

熱浸鍍鋅

趙焜岳題

2019/01

NO.64

<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.

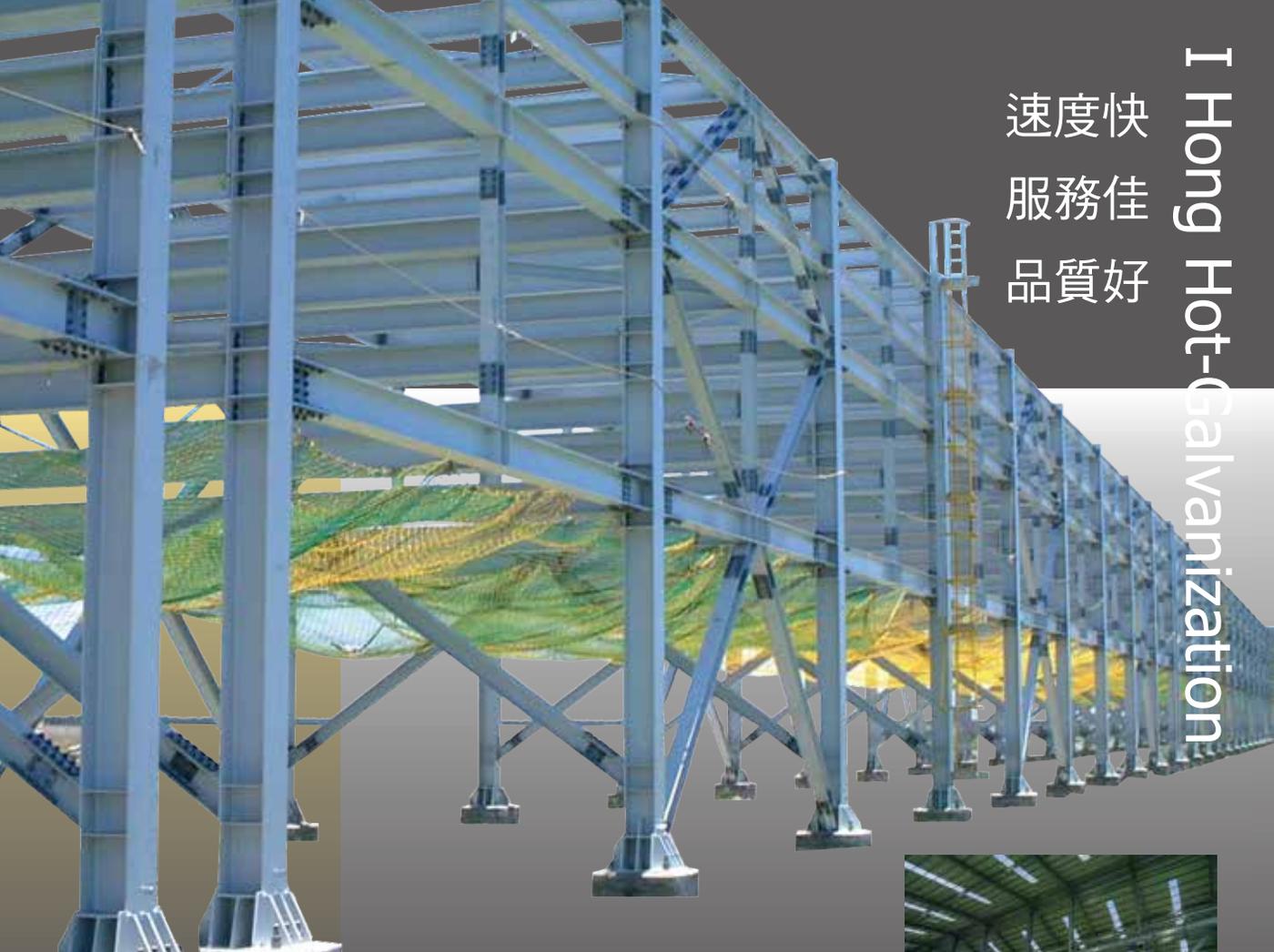
中華民國熱浸鍍鋅協會
Galvanizing Association of Taiwan

■ 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 ▶ 活動紀實
 - ◎ 2018年熱浸鍍鋅於能源工程應用研討會活動紀實
- 6 第二單元 ▶ 生產技術及防蝕技術專題：
 - ◎ 熱浸鍍鋅在高溫高壓螺栓的應用探討
 - ◎ 鋼構件銲接與熱浸鍍鋅
- 29 第三單元 ▶ 工程實績介紹：
 - ◎ 屏東六堆客家文化園區
- 37 第四單元 ▶ 熱浸鍍鋅問答集
- 39 第五單元 ▶ 本會認證熱浸鍍鋅廠合格廠商
- 40 第六單元 ▶ 熱浸鍍鋅加工建議價格表
熱浸鍍鋅結構物設計要點
- 41 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



屏東六堆客家文化園區

業 主：客家委員會客家文化發展中心
設計單位：謝英俊建築師事務所
營造廠商：順裕營造有限公司
建築結構：鋼結構+輕鋼結構+混凝土結構
熱浸鍍鋅廠商：慧鋼企業股份有限公司
鋼構熱浸鍍鋅量：約300公噸
總工程經費：12億元

廣告索引

- 封底 ▶ 力鋼
- 封面裡 ▶ 易宏
- 封底裡 ▶ 臺鍍
- 43頁 ▶ 鋼結構協會
- 44頁 ▶ 現代營建雜誌社
- 45頁 ▶ 前鋒日報社
- 46頁 ▶ 中興工程
- 47頁 ▶ 亨欣
- 48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！)

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 ■ 陳永昆
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、陳宗榮、蔡明達
助理 ■ 賴淑娟
會址 ■ 80652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



2018 年熱浸鍍鋅於能源工程應用研討會活動紀實

秘書室



政府將 2025 年列為非核家園目標，能源政策中明訂再生能源應占總發電量 20%，規定 2025 年再生能源裝置容量要達到 27GW，分別為太陽光電 20GW(地面型目標 17GW、屋頂型 2020 年達 3GW)、風力發電目標為 4.2GW(陸上風電為 1.2GW、離岸風力 3GW)、水力發電 2GW、以及生質能源 800MW。所以本會與財團法人中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會、中華民國防蝕工程學會共同主辦「2018 年熱浸鍍鋅於能源工程應用研討會」，分北、高舉行二場，台北場 107 年 10 月 17 日(星期三)假臺鐵大樓(臺北車站)6 樓第 5 會議室，下午參觀林口電廠，共 24 位報名參加；高雄場 107 年 10 月 24 日(星期三)假蓮潭國際會館 403 中型會議室舉行，下午參觀大林電廠，共 33 位報名參加，合計共 57 人次參與。

研討會上午課程由台電電力綜合研究所主任鄭錦榮博士主講「熱浸鍍鋅於能源工程之應用」、世紀離岸風電設備股份有限公司李承翰專業

工程師主講「熱浸鍍鋅在離岸風電之應用」、友達晶材股份有限公司林金宏工程副理主講「熱浸鍍鋅於太陽能工程之應用」。課程中鄭錦榮博士說明能源工程用材料之腐蝕狀況及原理，並說明熱浸鍍鋅優點及應用案例；李承翰工程師提及全世界風況最好的 20 處離岸風場台灣即有 16 處，因台灣領海平均風速達約 12m/秒且彰化沿海常年風速高達 7m/秒，NASA 認定彰化外海是罕見的優質風場。且台灣海峽多數區域平均水深低於 60m，可大大節省離岸風機固定基座安裝成本。離岸風機以 5MW 為例，每台風機總用鋼量約 1800 公噸，其中水下用鋼占 66% 約 1200 公噸，這些鋼材皆須用到防蝕，而熱浸鍍鋅正可用在海上大氣環境中的平台、內部爬梯、螺栓螺帽緊固件等；林金宏工程師從氣候變遷導致各國天災不斷現象，告訴我們須更加珍惜台灣這塊土地愛護資源，所以可用乾淨的太陽能源來發電。課程中介紹了太陽能支架目前使用概況及腐蝕現象，與如何防治異金屬（加凡尼）腐蝕方法。

本次參訓學員中，大部分為各公、民營機構，建築、土木、結構等專業技師、營造業、鋼構業者，因此學員們對於熱浸鍍鋅於能源工程方面，無論是課中或是課後都與講師熱切討論諮詢；離岸風電及太陽能工程等應用更是提供有志投入此產業的學員新的設計及經營視角。本次研討會參訓的學員們不僅反應良好、熱絡回饋，還自發性組成通訊群組共享資訊，相信這些交流能夠帶給學員滿滿的收穫，更能強化學員在工程上的應用能力，促進能源工業未來的發展。

北區研討會下午參觀林口電廠，由台電公司核能火力發電工程處北部施工處接待，黃經理全華介紹「林口電廠更新擴建計畫現況」。台灣由於經濟發展迅速，電力需求逐年成長，穩定的電力供給為經濟發展最基本也最重要的一環，位於北台灣的林口火力發電廠一直承擔著台灣北區供電需求重責大任。林口電廠更新擴建計畫中，將舊機組拆除而新建 3 部 80 萬瓩超超臨界壓力燃煤火力機組，機組效率 44.93%(LHV)，較舊機組提升約 6.93%，每發一度電減少約 19% 的 CO₂ 排放量，投入環保防治

設備費用高達總預算的約 28%，讓煙氣最終排放值 SO_x 5~10ppm，NO_x 16~23ppm，PM 2~10mg/Nm，已與天燃氣機組標準相當，讓燃煤電廠煙囪看不到煙。

林口環保生態電廠滿載發電時，煙囪看不到煙，燃煤看不到煤，輸儲煤密閉無逸塵之虞，是北部施工處最新建造完成高效率低污染環保生態電廠。關懷大地，尊重自然，保護環境，是我們善盡做為地球公民的責任與義務，工程介紹後由黃經理與林木柳經理帶領現場導覽《汽機房、鍋爐房》、《中央控制室》及《輸煤廊道》。

