI 影像。

主，是屬於合金層是比較理想的結構。從橫截面來觀察，如圖 10 所示；(a) 與 (b) 分別為 IF-HE600 與 IF-HE550 試片。在 IF-HE600 試片中，其厚度約 8.5~10 μm ，但仍有極薄的區域，即表面坑洞位置，只有 Φ 相覆蓋住，參見如圖 (b)。 Φ 相主要分布在鍍層表面，呈不連續狀態，其厚度在 0.7~2 μm 範圍，佔整體厚度約 10~15%。而 δ 相則是主要合金層組織，佔整體厚度約 75~80%，以及在界面含少量的 Γ_1 相。(b) 則為 IF-HE550，與 600 $^{\circ}\text{C}$ 的合金層形貌相似，當有 δ 相與 Φ 相的混合時，膜厚約 7~9 μm ，而較薄區則同樣由 Φ 相所覆蓋，厚度約 1-2 μm 。(c) 與 (d) 分別為 IF-ME600 與 IF-ME550 試片；在 IF-ME600 試片可觀察合金層厚度不均，約 0.5~6 μm 。生成相為 Γ_1 相與 Φ 相混合相， Φ 相分布仍以表面為主。在 IF-ME550 中，合金化反應較慢，殘留部分鋅（凹陷處），生成相含 η 、 Φ 、 ζ 及 δ 相。鍍層膜厚不均勻，約 6~15 μm 之間。最後，(e) 與 (f) 分別為 IF-LE600 與 IF-LE550 試片；在 IF-LE600 試片中，其合金層結構近似 IF-HE600 和 IF-HE550 兩試片，膜厚相當均勻。在 IF-LE550 中，合金化反應也是較慢的，相似於 IF-ME550 的試片，生成相包含 η 、 ζ 及 δ 相。其厚度不均，介於 2~10 μm 之間。

根據橫截面的觀察，再與表面形貌對照後，完全合金化反應的條件為 IF-HE550、IF-HE600 及 IF-LE600。其合金層結構較完整，且較連續緻密，厚度分布也較均勻，類似於 IF 鋼低鋁含量鍍層合金化的結果。從相的生成比例來看，這三個試片所反應出的相仍是以 δ 相為主體，與傳統低鋁量的結果較一致。從以上分析結果可說明在不同的合金化預熱溫度的確會影響後續的合金化反應，其因於不同預熱溫度期間產生不同鋅層狀態（固 / 固液 / 液態）而造成鍍層不同合金化反應速率，也就是說明預熱溫度將影響後續合金化反應時鐵鋅鋁的反應動力學。