南區研討會下午參觀大林電廠，由台電公司核能火力發電工程處南區施工處陳台堅副處長蒞臨致詞歡迎，郭經理正欽介紹「大林電廠更新擴建計畫現況」及交流。台灣電力公司評估，自 2014 年到 2025 年之間，公司旗下的發電機組預計退役總裝置容量高達 1,187.9MW，為滿足規劃期間電力成長需求，需補足既有發電機組退役後所造成的電源缺口以及維持 15% 之備用容量率，因此藉此來進行包含大林發電廠在內的林口發電廠與通霄發電廠屆齡發電機組的汰換與更新工程。大林發電廠更新工程項目包括，汰除原 1 號至 5 號汽力發電機組並拆除，6 號機組保留繼續發電，再利用鄰近紅毛港遷村後所取得之土地，連同目前廠區用地共達 70 公頃來增建兩部高效率的超超臨界燃煤火力發電機組。在更新發電機組後，預計新發電機組所發的每度電可減少 137 公克的二氧化碳產出，並且總二氧化碳產出量將從現有的 0.926 公斤降到 0.789 公斤。

大林發電廠更新由台電公司南部施工處辦理，整體新機組機電的統包工程由中鼎工程股份有限公司所得標。2012 年 8 月 31 日，將已運轉 43 年的 1 號機與 2 號機正式解聯除役。2012 年 11 月 28 日，大林更新工程新 1 號發電機組基樁工程正式動工。新 2 號機基樁工程則在 2013 年 10 月 17 日動工。

現場導覽由朱清泉經理、郭正欽經理、王盟仁課長等帶領參觀一機鍋爐房、中央控制室及 5 樓參觀迴廊，以上活動均於 16 點 30 分結束。



- ▲ 參觀林口電廠團體照
- ◀ 本會蔡秘書長明達致感謝詞
- ▼ 鄭錦榮博士專題演講



- ◀ 參觀林口電廠團體照



◀ 林口電廠現場導覽

▼ 李承翰專業工程師專題演講



▲ 林金宏工程副理專題演講

▶ 黃經理全華專題演講

▼ 大林電廠現場導覽



▲ 郭經理正欽專題演講

熱浸鍍鋅在高溫高壓螺栓的應用探討

張家棟¹

¹ 臺鍍科技股份有限公司

一、前言

熱浸鍍鋅的使用已有 170 年以上的歷史，其基本原理至今仍無改變。經過漫長歲月的考驗，熱浸鍍鋅防蝕技術依舊是目前各先進國家使用最廣泛、最經濟，也是最有效益的大氣防蝕方法。

鑒於雲林麥寮地區、彰濱工業區、台中港工業區等甚至其它眾多濱臨海邊的工業地帶都是屬於台灣之高腐蝕環境⁽¹⁾。包括沿海的鹽份、溼度以及大氣中存在的各種境內境外腐蝕性污染物，容易造成當地石化廠區之鋼結構及製程設備全面性的生銹。許多石化業者由於早年建廠前不諳當地的嚴苛氣候與環境條件，在建廠初期的鋼結構甚至斷尾螺絲不到幾年即已生銹。經吸取對抗大氣腐蝕的經驗後，於鋼結構處實行熱浸鍍鋅加三道油漆之防蝕處理，對於當地大氣腐蝕得以有效控制，降低腐蝕對廠區總體安全的威脅。但是配管用之 ASTM A193 B7(以下簡稱為 B7) 高溫高壓合金螺栓未加以鍍鋅，所以導致高強度 B7 螺栓均較公共管架之鋼構容易產生銹蝕現象。由於目前主要石化業者已將熱浸鍍鋅列為 A325 螺栓的防蝕方法，因此有必要進一步針對熱浸鍍鋅應用於 B7 螺栓加以探討，希望能減少各公司之維護工作及維修費用。

二、ASTM A193 B7 螺栓

A193 是用於高溫或高壓的壓力容器、閘門、法蘭和配件，或其他特殊用途的螺栓材料和成分，是指美國材料和試驗協會 ASTM A193/193M，英文全名為 Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting for High Temperature or High Pressure Service and Other Special Purpose Applications，有鉻鉬合金和不銹鋼。在 A193 中，較常用的有七種：B7、

B7M、B16、B8、B8M、B8T 及 B8C，如表 1 所示，其中最常用的合金鋼螺栓就是 B7，其最大尺寸為 M180(英制為 7 英吋)。

表 1、A193 常用名稱、材質及使用溫度

名稱	材質	使用溫度	備註
B7	鉻鉬鋼	-50°C ~450°C	
B7M	鉻鉬鋼	-50°C ~450°C	抗拉強度低於 B7
B16	鉻鉬釩鋼	-50°C ~500°C	
B8	SUS304 不銹鋼	540°C ~800°C -250°C ~100°C	抗拉強度低於 B7、 B7M、B16
B8M	SUS316(比 304 多鉬)	540°C ~800°C -250°C ~100°C	抗拉強度同 B8
B8T	SUS321(比 304 多鈦)	540°C ~800°C -250°C ~100°C	
B8C	SUS347(比 304 多鈮)	540°C ~800°C -250°C ~100°C	

由表 1 可知，A193 B8 系列都屬於不銹鋼材質，其在大氣中含氯離子的海邊環境使用時，使用者需要額外注意不銹鋼與氯離子之間會有應力腐蝕劣化 (SCC) 的問題。

一般含碳量在 0.1%~0.3% 稱為低碳鋼，含碳量在 0.3% ~0.6% 稱為中碳鋼，含碳量在 0.6% ~2% 稱為高碳鋼。由表 2 可知 B7 屬於中碳鋼等級之鉻鉬合金鋼。表 3 為 B7 螺栓在其它國家之同規格代號。

表 2、B7 成分組成

碳 (C)%	矽 (Si)%	錳 (Mn)%	磷 (P)%	硫 (s)%	鉻 (Cr)%	鉬 (Mo)%
0.37~0.49	0.15~0.35	0.65~1.1	<0.035	<0.04	0.75~1.2	0.15~0.25

表 3、B7 螺栓同規格之其它國家代號

鋼種	規格號碼	國家標準代號
B7	A193	ASTM
B7	SA193	ASME 美國機械工程師學會
SNB7	G4107	JIS
SNB7	10439	CNS
42CrMo4	17200	DIN

三、B7 螺栓熱浸鍍鋅之開發

石化廠廠區遼闊，大小管線綿延數十萬公里，大氣防蝕維護工作相當繁重。根據國外研究，分析石化廠事故當中，管線相關事故占所有事故的百分比是最高的⁽²⁾。管線的主要元件有：管段、彎頭、插管、閘體、鋁道、包覆，支撐/懸吊系統、法蘭、螺栓等等。這當中螺栓使用的數量最為龐大。美國扣件協會 (IFI) 指出 B7 螺栓是所有螺栓產品中最普遍使用的螺栓⁽³⁾。美國腐蝕工程師學會 (NACE) 亦指出 B7 螺栓是石化製程環境中最適合使用的螺栓⁽⁴⁾。作好 B7 螺栓的防蝕工作也是管線大氣防蝕的工作之一。因此，選擇探討熱浸鍍鋅 B7 螺栓，希望能提供消費者更有效、更經濟的螺栓防蝕方法。

(1) B7 螺栓與熱浸鍍鋅

在油氣煉製生產之冶金與腐蝕控制⁽⁵⁾一書中，列舉了可以熱浸鍍鋅的螺栓材質標準編號，如表 4 所示。

表 4 中第一列的熱浸鍍鋅 A325 高強度螺栓長久以來為公共工程界廣泛運用；而第四列即載明 ASTM A193 Grade B7。

(2) B7 螺栓之熱浸鍍鋅製品

選用合格廠商產製之螺栓，以傳統小扣件熱浸鍍鋅製程、順暢測試、包裝整理、出貨，完成整體熱浸鍍鋅 B7 螺栓之製作，如圖 1 所示。

表 4、可熱浸鍍鋅的螺栓標準編號

等級	是否可熱浸鍍鋅處理
ASTM A325	是
ASTM A449	是
SAE J429 Grade 5	是
ASTM A193 Grade B7	是
ASTM A354 Grade BC	是
ASTM F1554 Grade 105	是
ASTM A320 Grade L7	是
ASTM A490	否
ASTM A354 Grade BD	否
SAE J429 Grade 8	否

註：ASTM A325、A490 於 2016 年被併入 ASTM F3125 之 Gr.A325 與 Gr.A490



圖 1、B7 螺柱成品

(3) 熱浸鍍鋅 B7 螺栓之機械強度

直徑 2 1/2 英寸(含)以下之 B7 螺栓，在未經熱浸鍍鋅之原始抗拉強度應為 125 ksi(含)以上、降伏強度 105 ksi(含)以上、硬度 321 HB 或 35 HRC(含)以下。B7 螺栓經熱浸鍍鋅後，因鍍鋅溫度低於螺栓之回火溫度且熱浸鍍鋅時間短，故熱浸鍍鋅對螺

栓強度並不會產生影響，其結果如表 5 所示，顯示熱浸鍍鋅過程並未對螺栓之機械性質產生影響。所以，A325、A193 標準中規定該螺栓可經熱浸鍍鋅處理，唯 A193 標準中建議熱浸鍍鋅 B7 螺栓之周邊溫度應低於 210°C⁽⁶⁾。

表 5、B7 螺栓鍍鋅前與鍍鋅後之結果

		降伏強度 (kgf/mm ²)		抗拉強度 (kgf/mm ²)		硬度 (HRC)
A193	標準值	Min.73.8		Min87.9		--
	鍍鋅前	--	78.8	--	88.4	32.1
	A 條件鍍鋅	80.1	78.1	90.4	91.7	30.0
	B 條件鍍鋅	79.1	73.9	100.0	88.4	30.1
	C 條件鍍鋅	75.0	78.1	89.4	89.7	31.2
	D 條件鍍鋅	80.1	84.2	91.6	91.5	33.7

註：1.B7 螺栓試驗之尺寸為 5/8×100mm

2. 強度單位換算 1 Ksi = 1000 psi = 0.7037 kgf/mm²

3. 硬度值為單一面 5 點平均值

B7 螺栓在 ASTM A193 標準中有規定熱處理之淬火與回火溫度，其回火溫度應高於 593°C (1100 °F)，而熱浸鍍鋅溫度約為 500°C。因此，熱浸鍍鋅溫度低於回火溫度是成為不影響抗拉強度、硬度等之原因。

另外根據 ASTM F2329 第 7.2.1.2 節所述“如果鍍鋅是在比緊固件的應力消除或回火溫度更低的溫度下進行的，則不需要測試機械性能。

(4) B7 螺栓熱浸鍍鋅與氫脆現象

早期電鍍螺栓的製程全程都與強酸接觸且電鍍過程會產生氫氣，而且曾有斷裂的報導，使得有些人對於螺栓氫脆有所顧忌。

從原理來探討氫脆的由來，首先要看氫的來源，酸洗製程、電鍍製程都會產生氫，當氫原子產生且積存在材料雜質之位置(能量累積比較大的地方)，氫原子與氫原子形成氫分子，體積膨脹

就會導致氫脆。其次從原料的觀點看，原料的強度愈高愈會氫脆。B7 本身不是超高強度，自然不易氫脆。以 ISO 15330 標準執行熱浸鍍鋅 B7 螺栓氫脆化測量發現，依規定的鎖緊力加鎖 48 小時之後毫無氫脆現象，如圖 2 所示。若再額外延長實驗時間達半年之後，依舊沒有氫脆現象，如圖 3 所示。



圖 2、鎖緊扭力 175N-m，48 小時後無氫脆現象



圖 3、鎖緊扭力 175N-m，半年後無氫脆現象

另外，再以 ASTM F606 規範執行熱浸鍍鋅 B7 螺栓氫脆化測量，依規定的鎖緊力加鎖 48 小時之後毫無氫脆化現象，如圖 4、

圖 5 所示。如再額外延長實驗時間 720 小時之後，依舊沒有氫脆現象，如表 6 所示。

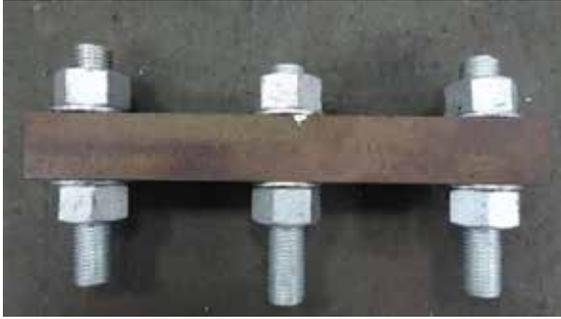


圖 4、正視圖



圖 5、側視圖

表 6、熱浸鍍鋅 B7 螺栓 ASTM F606 氫脆化試驗結果

樣品編號	樣品處理過程	鎖緊扭力 kg-m	試驗結果
螺栓 A	經一次熱浸鍍鋅	40	48 小時後經目視樣品無氫脆現象發生
螺栓 B-1	經二次熱浸鍍鋅	40	48 小時後經目視樣品無氫脆現象發生
螺栓 B-2	經二次鍍浸鍍鋅	40	720 小時後經目視樣品無氫脆現象發生

四、熱浸鍍鋅 B7 螺栓與液態鋅脆化

根據美國腐蝕工程師學會之研究⁽⁷⁾，刻意將熱浸鍍螺栓安裝在 304L 不銹鋼法蘭上，然後暴露在 400° F 至 1000° F (204° C ~537° C，鋅熔點 419° C) 溫度以模擬工業火災中，探討鋅原子從熱浸鍍鋅和機械鍍鋅螺栓轉移到不銹鋼的可能性。暴露的樣品利用光學和掃瞄電子顯微鏡檢查，透過金相檢驗並未發現鋅任何滲透 / 擴散進入不銹鋼基質，此意謂著並未發生液態鋅脆化現象。因為液態鋅脆化的發生要有足夠高的溫度以及足夠長的時間。因此，熱浸鍍鋅 B7 螺栓與其他不銹鋼鋼材接觸使用時無須憂慮不銹鋼材有液態鋅脆化現象。

五、熱浸鍍鋅 B7 螺栓在低溫下的應用

根據美國熱浸鍍鋅協會的研究⁽⁸⁾，在低溫環境時熱浸鍍鋅鋼之鍍鋅層的性能變化極小。在低於 -40°F (-40°C) 的溫度下，鍍鋅層在腐蝕速率方面沒有任何顯著差異。所以，一些使用熱浸鍍鋅進行防蝕的極地裝置已服役二十年以上。

六、熱浸鍍鋅 B7 螺栓與火災

熱浸鍍鋅 B7 螺栓運用場所發生火災時，鍍鋅層是否會受到火災的影響？因為火場溫度很容易超過 1000°F (537°C)。一般人認為鍍鋅層有可能受損，但是根據美國熱浸鍍鋅協會的研究，發現火焰對熱浸鍍鋅鋼材造成的損害極小⁽⁸⁾。通常火警發生後濃煙所伴隨的碳灰會覆蓋在鍍鋅表面，使得在碳灰層之下的鍍鋅層完好無損。鍍鋅層就算溶解，還有合金層作屏蔽。

七、結語

經過各項測試與文獻探討，熱浸鍍鋅應用於 A193 B7 螺栓上是可行的。

對於高腐蝕環境下的廠區鋼結構已實行熱浸鍍鋅加三道油漆之防蝕處理，可收到良好的效果。但是配管用之 B7 螺栓若未加以熱浸鍍鋅，一樣容易產生銹蝕現象，成為整體大氣防蝕失落的一角。因此，建議在環境溫度低於 210°C 時，可使用熱浸鍍鋅的 B7 螺栓，利用熱浸鍍鋅層來防蝕 B7 螺栓，使得全部廠區之大氣防蝕零死角。

八、誌謝

本文內容承蒙金屬中心林益璇小姐、黃彥賓先生，力明工業股份有限公司梁永昌先生，恒耀工業股份有限公司蔡炎興先生協助謹此致謝。

參考文獻

1. 2017 年臺灣大氣腐蝕劣化因子調查研究資料年報，交通部港灣技術研究中心
2. John T.Reynolds,Second International Symposium on the Mechanical Integrity Process Piping 1996 Houston p.331
3. The Critical Fastener Facts Every Fastener Supplier and User Should Know. p.9 Industrial fasteners institute
4. NACE MR0175/ISO 15156-1 Item no.21306
5. Metallurgy and Corrosion Control in Oil and Gas Production (2011) R.Winston Revie, p.248
6. ASTM A193/A193M-16 APPENDIXES X2.COATINGS AND APPLICATION LIMITS p.12
7. Evaluation of the Potential for Liquid Metal Embrittlement of 304L Stainless Steel by Galvanized Fasteners in an Industrial Fire Scenario. NACE 2017-9192
8. <https://galvanizeit.org/hot-dip-galvanizing/how-long-does-hdg-last/in-extreme-temperatures>

附錄

ASTM 與熱浸鍍鋅螺栓相關規範

- A193: 高溫或高壓合金不銹鋼螺栓及其它應用
- A194: 高溫高壓螺栓用碳鋼及合金鋼螺母規範
- F2329: 鍍鋅熱浸鍍鋅應用在碳鋼合金鋼螺栓華司螺帽特殊螺紋緊固件
- A123: 熱浸鍍鋅鍍層在鋼鐵產品標準規範
- A153: 熱浸鍍鋅鍍層在鋼鐵五金標準規範
- A780: 熱浸鍍鋅受損區未鍍區修復標準作法
- A385: 熱浸鍍鋅高品質鍍層標準作法
- A384: 熱浸鍍鋅鋼組件避免翹起扭曲標準作法
- A143: 熱浸鍍鋅鋼構產品避免脆化標準作法與脆化偵測步驟

鋼構件銲接與熱浸鍍鋅

張家棟¹、蔡明達¹

¹ 臺鍍科技股份有限公司

一、前言

鋼鐵以熱浸鍍鋅(鋅鐵合金組成)作為防蝕系統已逐漸普遍，每年至少有 35 萬公噸鋼鐵經批件式的熱浸鍍鋅處理，其中大多數構件經加工(特別是銲接)，所以必須了解鋼構件銲接與熱浸鍍鋅的考量因素，甚至須整合兩者在鋼構之製造、設計上。構件於鍍鋅前、後進行銲接是相當平常的事，而對於利用熱浸鍍鋅獲得優越防蝕的鋼構設計者而言，構件銲接所需的條件是相對簡單。

二、熱浸鍍鋅防蝕

熱浸鍍鋅用於防蝕已超過 250 年，全世界於 2011 年約有 3,978.3 萬公噸鋼鐵使用熱浸鍍鋅，其中歐洲 691.6 萬公噸、美洲 486.9 萬公噸、非洲 205 萬公噸、印度 289.6 萬公噸、亞洲 2,305.2 萬公噸鋼鐵用於熱浸鍍鋅防蝕；而台灣每年亦有 35 萬公噸鋼鐵(構)採用熱浸鍍鋅進行防蝕。熱浸鍍鋅用於各種產業，為鋼材提供無與倫比的保護而免於被腐蝕侵襲。從鋼筋到遊樂場設備到專業體育場館到當今雕塑家的藝術品 - 各種廣泛的鋼鐵產品均受益於熱浸鍍鋅的優越防蝕性能。