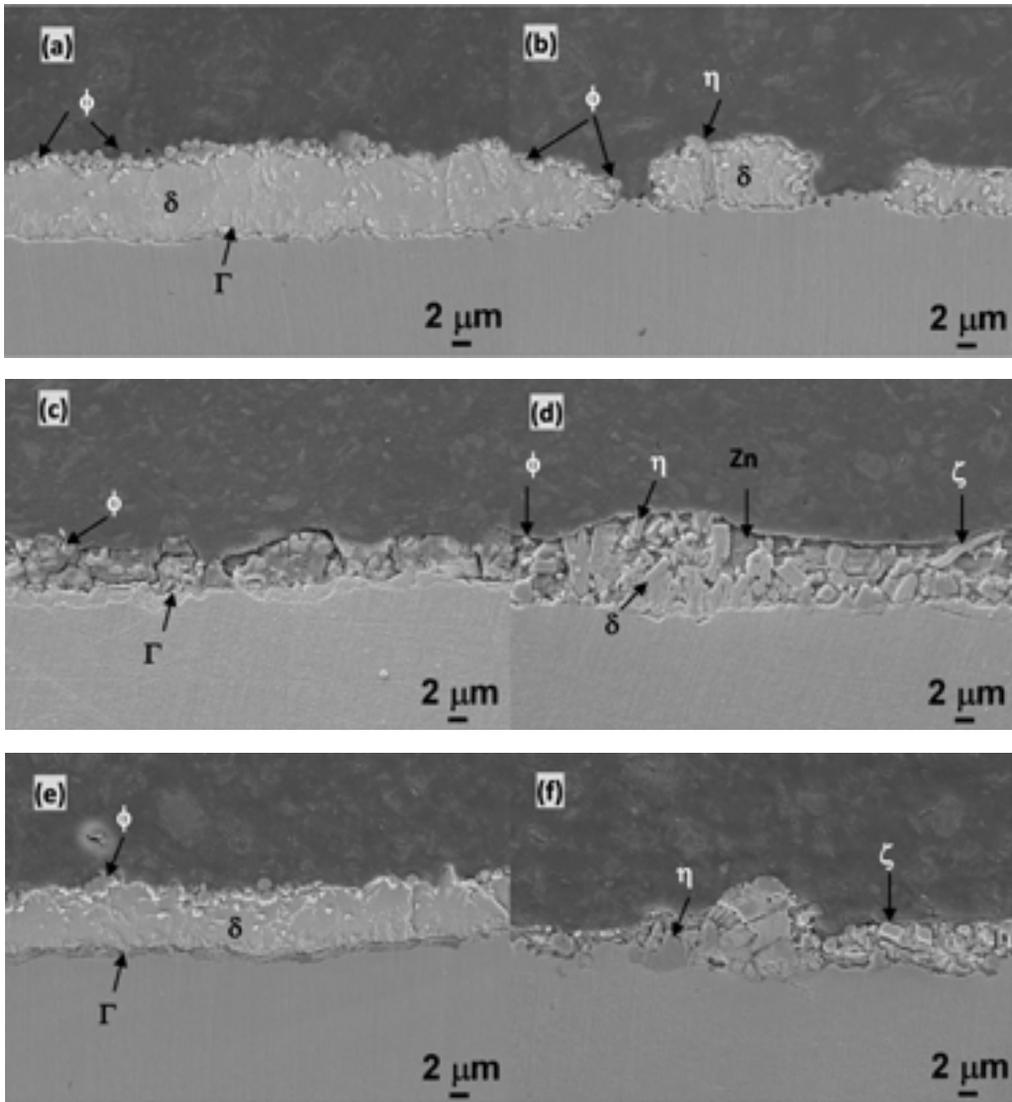


圖 10 IF 鋼合金化反應處理後之橫截面：(a)IF-HE600 (b)IF-HE550，
(c)IF-ME600，(d)IF-ME550，(e)IF-LE600，(f)IF-LE550。

四、結論

本研究主要針對預熱溫度與合金化溫度對極低碳氮鋼熱浸鍍鋅-5 wt% 鋁連續式鍍層合金化反應進行研究，建立鋼材較佳合金化製程溫度，

藉此基礎知識俾利日後能應用於第三代高強度鋼在熱浸鍍鋅 -5wt% 鋁鍍層的最佳合金化參數與鍍層結構。依據目前的研究結果可歸納如下：

- (一) 在 550~600°C 之間進行合金化退火即足以使鋅 -5 wt% 鋁連續式鍍層完全合金化，且生成以 δ 相為主的合金層結構。合金化鍍層同時伴隨著少量的 Φ 相生成在表面，與 Γ_1 相生成於靠近底材位置，合金層結構完整且厚度均勻。
- (二) 合金化反應之前的預熱溫度確實會影響後續的合金化反應速率。當預熱溫度較低 (360°C) 時，需在較高 (600°C) 的合金化溫度得到以 δ 相為主的合金層組織。當預熱溫度升高至 440°C 時，合金化溫度可降至 550°C，仍可得到以 δ 相為主的合金層。
- (三) 本實驗結果亦證實利用熱機模擬儀，模擬熱浸鍍鋅鍍層的合金化反應確屬可行，可以大幅減少實驗時間。

五、致謝

本研究由中鋼 鄭維仁博士提供鋼材與協助製備熱浸鍍鋅試片，特此致謝。

參考文獻

1. M. Zelechower, J. Klis, E. Augustyn, J. Grzonka, D. Stroz, T. Rzychon, H. Woznica, The microstructure of annealed Galfan coating on steel substrate, Archives of Metallurgy and Materials, 57 (2012) 517-523.
2. A.R.P. Ghuman, J.I. Goldstein, Reaction mechanisms for the coatings formed during the hot dipping of iron in 0 to 10 pct Al-Zn baths at 450o to 700 oC, Metallurgical Transactions, 2A (1971) 2903-2914.
3. Y. Wakamatsu, T. Noguchi, M. Yamane, F. Noguchi, Reaction between Solid Iron and Molten Zinc Containing Aluminium, Tetsu-to-Hagane, 87 (2001) 138.