熱浸鍍鋅的主要原料是鋅，呈現銀灰色，在地殼中天然蘊藏量排名第 27 位。鋅對所有生物的生長發育也相當重要，在人體中每個成年人平均含有 1.4 到 2.3 克的鋅，而世界衛生組織也建議每人每天約需攝入 15 毫克(mg)。在眾多的消費品中，包括感冒藥、防曬霜和營養補充劑等都含有鋅，主要是氧化鋅形式存在。

鋅，用於熱浸鍍鋅時是一種健康的金屬，可以回收再利用。從礦石製鋅所需的能量相對於回收鋅所需能量恰恰相反。從保護我們的基礎設施

來看，鍍鋅傳遞了令人難以置信的價值。因為熱浸鍍鋅應用在鋼結構、橋梁、道路和建築物使其持續更久，因此鋼材的消耗減少，原材料的需求也變少。隨著時間的演變，熱浸鍍鋅有助於維持鋼結構的完整性，使鍍鋅結構更安全。儘管熱浸鍍鋅鋼材是灰色的，但它是環保的，在製鋅與熱浸鍍鋅工業的通力合作下，不管是現在和未來，可藉由提高鋅對社會的貢獻，確保鋅生產及使用與自然環境與社會需求和諧共處，進而提昇永續發展。

此外，因為熱浸鍍鋅可用數十年而不須進行維修保養，所以熱浸鍍鋅應用在公共工程時可減少維修費用及有效節省稅收，用於公司工廠鋼結構則可創造較大獲利。

三、熱浸鍍鋅構件銲接

我們已知道熱浸鍍鋅具有較久之耐蝕性、可減少維修次數、能節省維修費用等優點，現將熱浸鍍鋅運用在鋼鐵時除素材直接鍍鋅外，其它大多會先設計、加工（例如尺寸裁切、鑽孔、銲接等）過後才熱浸鍍鋅。在設計構想時，就完美防蝕觀念而言應以鋼構件一次鍍鋅為首選，經鍍鋅後直接在工地現場以螺栓螺帽組合，第二選項才為現場銲接，畢竟鍍鋅構件銲接後銲道及熱影響區須再整修修補，此時有表面處理、環境天氣、施工條件等應再加以注意才能做好防蝕工作。

熱浸鍍鋅構件設計、製作時須先考慮熱浸鍍鋅廠鍍鋅槽尺寸及搬運吊車安全荷重再加以決定構件尺寸，尺寸決定後構件製作之銲接可分構件銲接組合後鍍鋅與構件鍍鋅後銲接，以下就兩者之銲接工法、銲條（含銲線或銲接材料）、注意事項等做一敘述。

（一）鍍鋅前銲接

批件式熱浸鍍鋅大多是鋼鐵（構件）經裁切、鑽孔、銲接成型後再經熱浸鍍鋅處理並以螺栓螺帽組合，避免組裝時破壞鍍鋅層增加日後維修與修補。所以鋼構件銲接時，為了在銲道區獲得高品質熱浸鍍鋅層，有銲接金屬組成、銲道區清潔度、熱浸鍍鋅前的密封銲接等三項重要的工作在鍍鋅前必須考慮。

1、銲接金屬的成分

鋅層幾乎可以附著在任何類型的鋼鐵，且鍍層厚度主要與鋼鐵鍍件中的矽含量有關。目前台灣鋼構件以 ASTM A709、A36 及 CNS(或 JIS)SN400YB、SN490B、SN490C、SM490B、SM490C、SS400 居多，矽含量大約在 0.25% 左右。而銲接金屬與構造用鋼之間的主要差別是銲條的矽含量。銲接填料材中矽過多會加速熱浸鍍鋅層的成長。因某些銲條含有將近 1% 的矽，銲接金屬與週邊鋼構彼此鍍層厚度的差距會相當巨大。含有過量矽成份的銲接金屬在鍍鋅時會加速熱浸鍍鋅之鋅鐵界面合金層的形成且增加鍍層重量，如圖 1 所示。高矽鋼與低矽鋼在同溫度鍍鋅時間同為 6 分鐘後，高矽鋼得到附著量為 $1,525\text{g/m}^2$ (5 oz/ft^2)，而低矽鋼得到附著量為 671g/m^2 (2.2 oz/ft^2)。

構件浸入鋅浴足夠時間可得符合鍍鋅標準的最小厚度(例如 CNS 10007 鋼鐵之熱浸鍍鋅標準)，高矽含量之銲接金屬上的鍍層是週邊鍍層兩倍以上的厚度，銲道上的厚鍍層會影響組合構件的外觀，而且在進一步處理組件和零件時增加銲道區鍍層損傷的機率。

一般鋼構件銲接方法有遮護金屬電弧銲接 (SMAW)、潛弧銲接 (SAW) 及包藥銲線電弧銲接 (FCAW) 三種，其各有互相搭配的銲條材料，於銲道不會產生過厚鍍層而異常，如圖 2 所示。表 1 為銲條材料化學成分，都經過美國熱浸鍍鋅協會 (AGA) 測試並可產生與低矽鋼相媲美的鍍層。圖 2 為新北捷運環狀線某車站聯合開發工程箱型柱，箱型柱以 SN 490C 鋼板利用國內生產之 TSW-60G 銲線採潛弧銲接 (SAW) 銲成，銲線含矽量為 0.40%，其化學成分如表 2 所示；箱型柱隔板另以 TES-50G 銲線直立式銲接(電熱熔渣銲 ESW)。箱型柱經熱浸鍍鋅後銲道鍍層正常，與箱型柱本體鍍層厚度相近。

表 1、適用於熱浸鍍鋅之銲接銲條含矽量⁽¹⁾

銲接工法	銲條材料	矽含量 (%)
SMAW	Jetweld 2	0.30
	Fleetwood 35 LS	0.11
	Fleetwood 7	0.33
SAW	L61-860	3.40
FCAW	NR 203 NiD	0.04
	NR 311	0.07
	NR 431	0.21

表 2、TSW-60G 銲線成分

銲線成分	C	Si	Mn	P	S	Mo
含量 (%)	0.06	0.40	1.6	0.03	0.010	0.45

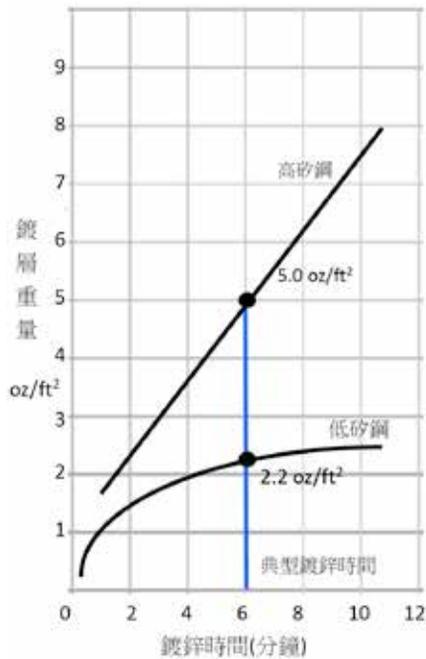


圖 1、銲接金屬矽含量高低對鍍鋅層附著量之影響⁽¹⁾

2、銲道清潔度

銲接結構進行熱浸鍍鋅時，銲道區的清潔度明顯影響銲道週圍鍍層品質與外觀，銲道區之銲渣如完全去除，則鍍鋅品質與外觀將完美，如圖 3 所示。電銲時使用銲條之所有的助銲劑與銲渣必須在鍍鋅前除去，否則鍍鋅層不會附著在銲道區，因鍍鋅過程中所使用的化學清潔液無法除去助銲劑與銲渣。銲渣與助銲劑可用鋼刷、火焰清潔、切削、研磨、噴砂方式除去。未移除的銲渣會在該處鍍不上鋅而產生裸點，如圖 4 所示。



圖 2、箱型柱銲道鍍層無異常



圖 3、銲渣清除乾淨可獲漂亮鍍層



圖 4、銲道銲渣未清除容易產生裸點

3、熱浸鍍鋅前的密封銲接

重疊接觸面間隙小於 2.5mm 之銲接組套件，依據重疊區域的面積大小，可在所有邊緣完全密封銲接，如圖 5 所示。鋅液本身具有黏度及表面張力因素，鋅無法進入小於 2.5mm 的間隙而會導致產生未鍍面，在狹小間隙間的未鍍面會因濕度高結露流出銹水，或因清潔液（水洗水、助熔劑）有較低黏度進入狹小間隙後，清潔液的鹽份殘留間隙裡，經數週或數月後濕氣將鹽分濕潤而氧化鐵銹水流出，污染週邊的鍍鋅表面使外觀變得難看，如圖 6 所示。甚至，間隙間的未鍍面也會因腐蝕而在週邊鍍鋅表面流出銹水。

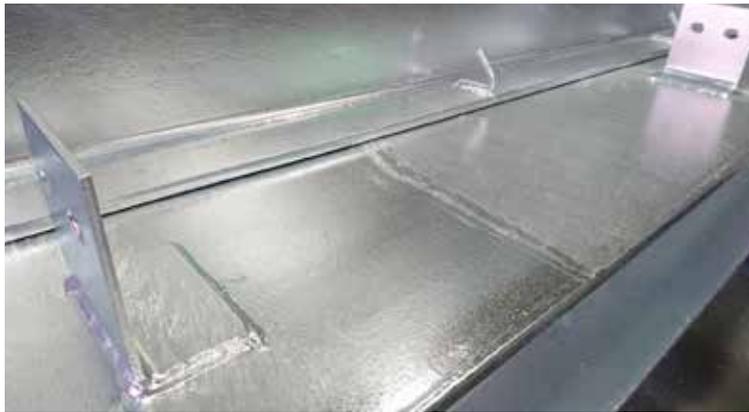


圖 5、型鋼固定板密封銲接，可得到良好的鍍鋅品質



圖 6、背襯未密封銲接導致銹水流出污染周遭

(二)、鍍鋅後銲接

許多常用的銲接和切割技術都可以用於鍍鋅鋼構件上，其文獻可參考美國銲接協會（AWS）的規範 D-19.0 的銲接鍍鋅鋼章節。因此，鋼結構件太大無法浸入鍍鋅槽或鋼構必須在現場銲接時，在鍍鋅鋼材上再銲接組立是必要的，如圖 7 紅圈所示。



圖 7、熱浸鍍鋅鋼材於工地高空銲接

1、銲道區的準備

AWS D-19.0 銲接鍍鋅鋼，要求鋼材銲道區域不能有鋅。因此，對於製造鍍鋅結構件時，鍍鋅層須從銲接區的任一側和工件兩側至少須移除 2.5~10cm(視板厚、熱影響區域大小而定)⁽²⁾。鍍鋅層移除，以研磨鍍鋅層或預留銲道區不鍍鋅為首選也最常用，也可以使用銲道區鋅層燒熔或推移熔融鋅的方法。圖 8 為預留銲道區不鍍鋅方法之鍍鋅前後銲道外觀。

2、銲接金屬化學成分

因鋼材已經鍍鋅，所以選擇銲接材料已不太重要。重要的是需避免銲道中有鋅的存在，如前所述應妥善準備好要銲接的區域，以確保高品質的銲接。



圖 8、預留銲道區不鍍鋅方法，左照片為鍍鋅前；右照片為鍍鋅後，銲道區無鋅。

3、銲接方法

有三種手工 / 半自動銲接方法，比電阻銲接或雷射銲接更有彈性，而電阻銲接與雷射銲接不用在批件式熱浸鍍鋅 (batch galvanize) 組件上。三種手工 / 半自動方法的優點，在於銲接區之鋅的去除，並不是絕對必要的條件。這三種方法為氣體遮護金屬電弧銲接、遮護金屬電弧銲接與氧乙炔銲接，以下一一說明。

(1) 氣體遮護金屬電弧銲接 (GMAW)

氣體金屬電弧銲接 (GMAW)，也稱為 CO_2 銲接，是方便和多功能的半自動銲接方法，如圖 9 所示，特別適用於較薄鋼材的銲接。鋅層的存在不影響銲接後的機械性能，雖然它可能會產生一些銲接噴濺而出現外觀變化，但電弧穩定性優異，並且通常不受鍍鋅層的影響。

銲接鍍鋅鋼材時可能會降低銲接速度，因銲接時必須先燒掉鍍鋅層。銲接時保護氣體使用 100% 二氧化碳是可以接受的，因使用其它更貴的 Ar/CO_2 混合保護氣體並沒有優勢。另外，此方法在銲接鍍鋅鋼材時的滲透性不如無鍍層鋼材，因此在對接接合時必須預留稍寬的間隙。

利用 GMAW 方法銲接鍍鋅鋼材時，與無鍍層鋼材的主要不同點，在於需要輸入更高的熱量來清除銲接溶池中的鋅，和使用較低的銲接速度，以盡可能燒掉銲道前的鋅層。熱浸鍍

鋅鋼材對鋁的氣體金屬電弧 (CO₂) 銲接條件可參閱 AWS D19.0 表 5.5~ 表 5.12。

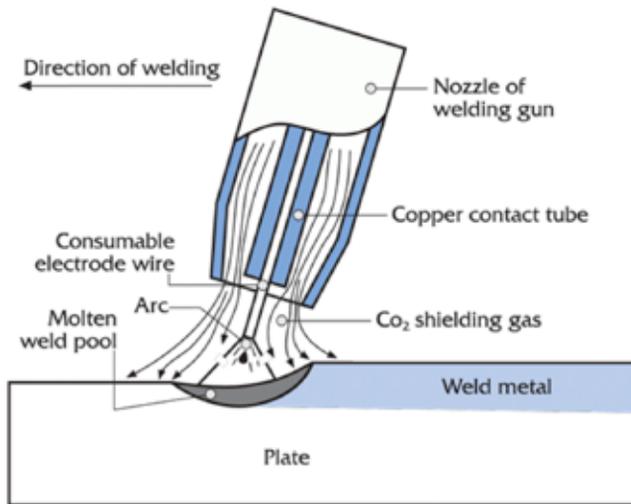


圖 9、氣體金屬電弧銲接 (GMAW) 示意圖⁽³⁾

(2) 遮護金屬電弧銲接 (SMAW)

最常見的手工銲接是使用助鋁劑覆蓋電極。鍍鋅鋼材用遮護金屬電弧銲接 (SMAW) 或手工金屬電弧銲 (MMAW) 銲接所需條件與銲接無鍍鋅鋼材時類似。但是，銲接速度可能會較慢，因為電極的角度減小到約 30°，並且需要來回攪動電極將熔融鋅池移離銲縫，如圖 10 所示。

使用 SMAW 銲接鍍鋅鋼材與無鍍鋅鋼材的主要區別，在於必須增加根部開口才能達到完全銲接滲透。SMAW 用在鍍鋅鋼材形成噴濺量，略高於未鍍鋅鋼的飛濺量。典型的 SMAW 條件用於批量式鍍鋅鋼之根部銲縫對接可參閱 AWS D19.0 表 6.2~ 表 6.5。

手工金屬電弧銲 (MMAW) 被建議用於 13mm 或更厚的鍍鋅鋼材銲接。一般，銲工在銲鍍鋅鋼材時可使用與無鍍鋅鋼材相同的程序，但仍應注意下列幾點：

- (a). 銲接電極應該比正常速度慢，用揮動來移動電極沿著銲縫方向往前進行然後再回縮至鋅熔池。
- (b). 應避免織動銲道和多層銲道 (Weaving and multiple weld beads)，同時應盡量降低熱輸入量，以免對鄰近的鍍鋅層造成過度的損傷。
- (c). 短電弧適合用於全姿勢 (all positions) 銲接，它可更好控制銲道熔池以避免出現間歇的過度滲透或銲蝕 (undercutting)。
- (d). 對接接頭時需要略寬的間隙以得到完全的滲透。
- (e). 銲接前研磨接合面將可獲得最佳品質的銲道，同時可減少鍍鋅層產生的煙霧。其餘銲接程序與無鍍鋅鋼材銲接相同。

電弧銲接電極與銲接無鍍鋅鋼材相似。用 MMAW 銲接鍍鋅鋼材與無鍍鋅鋼材的主要差異，在需要輸入更高的熱量以便從熔池去除鋅，並降低銲接速度來燒掉熔池邊緣多餘的鋅。如此，可能會導致更大的銲渣流動性和增加噴濺。

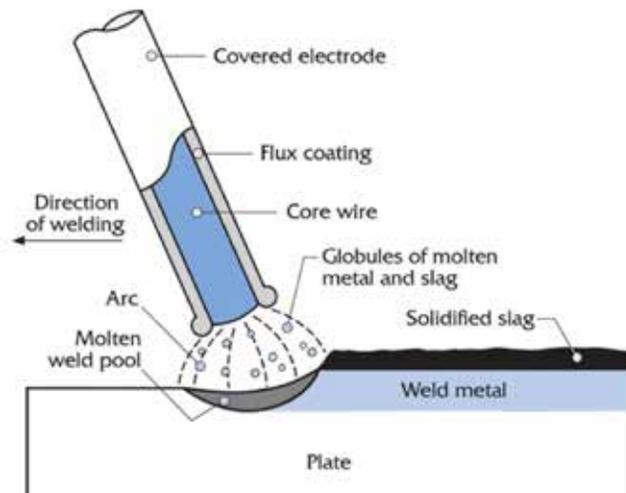


圖 10、遮護金屬電弧銲接 (SMAW) ⁽³⁾

(3) 氣鐸 (氧乙炔燒焊 , Oxyacetylene Welding)

氣鐸 (又稱火焊) 的準備工作 , 類似於鐸接無鍍鋅鋼材。其需要較低的移動速度讓接合面升到熔化的溫度 , 所以額外的熱量會導致鋅層受影響的面積比其他鐸接方法大得多。當填充桿來回移動時 , 可獲得最佳品質及產生波紋鐸縫 (ripple weld)。

4、鐸道區的修補

在鍍鋅表面的任一種鐸接 , 都會損傷鐸道及周圍區域的鋅層。修復該區域應該依照 CNS 15257 熱浸鍍鋅層損傷及裸點修補標準進行 , 其中規定可使用鋅粉漆、鋅基鐸料或熔射鋅。所有的修補和修復方法都是要有足夠的保護層厚度 , 以提供防蝕保護。

鋅層的修復區域將不會對總體使用壽命產生影響。可根據 CNS 10007 鋼鐵之熱浸鍍鋅標準所要求的最小鍍鋅層附著量 , 選擇修復材料和厚度可以得到相對應的使用壽命。熱浸鍍鋅層和修復區域可能會有一些視覺差異 , 但隨著時間的過去 , 鍍鋅層的自然氧化 , 可以調和兩者的外觀或因修復材料的選擇而突顯不同的外觀。

5、鐸接接頭的品質

鐸接時因為鋅的燃燒會減慢鐸接速度 , 鐸接過程中會產生鋅煙霧並在鐸道周圍形成燒傷區域 , 所以 AWS D19.0 建議在鐸接之前 , 將鐸道區域所有的鋅先去除。如此 , 處理後鍍鋅鋼材上鐸道的拉伸強度、彎曲強度和衝擊性能都相當於無鍍鋅鋼材的鐸道性能 , 這些在國際鉛鋅研究組織 (ILZRO) 的研究都已獲得證實。

(1) 破壞韌性 (衝擊性能)

ILZRO 在研究中 , 利用 1"×2"×6" 試片分別於鐸道與熱影響區進行無鍍鋅及熱浸鍍鋅鋼材之衝擊試驗 , 證實鐸道之斷裂韌性不受鍍鋅層存在的影響。

(2) 疲勞強度

鍍鋅鋼材的電弧銲接疲勞強度等同於未經鍍鋅鋼材用二氧化碳銲接之銲縫疲勞強度，如圖 11 所示。圖中疲勞強度的試體是採 GMAW 銲接法及 CO₂ 保護氣體以 AWS E60S-3 低矽銲條填角銲成十字型試體。