4. M. Urednicek, J.S. Kirkaldy, Mechanism of Iron Attack inhibition arising from additions of Aluminium to liquid Zn(Fe) during galvanizing at 450 oC, *Zeitschrift für Metallkunde*, 64 (1973) 899-910.
5. P.G. Caceres, C.A. Hotham, J.A. Spittle, R.D. Jones, Mechanisms of formation and growth of intermetallic layer during hot dipping of iron in Zn-3Al and Zn-6Al baths, *Materials Science and Technology*, 2 (1986) 871-877.
6. K.L. Lin, J.K. Ho, C.S. Jong, J.T. Lee, The formation of intermetallics and its effect on the microstructure of the hot dip 5%Al-Zn coatings on steel, *The Physical Metallurgy of Zinc Coated Steel* (A.R.Marder, ed.), The Minerals, Metals & Materials Society (1993) 89-97.
7. R.M. Sharp, J.T. Gregory, Z.W. Chen, Intermetallic phases formed during hot dipping of low-carbon steel in a Zn-5%Al melt at temperature up to 575 oC, *Materials Forum*, 16 (1992) 205-214.
8. J.H. Selverian, A.R. Marder, and M.R. Notis, The reaction between solid iron and liquid Al-Zn baths, *Metallurgical Transactions A*, 19A (1988) 1193-1203.
9. Z.W. Chen, J.T. Gregory, R.M. Sharp, Intermetallic phases formed during hot dipping of low carbon steel in a Zn-5 pct Al melt at 450 oC, *Metallurgical Transactions A*, 23A (1992) 2393-2400.

高雄市漁電共生型太陽能光電系統

何芳元¹

¹ 易宏熱鍍鋅工業股份有限公司 協理



業主單位：永晟綠能股份有限公司
營造單位：皇嘉營造股份有限公司
鋼構製造：茂寅工程有限公司
鍍鋅單位：易宏熱鍍鋅工業股份有限公司
鍍鋅數量：1,580 公噸
完工日期：110 年 10 月

一、前言

為落實能源轉型願景、養殖產業升級，經濟部與農委會在 2020 年底公告漁電共生先行區，包含臺南市、嘉義縣、高雄市、屏東縣、雲林縣與彰化縣等 7 縣市。其中，高雄市共有 7 處行政區域被納入漁電共生先行區，包含彌陀區、湖內區、路竹區、岡山區、永安區、茄萣區與阿蓮區，總計 621.76 公頃區域，約占全市魚塭面積的 16%。因此高雄市政府為更有效率推動推動綠能發展並達到養殖產業升級，成立全國第一個「漁電共生專案辦公室」，漁電共生專案辦公室整合府內 11 個權管單位加速案件審查，同時巡迴說明會達到政策前期解說、釋疑以及相關單位配套整合方式說明，使民眾、地主、養殖戶及光電業者掌握申請要件，了解相關權利義務。

藉由永晟綠能屋頂型太陽光電的科技智慧養殖設備與措施，強調會在尊重養殖者的專業與習慣下，促成魚塭防護、提高放養密度、保留彈性空間等，在生產電力的同時，提升養殖技術，並確保充足漁獲且符合法令的規定，創造漁電雙贏。

二、支架系統防蝕系統設計

本案支架系統包括 H 鋼柱、鋼樑、輕型鋼、維修步道等均採用熱浸鍍鋅做為防蝕方法，依據 CNS 10007 規定 H 鋼柱、鋼樑、維修步道鍍鋅量標準 550g/m² 以上，輕型鋼鍍鋅量標準 450g/m² 以上。此標準在 C3 的大氣腐蝕環境之下，其耐用年限可達到設計所需之 20 年要求。

熱浸鍍鋅處理流程：

- (一) 前置作業：預製完成之鋼構件進廠，清點明細、檢查構件表面狀況後，依尺寸、形狀等鍍鋅作業需求，加以分類整備進入生產線。
- (二) 脫脂：鋼構件表面在預製過程時，因加工對材料表面造成油污、油

漆或其他人為汙染，透過脫脂加以去除減少影響鍍鋅品質因素。

- (三) 脫脂水洗：將鋼構件表面脫脂液清洗去除。
- (四) 酸洗：將鋼構件浸入酸槽中使其完全與酸液接觸，將鋼材表面鐵鏽充分洗淨。
- (五) 酸洗水洗：將鋼構件表面酸洗液清洗去除。
- (六) 助鍍劑處理：將鋼構件完全浸入助鍍液中，讓鋼材充分接觸助鍍液，使其在鍍鋅過程中與鋅液充分反應，形成緻密的鍍鋅層，保護鋼材。
- (七) 鍍鋅作業：將鋼構件完全浸入鋅液中，依規定之鍍層膜厚調整控制鍍鋅條件，以符合規定。
- (八) 水冷卻：鋼構件鍍鋅完成後，浸泡冷卻水讓鋼材表面溫度降至人員可作業條件。
- (九) 包裝整理：去除鋼構件尚之垂滴或表面上殘渣後，進行清點明細包裝。
- (十) 品質自主檢查：依業主品質要求進行附著量的自主檢查，符合標準者入庫待出貨。如表 1(報告 NO.01~19 為 H 鋼柱，NO.20~23 為輕型鋼)。

三、現場安裝與施工

整地完成後開始打水泥樁作為立柱的基座如圖 1，避免鋼柱直接浸泡水中，上部再開始安裝 H 型鋼柱、橫梁、輕型鋼，最後完成太陽能板鋪設，如圖 2 至圖 5 所示。

表 1 鍍鋅附著量自主檢查報告。

易宏熱鍍鋅工業股份有限公司
熱浸鍍鋅膜厚附著量測定報告

客戶名稱	茂實工程有限公司	NO. 110100901
工程名稱	永安漁電共生場域新建工程	日期 110.10.09
品名規格	熱浸鍍鋅 A區共419128KG	易宏熱鍍鋅工業股份有限公司
適用規範	ASTM-A123	高雄市大寮區大有路15號
測定器	電磁式膜厚計	TEL: 07-7873377-9
測定數量	每1PC檢驗6點	FAX: 07-7873380

NO	構件編號	數量	測定值						μm 合計	μm 平均	g/m^2 換算	判定
			1	2	3	4	5	6				
1	CD2	1	98	104	100	96	91	93	582	97	693	OK
2	CD25	2	107	88	109	92	104	95	595	99	709	OK
3	CD26	1	88	109	90	106	103	91	587	98	698	OK
4	CD32	1	92	94	107	96	94	100	582	97	693	OK
5	CD47	1	94	101	97	106	91	93	582	97	692	OK
6	CD48	1	92	104	93	103	90	93	574	96	683	OK
7	CD60	1	103	88	105	89	107	109	600	100	715	OK
8	CD31	2	94	97	86	93	91	101	562	94	669	OK
9	CU1	8	105	104	107	93	86	91	587	98	699	OK
10	CU3	8	103	106	90	106	95	100	599	100	713	OK
11	CU4	1	91	88	105	95	110	91	579	97	689	OK
12	CU5	1	103	101	101	97	109	93	605	101	720	OK
13	CD29	2	98	107	106	86	94	97	588	98	700	OK
14	CD30	1	98	105	93	108	90	106	600	100	714	OK
15	CD61	1	88	100	87	93	95	95	558	93	665	OK
16	CU2	8	89	101	105	89	104	99	588	98	699	OK
17	CU6	1	87	96	87	97	92	98	556	93	662	OK
18	CD46	1	106	94	102	104	108	92	607	101	722	OK
19	CD13	2	91	99	100	106	103	103	603	101	718	OK
20	BU1	81	106	109	99	101	109	109	624	104	743	OK
21	BU4	81	98	102	92	94	99	106	591	99	704	OK
22	BU2	617	88	95	104	86	107	87	568	95	676	OK
23	BU3	617	99	104	100	95	108	88	594	99	706	OK
24	BU5	81	103	98	97	102	98	100	599	100	713	OK
25	BU6	81	106	106	100	87	94	93	586	98	697	OK