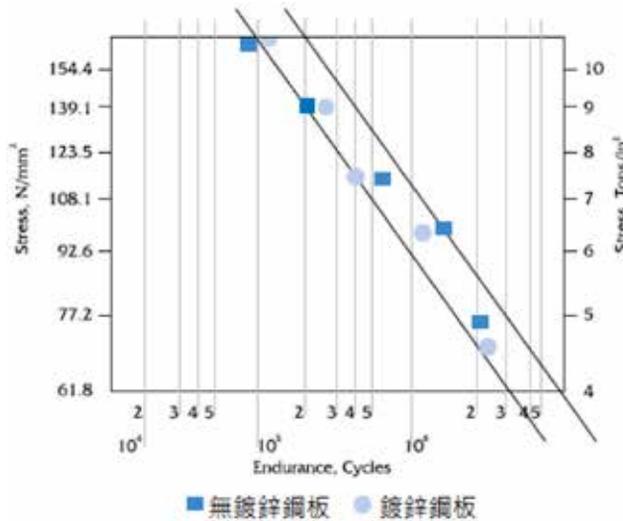


圖 11、鍍鋅鋼材的銲接疲勞強度試驗⁽⁴⁾

(3) 銲接氣孔

鍍鋅鋼材在某些接合設計時銲接易產生氣孔，銲接氣孔的多寡與銲接入熱量、銲道熔池凝固速度有關。銲接氣孔的產生不易避免，但氣孔的存在會影響銲接的疲勞強度和裂縫傾向。

對於鍍鋅鋼材的銲接構件，當銲接構件受到疲勞負荷時，應該增加構件尺寸以減少任何銲接氣孔或鋅夾雜物的影響。在評估氣孔對於填角銲疲勞強度的影響時，必須考慮連接部的功能與銲接尺寸。

鍍鋅鋼材的填角銲，其銲道相對於板厚有足夠大時，則從銲道趾部 (toe of the weld) 的疲勞破壞情形如同無鍍鋅鋼材銲接，此時銲接氣孔的存在不會降低銲接接頭的疲勞強度。如

果鐸道尺寸剛好足以在良好的鐸件產生趾部疲勞破壞，在鐸道根部若含有氣孔則會優先穿過喉部而破壞。含有氣孔之填角鐸的粒間破裂 (Intergranular cracking)，有時稱為鋅穿透破裂，其不會明顯影響非關鍵接頭的強度。對於更多臨界應力的應用，可對材料和樣品進行測試。

6、健康與安全

所有的鐸接過程都會產生煙霧和氣體。鋼構施工廠商和鐸接工人必須識別鍍鋅鋼材鐸接和未鍍鋅鋼材鐸接之相關危險，工人必須接受培訓確保工作實務能符合職業安全衛生法規定。一般而言，鍍鋅鋼材鐸道區的鋅磨除後的鐸接，產生的鉛和氧化鋅會低於容許曝露限值。若不可避免地須直接在鍍鋅鋼材上鐸接時，在開放區域不能超過容許暴露限值 (PELs)，但在封閉區域且使用附有過濾器之高速循環風機、AWS 建議的空氣呼吸器和排煙系統等之預防措施時，是容許可以超過暴露限值 (PELs)。

鍍鋅鋼材鐸接產生的煙霧可能含有鋅、鐵和鉛。煙霧成分通常與所用材料的組成，以及特定的鐸接過程所用的熱量有關，良好的通風可減少煙霧曝露量。可參閱 ANSI / ASC Z-49.1 之“鐸接、切割和聯合程序的安全”章節，該章節包含人員和一般區域之防護、通風和防火等資訊。

鋼材熱浸鍍鋅時所用的鋅在台灣 CNS 8503 及其他國家標準中規定，使用五號鋅錠以上 (鉛含量須低於 1.4%)，鍍鋅層中鉛含量可能高於 1000ppm。但若採用一號鋅錠 (鉛含量低於 0.003%)，則鍍鋅層中鉛含量將低於 1000ppm。再者，鍍鋅鋼材鐸接時鐸道區鍍鋅層事先磨除，此時煙霧中鉛含有極可能不存在。

四、結語

鋼構件絕大多數會經過加工、銲接等處理後，再運用在機械設備、鋼結構建築、橋梁等方面，而這些鋼構件若須經熱浸鍍鋅處理時，也大多會先將構件銲接成可鍍鋅之單一構件，除非不得已才會進行鍍鋅後再銲接。這些銲接加工，只要加以注意必能獲得良好的熱浸鍍鋅品質與防蝕性。

鋼構件於熱浸鍍鋅前先行銲接，可藉由選擇適當銲材、徹底清除銲渣及優良設計即可獲得高品質熱浸鍍鋅層，如此便可應用在各種用途，包括橋梁、建築、鐵塔、格柵板、扶手欄杆、桁架和護欄板等。

鋼構件於熱浸鍍鋅後銲接可經由銲道區的適當準備、選擇合適的銲接材料和程序、及銲道區的確實修補也可以得到優異的銲道品質並應用在各方面。

參考文獻

1. 美國熱浸鍍鋅協會，Welding and Hot-Dip Galvanizing
2. 美國銲接協會，AWS D-19.0 Welding Zinc-Coated Steel
3. 美國熱浸鍍鋅協會網頁 <https://galvanizeit.org/design-and-fabrication/fabrication-considerations/welding/welding-after-hdg/#oxyacetylene>
4. E .N. Gregory The Mechanical Properties of Welds in Zinc Coated Steel

屏東六堆客家文化園區

陳鴻興¹

¹ 慧鋼企業股份有限公司 經理



摘錄自六堆客家文化園區 網站

業		主：客家委員會客家文化發展中心
設	計	位：謝英俊建築師事務所
營	造	商：順裕營造有限公司
建	築	構：鋼結構 + 輕鋼結構 + 混凝土結構
熱	浸	廠商：慧鋼企業股份有限公司
鋼	構	量：約 300 公噸
總	工	費：12 億元

一、前言

六堆客家文化園區原為屏東縣客家文化園區，位於屏東縣內埔鄉，南二高長治交流道下，於九十三年二月十九日經行政院提升為國家級建設，並更名為六堆客家文化園區（全銜客家委員會客家文化發展中心六堆園區），其成立目的是為保存、展示高雄市及屏東縣的十二個客莊行政區之客家生活風貌，及扶植六堆聚落文化產業的國家級區域文化設施，於 100 年 10 月 22 日正式開園。園區占地 30 公頃，分為「傘架聚落建築區」、「田園地景區」以及「自然草原區」等三個區塊，如圖 1 至圖 3 所示，總工程經費共 12 億元。

二、園區設計理念及各區景觀特色

園區腹地寬廣，主要分為三大區域，即「傘架聚落建築區」、「自然草原區」及「田園地景區」。園區內有演藝廳、九香花園、開基伯公、多媒體展示館、木棧道、菸樓、水頭廣場、礮間展示館等等，是一個很適合全家大小來踏青的地方。園區地標以「為大地打傘遮蔭」的設計概念，打造出六座傘架聚落式建築，結合客家元素笠嬭（斗笠）與紙傘意象，傘架上的太陽能光電系統，利用南臺灣豐富的陽光資源，提供了園區環保的綠色能源，以響應節能減碳概念。

園區最具特色的是外型以客家傳統紙傘及斗笠造型打造的傘架聚落，有六座傘架狀建築，每座直徑約十五米，如圖 4 所示。傘架上設置的太陽能板，發電量為 125 瓩，每年發電量可達 146,000 度電，可供應園區內機電及照明的部分需求，每年也可減少 89.35 公噸二氧化碳的排放，相當於種植 7,445 棵樹。此外，園區的其他建築除了有許多的綠色植物覆蓋外，也多覆蓋太陽能電板，傘下建築的原料也是可回收的建材，充分表現出節能減碳概念，是個不失傳統並兼具現代化的環保綠建築，如圖 5 至圖 7 所示。

巨大的傘覆蓋了大片的園區範圍，傘下各樣的小建築散置，整體視覺風格上，避免文化符號的立即顯現，設計作為以生態環保與節能的態

度為出發點。在南向配置生態水池調節周邊溫度，即使是到了夏天，傘下仍能提供涼爽的微氣候條件，為遊客提供舒適的參觀環境。同時倒影拉近大武山，讓平坦無趣的景觀多一個向度的延伸。

三、建築物防蝕設計～採熱浸鍍鋅表面處理

傘架下的鋼材、支撐管架及傘架外圍的格柵板都是採用熱浸鍍鋅表面處理，提供鋼材全面性的保護。園區設計年限為 20 年，而鍍鋅層膜厚設計為 $85\mu\text{m}(600\text{g}/\text{m}^2)$ 以上，但主結構物實際鍍鋅層膜厚至少有 $150\mu\text{m}(1060\text{g}/\text{m}^2)$ ，其他附屬結構物鍍鋅層膜厚也有 $105\mu\text{m}(742\text{g}/\text{m}^2)$ 以上，所以推估熱浸鍍鋅使用 50 年以上免維護。此外，太陽光電板的支撐架採熱浸鍍鋅後再行塗裝處理（雙重防蝕），除美觀外，其防蝕效益更具有相乘效果，如圖 8 至圖 11。

四、結語

如果因腐蝕問題或選擇不當的防蝕方法而造成了「銹蝕」景觀，即使再美麗、宏偉、壯觀的建築物，也會相形失色。熱浸鍍鋅能賦予鋼結構物新生命與美感，並增加防蝕效果，延長鋼結構物的使用壽命，進而達成節能減碳的效果，延緩全球暖化，為世界環保盡一份心力。



圖 1、傘架聚落建築區



圖 2、田園地景區



圖 3、自然草原區



圖 4、每座傘架直徑約有十五米，採用熱浸鍍鋅防蝕

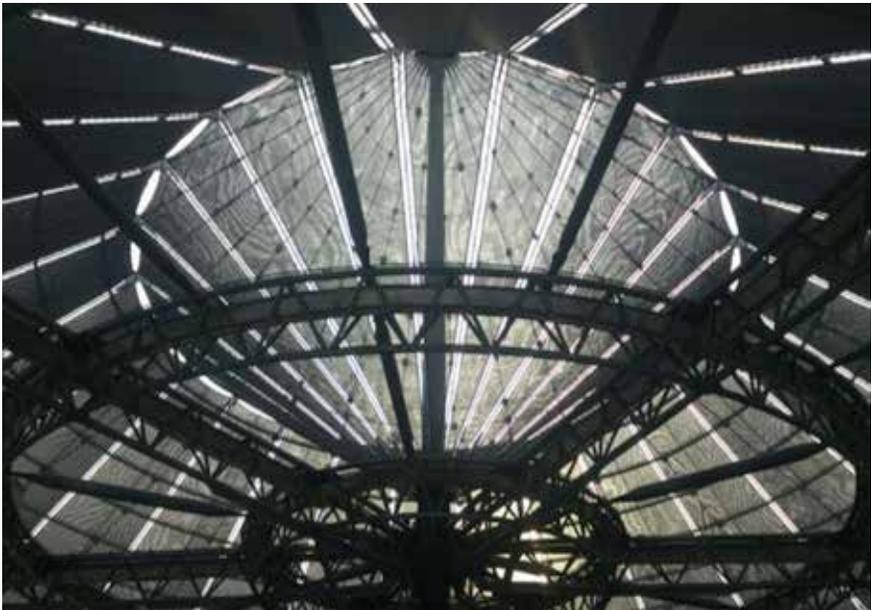


圖 5、傘架上設置的太陽能板



圖 6、綠色植物覆蓋 (1)



圖 7、綠色植物覆蓋 (2)



圖 8、傘架的熱浸鍍鋅鋼材



圖 9、傘架間的熱浸鍍鋅支撐管架

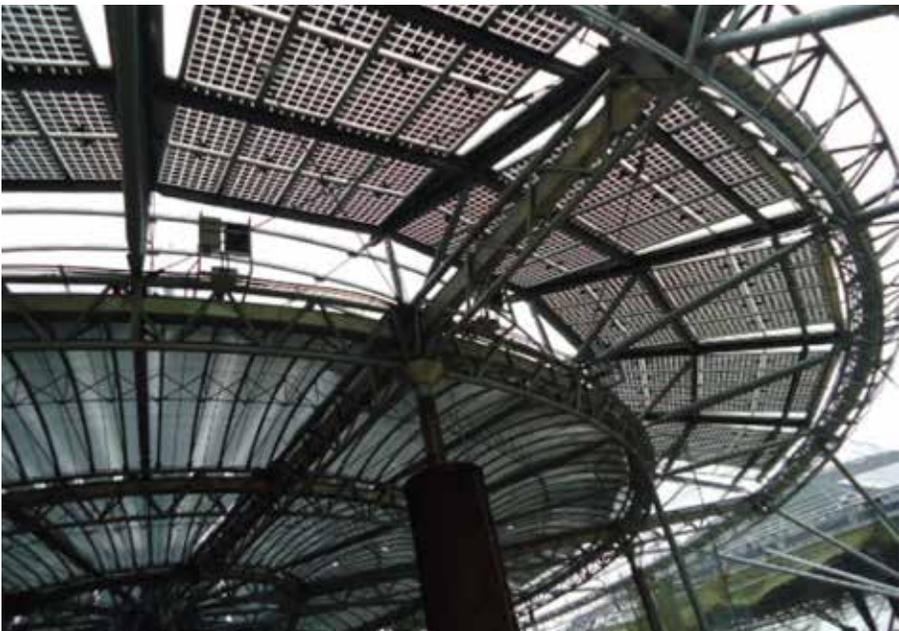


圖 10、傘架外圍的熱浸鍍鋅格柵板

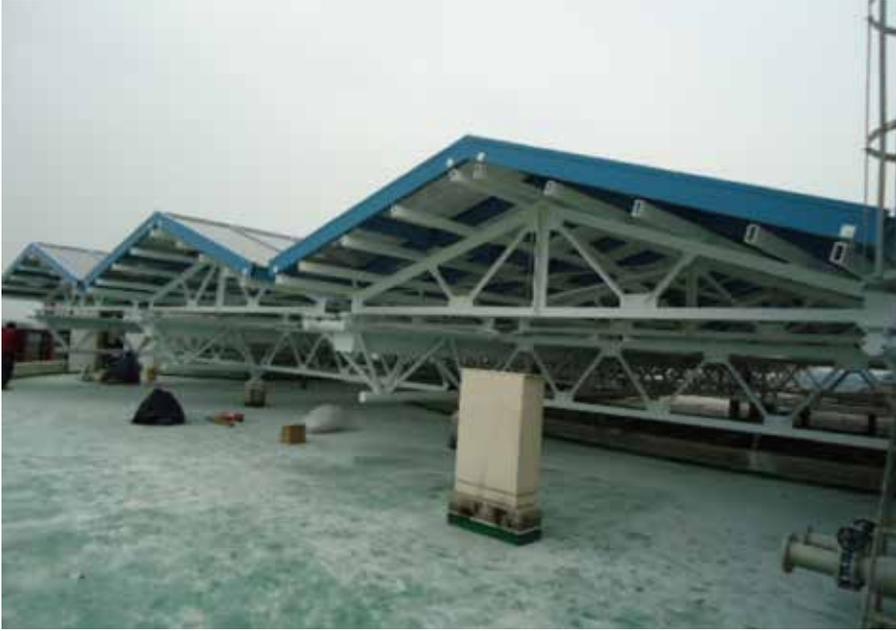


圖 11、太陽光電板的支撐架採熱浸鍍鋅後再塗裝處理（雙重防蝕）

熱浸鍍鋅問答集

問題 4. 熱浸鍍鋅所使用環境與耐用年限之關係？

答：【A】大氣中：請參考鋼鐵結構物熱浸鍍鋅問答集 6.1 節

大氣中的耐用年限可根據使用環境下鋅的腐蝕速率及鋅的附著量，由下列公式計算出。

$$\text{附著量} / \text{年腐蝕速率} \times 0.9 = \text{耐用年限}$$

註：1. 假設鋅層在 10% 殘留量時開始生鏽（依據 JIS-H8641 解說）。

例如：在鋅腐蝕速率為 $10(\text{g}/\text{m}^2/\text{年})$ 的環境中，鍍鋅附著量 $700\text{g}/\text{m}^2$ 之耐用年限為 $700 \div 10 \times 0.9 = 63$ 年；橋梁等大型構造物，鋼材厚度約為 10~50mm，鋅附著量約在 $600 \sim 1000\text{g}/\text{m}^2$ ，其耐用年限為 54~90 年。

【B】水中：鍍鋅在水中的腐蝕性，會受到 pH 值和溫度的影響，腐蝕速率較低的範圍為 pH 值 6~12.5，溫度 60°C 以下。

【C】海水中：海水中的腐蝕速率約為 $100 \sim 200 \text{g}/\text{m}^2/\text{年}$ 。然而在潮間帶及飛沫帶，其腐蝕速率可達 $1000 \text{g}/\text{m}^2/\text{年}$ 。

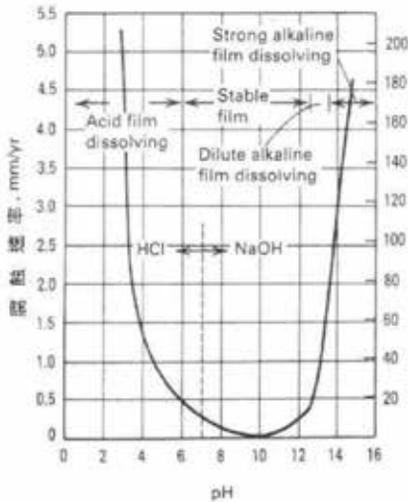
【D】土壤中：土壤中的腐蝕因子主要有含氧量、含水量、溶存物質的種類及濃度、導電度、pH 值和細菌微生物等。所以各種土壤中的腐蝕特性並不相同。

【E】混凝土中之耐蝕性

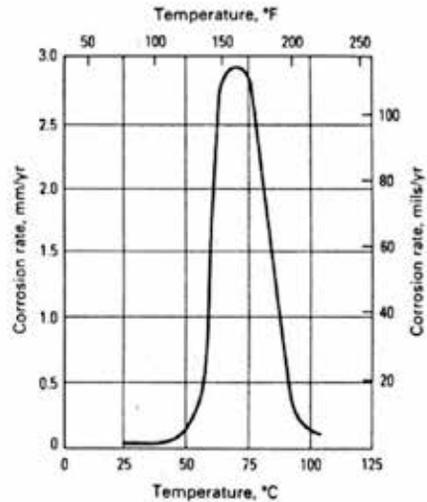
熱浸鍍鋅鋼筋在混凝土中之耐蝕性，最大影響因子為混凝土中的氯離子含量。

當標準品質之混凝土中少量氯離子侵入時，鋼筋表層之鍍鋅層仍具有優越的防蝕效益，若氯離子超過容許值時，將會使鍍鋅層產生孔蝕而無法達到預期的耐蝕年限。

根據 1985 年日本建築學會關東支部岸谷孝一、檉野紀元研究，採用熱浸鍍鋅鋼筋之鋼筋混凝土自然暴露試驗，使混凝土內熱浸鍍鋅鋼筋產生腐蝕之氯離子濃度，如下表所示。



水溶液 pH 值與鋅的腐蝕關係



水溶液 (蒸餾水) 溫度與鋅的腐蝕關係

圖 4、鋅與水溶液 (左) 及溫度 (右) 的腐蝕關係
(資料來源: Metals Handbook Vol. 13 Corrosion, p.526 & p.761)