$1\mu\text{m}=7.1416\text{ g}/\text{m}^2$

品質主任： 

檢驗員： 



圖 1 現場水泥樁施工狀況。



圖 2 H 型鋼柱及橫梁安裝狀況。



圖 3 H 型鋼柱及橫梁吊裝近完工。



圖 4 太陽板安裝過程。



圖 5 太陽板鋪設完成。

四、結論

漁電共生型太陽能光電系統建置，由於本身建置在水面之上，所以環境高溫高濕，且大部分位置都距離海邊不遠，因此對結構物的防蝕應特別的重視，採用熱浸鍍鋅方式防止腐蝕，是施工最方便且整體的防蝕能力最佳的。因為包含螺栓、墊片等附屬零件，皆可採用熱浸鍍鋅，避免使用不同材質產生異金屬腐蝕，影響使用壽命。所以一開始的防蝕方法設計選用，會嚴重影響日後的維護及成本的上升，甚至損壞更新。

2021 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		
2021年1月	2,518	1,518	4,265	722	3,586	6,094	564	638	1,717	381	544	3,313	25,860	
2021年2月	1,662	1,301	2,766	483	3,060	5,054	390	386	952	215	354	2,347	18,970	
2021年3月	2,339	1,532	4,833	758	4,707	7,541	606	780	2,286	315	593	3,487	29,777	
2021年4月	2,114	1,385	5,679	783	5,159	5,897	583	633	1,853	300	515	3,461	28,362	
2021年5月	2,541	1,614	4,417	723	4,056	7,038	595	584	1,914	305	554	3,120	27,461	
2021年6月	2,022	1,298	4,586	700	4,427	6,216	609	632	1,855	282	482	3,460	26,569	
2021年7月	2,123	1,310	4,901	731	4,801	6,624	597	701	2,148	236	632	3,066	27,870	
2021年8月	2,371	1,350	3,829	607	3,971	5,884	583	635	1,749	247	573	2,927	24,726	
2021年9月	1,876	1,378	3,863	712	3,128	5,647	536	654	1,801	274	554	2,730	23,153	
2021年10月	2,397	2,070	3,673	583	2,523	5,650	533	593	1,980	287	516	2,744	23,549	
2021年11月	2,061	1,436	3,823	548	3,465	5,462	526	522	1,917	266	558	3,054	23,638	
2021年12月	1,931	1,291	4,096	598	4,570	4,978	489	524	1,819	347	548	3,019	24,210	
合計	25,955	17,483	50,731	7,948	47,453	72,085	6,611	7,282	21,991	3,455	6,423	36,728	304,145	
月平均	2,163	1,457	4,228	662	3,954	6,007	551	607	1,833	288	535	3,061	25,345	

2021 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	8,143	4,082	425	709	1,558	34	1,100	314	302	925	650	773	478	635	135	1,566	691	350	241	429	168	413	110	27	320	1,282	25,860
2月	6,347	2,205	177	529	1,157	21	813	187	245	838	632	532	329	315	69	1,302	420	306	172	279	126	370	97	26	462	1,014	18,970
3月	10,711	4,374	295	693	1,888	39	1,283	372	342	1,186	651	768	541	501	119	1,583	736	417	275	447	176	442	143	29	436	1,330	29,777
4月	9,925	3,762	404	590	1,452	30	1,296	283	327	1,119	659	689	397	415	103	1,376	485	302	239	407	156	377	117	12	619	2,821	28,362
5月	9,756	3,830	382	538	1,708	33	1,396	289	289	1,203	674	730	479	463	128	1,464	568	475	261	389	167	437	213	30	427	1,132	27,461
6月	9,152	3,450	252	594	1,682	29	1,447	289	254	1,395	715	711	385	555	89	1,484	521	340	195	429	171	439	148	25	657	1,161	26,569
7月	9,682	3,351	343	655	1,620	32	1,829	294	244	1,165	683	786	371	495	145	1,462	1,016	528	249	453	195	438	43	32	538	1,221	27,870
8月	8,449	3,400	217	610	1,179	29	1,398	258	288	1,040	730	582	337	396	143	1,574	692	298	214	412	202	484	58	27	764	945	24,726
9月	7,764	3,248	438	512	1,189	30	1,186	241	191	992	665	694	292	412	140	1,591	353	347	216	351	177	388	52	3	538	1,143	23,153
10月	7,891	3,368	568	611	1,223	27	1,109	214	208	797	604	570	292	504	143	1,587	631	302	219	362	184	437	66	43	584	1,005	23,549
11月	8,549	3,463	267	460	972	30	1,097	224	164	921	537	568	319	295	156	1,278	662	293	184	439	268	454	51	27	650	1,310	23,638
12月	9,294	2,831	283	564	907	31	1,099	228	170	949	707	601	292	370	200	1,731	542	389	170	385	221	427	50	29	600	1,140	24,210
合計	105,663	41,364	4,051	7,065	16,535	365	15,053	3,193	3,024	12,530	7,907	8,004	4,512	5,356	1,570	17,998	7,317	4,347	2,635	4,782	2,211	5,106	1,148	310	6,595	15,504	304,145
月平均	8,805	3,447	338	589	1,378	30	1,254	266	252	1,044	659	667	376	446	131	1,500	610	362	220	399	184	426	96	26	550	1,292	25,345

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。

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	112.05.15
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	04-7910255	112.05.23
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	112.06.15
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	工業技術研究院正工程師

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

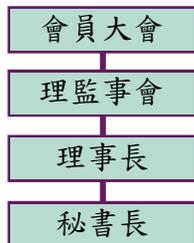
備註：
 1.本建議價格將在本會網站及每期鍍鋅雜誌刊登，係以當時鋅原料價格(2018年03月)加上合理利潤算出。
 2.本建議價格包含熱浸鍍鋅前處理部份，並以一次鍍作完成為準，不包含額外包裝及運輸費用。

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

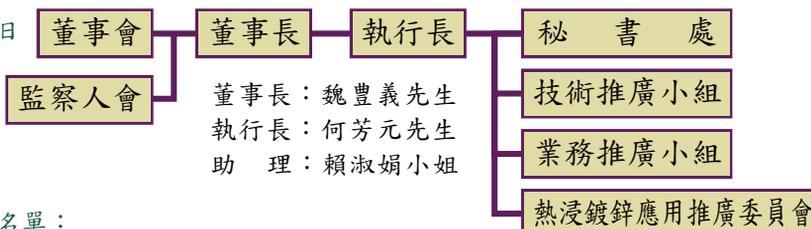


三、第八屆理監事名單：

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	常務理事	10	王慶一	理事	17	林曜滄	候補理事	24	楊松隆	監事
4	梁銘倫	常務理事	11	彭振聲	理事	18	羅俊雄	候補理事	25	葉乙平	監事
5	鄭錦榮	常務理事	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：



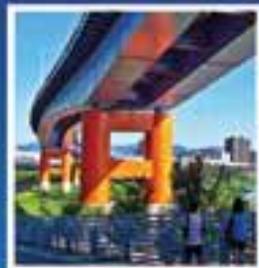
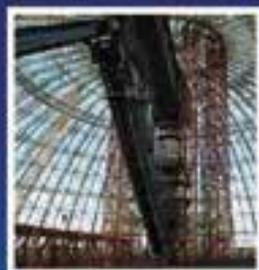
三、第十一屆董事（監察人）名單：

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：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>

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「二十已」這個稱號誕生了。

二十已作品風格細膩、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。

2022 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

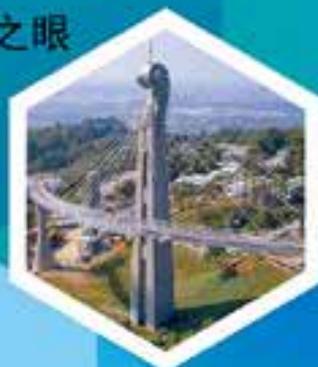
HENCEFORTH SHINE INDUSTRY CORP

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



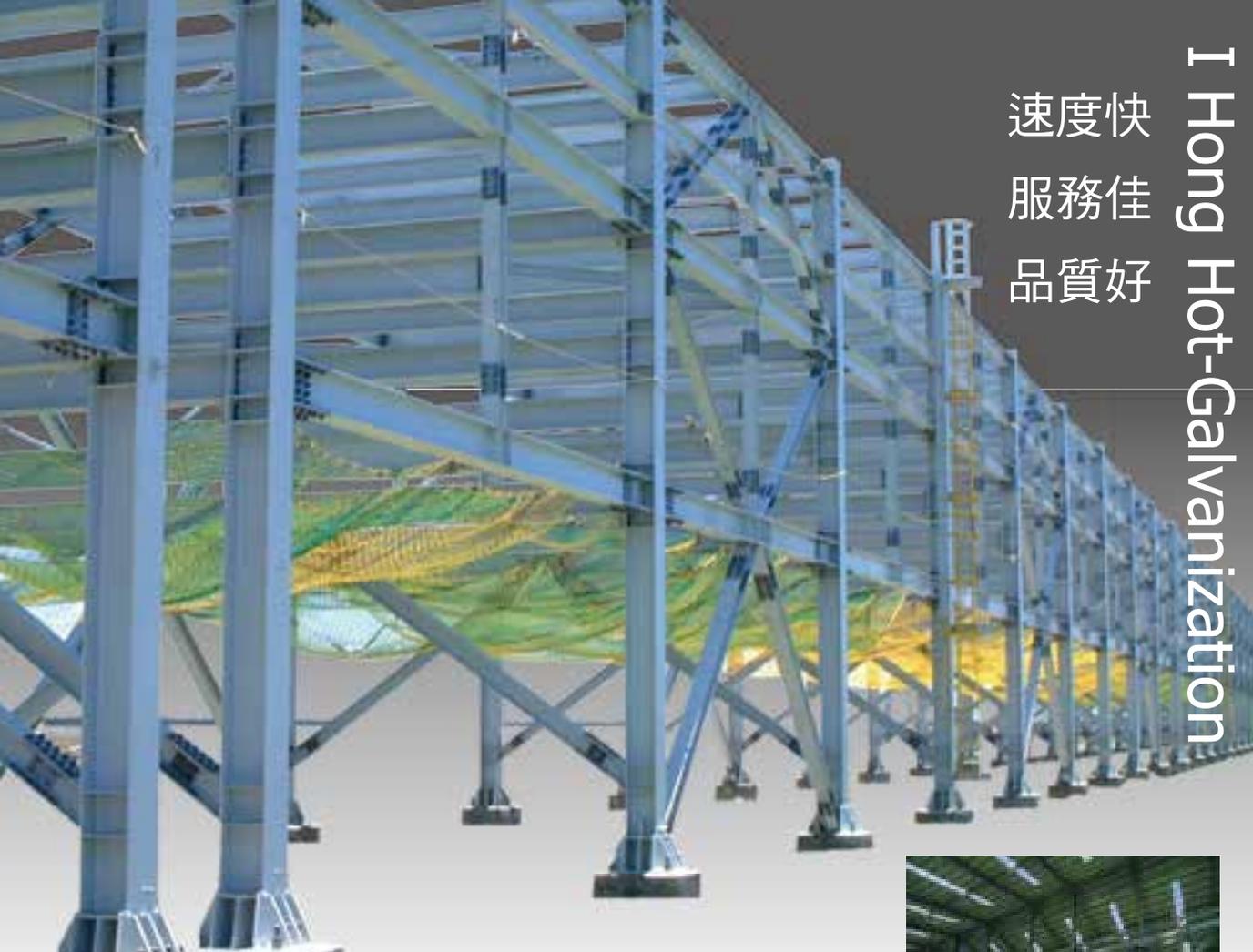
大連案

流行音樂中心



長光部落風雨球場

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





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、標誌樺、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。

信譽的標誌 鐵塔 · 橋樑名廠



住電朝日精工株式会社
SUNION ASHI 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



太魯閣砂卡橫溪鐵橋



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
ISO 9001 認證

總公司：台北市士林區社中街76號

工廠：桃園市平鎮區東勤里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