熱浸鍍鋅鋼筋與一般鋼筋之氯離子含量容許臨界值 (氯離子含量%是對混凝土中之 NaCl 換算質量%)		
鋼筋種類	鈍態區狀態	產生低腐蝕狀態
熱浸鍍鋅鋼筋	0.1% 以下	0.3% 以下
一般鋼筋	0.014% 以下	0.034% 以下

註：一般鋼筋鈍態區之氯離子濃度(%, 混凝土中之含量換算出來)，細骨材中之氯離子濃度容許含量為 0.04%；低腐蝕區為 0.1%。

上表在一般鋼筋於混凝土中之氯離子濃度超過 0.034% 時，鋼筋開始生鏽、混凝土保護層龜裂、發生剝落之可能性大增。但對熱浸鍍鋅鋼筋而言，0.3% 之含量恐尚未達產生劣化。

實際混凝土構造之氯離子含量，在近海岸構造物受海水飛沫飛散機率高者有超過 1%；但不受海水直接噴濺的地方(除特異地形)，長期暴露下保護層 40mm 厚處之混凝土氯離子含量不會超過 0.3%。離海岸線 100m 外之一般混凝土品質構造物經長期後，在 40mm 保護層下之熱浸鍍鋅鋼筋均未有發生腐蝕現象。

中華民國熱浸鍍鋅協會合格熱浸鍍鋅廠商名冊

編號	公司名稱	鍍鋅爐尺寸	通訊住址	連絡電話	有效期限
1	台灣鐵塔股份有限公司	14.0×1.8×2.2	325桃園市龍潭區八德里湧光路一段136號	03-4792201	109.09.30
2	臺鍍科技股份有限公司觀音廠	16.0×1.8×3.0	328桃園市觀音區成功路2段919號	03-4837966	109.09.30
3	臺鍍科技股份有限公司高雄廠	12.5×1.5×2.3	821高雄市路竹區中山路259號	07-6973181	109.09.15
4	慧鋼企業股份有限公司	16.5×1.8×3.3	820高雄市岡山區嘉新東路2號	07-6226978	109.09.15
5	力鋼工業股份有限公司	12.5×1.8×2.5	324桃園市平鎮區東勢里19鄰快速路一段246巷158號	03-4503511	109.09.30
6	易宏熱鍍鋅工業股份有限公司	17.0×1.8×3.2	831高雄市大發工業區大有三街15號	07-7873377	110.01.15
7	亨欣工業股份有限公司	13.0×1.8×3.3	812高雄市小港區永光街2-2號	07-8068007	110.01.15
8	盟雅工業股份有限公司	14.0×1.9×3.2	521彰化縣北斗鎮四海路二段1號	04-8880775	110.01.15
9	尚燁工業股份有限公司	13.0×2.0×3.2	338桃園市蘆竹區蘆竹里蘆竹街147號	03-3221411	108.05.15
10	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	108.06.15

※說明：

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

本會熱浸鍍鋅合格認證委員會成員

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

熱浸鍍鋅加工建議價格表

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

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

熱浸鍍鋅結構物設計要點

密閉結構物無法進行熱浸鍍鋅作業

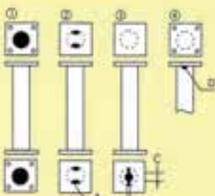
中空體之製品，有密閉和未留空氣流通孔之構造物，鍍鋅在(440℃)之密度約6.7g/cm³，鍍鋅在此時浮力最大，所以結構物無法作業。

密閉結構物會產生爆炸之危險

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

管件加工品

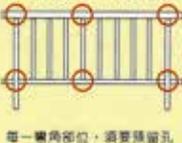
管件的加工品



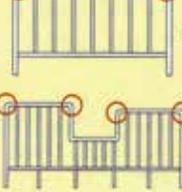
- ①: 應好精進均釋放。
 - ②③: 切管大小應讓30%以上開放，直徑如果未達到76mm以下，則必需釋放45%以上。
 - ④: ②及③狀況時，則在本圖180°之位置切角切角之方法：
- 管 直徑152cm
 A=半徑44mm B=寬度19mm
 C=直徑76mm D=半徑41mm

平面的加工品

平面的加工品

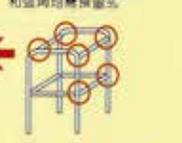


角管的加工品



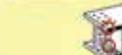
立體的加工品

立體的加工品



型鋼加工品

型鋼加工品



鋼板加緊鐵切角之大小為15R~35R左右(僅適用於H-100~H-300之型鋼)

平面的加工品



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。

立體的加工品

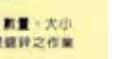
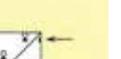
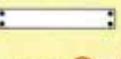


角管加工品

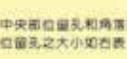
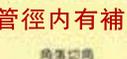
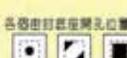
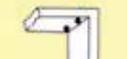
角管的加工品



平面的加工品



立體的加工品



重疊接合的製品

點焊時，焊接部位的縫隙、銹孔，會因水份進入，而在熱浸鍍鋅時產生鏽不上、銹水滲出表面的現象，且更會因滲入的水份而產生爆炸之現象，致使焊接部位因而產生裂紋。

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

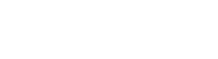
全周銲接(4處) 直徑在20~200mm以下全周銲接直徑在20~200mm以上，應銲接有防銹油



角箱和桶類之製品



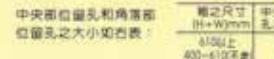
視箱之大小，來決定透氣孔孔徑、數量、大小之不同；另須預留貫孔，以利熱浸鍍鋅之作業



管徑內有補強板之製品



中央留孔



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、第七屆理監事名單：

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	石磊	理事	15	林招松	理事	22	彭振聲	監事
2	陳麒文	常務理事	9	李家順	理事	16	張文川	候補理事	23	吳福祥	監事
3	梁銘倫	理事	10	楊松隆	理事	17	陳益勝	候補理事	24	胡文虎	監事
4	魏豐義	理事	11	楊木榮	理事	18	呂永瑞	候補理事	25	羅俊雄	監事
5	戴晉平	理事	12	楊聰仁	理事	19	葉乙平	候補理事	26	鄭添富	榮譽理事長
6	施漢章	理事	13	王慶一	理事	20	許能通	候補理事	27	陳麒文	榮譽理事長
7	鄭旭成	理事	14	李文隆	理事	21	鄭錦榮	常務監事	28		

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：



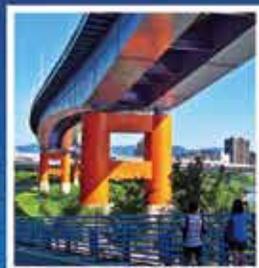
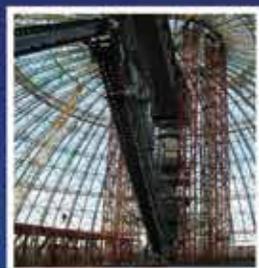
三、第十屆董監事名單：

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	魏豐義	董事長	5	陳麒文	董事	9	陳金增	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	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	監事
4	鄭旭成	董事	8	蕭勝彥	董事	12	施漢章	董事	16	彭振聲	監事

協會、基金會聯絡處

住址：80652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: cisc@ms13.hinet.net

一份真正屬於工程界的專業雜誌

創於 1980 年

現代營建雜誌 每月發行



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

多一份資訊 就是多一份力量
現在訂閱 永不嫌遲

零售每本 150 元

訂閱一年(12期)1500 元 訂閱二年(24期)2900 元

★★★若需掛號寄書一年加收 432 元、二年加收 864 元★★★

★★★相關科系學生訂閱有特價優惠，請附學生證影本★★★

歡迎試閱，來電或傳真相關資料即贈閱當期月刊壹本。

試閱專線(02)2551-8906 傳真(02)2571-9333

優惠協會會員

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

如需掛號寄書一年加收 432 元，二年加收 864 元

大樓鋼構工程施工及管理要領

馮春源 編著 定價 500 元(精裝/16 開/398 頁)

台灣大樓鋼結構工程雖然已有十幾年之歷史，但國內有關大樓鋼結構工程管理的中文資料極為缺乏。編者歷經十幾年之施工管理實務經驗，在工作之餘，將以日常用之管理手法整理成冊。本書依工程作業流程編排並分為規劃管理、工廠製造管理、工地安裝管理等三部份，另將非破壞檢測、銲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



前鋒日報

2019 訂戶預繳報費優惠專案

厚釜

鑄造直型
不沾砂鍋

20cm 鈦合金 台灣製造

電視購物百貨公司特價990元
讀者會員價660元

極溫 儲溫 無油煙

兼具燒、烤、燜、滷、炸等功能
可當砂鍋、三杯鍋、石頭火鍋使用

訂戶預繳一年報費9000元，即贈台灣製造直徑 20cm 鈦合金 厚釜不沾砂鍋一只

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>

前鋒日報 訂閱單

(報費每月750元)

送報日期：_____年_____月_____日

訂戶名稱：_____ 聯絡人：_____

聯絡電話：_____ 行動電話：_____

送報地址：_____

付 款 方 式	
1. 銀行匯款	遠東國際商業銀行新店分行(銀行代碼 805) 戶名:前鋒招標日報社 帳號:028-001-00006999
2. 郵政劃撥	戶名:前鋒招標日報社 劃撥帳號:19906667

訂戶刊登商品廣告、法院公告等另有優惠。請洽客服人員

公告刊登專線：02-82192298(158) 傳真：02-82192286



結構工程
 用技術落實對安全及永續的執著
SINOTECH

淡江大橋橫跨淡水河口，主跨長450公尺是全世界最長的單塔不對稱斜張橋，單塔位於夏至時夕陽沒入水中的淡水側，不僅保護八里端濕地不受影響，且提供最佳之淡水夕照景觀。單塔與燈柱造型整體設計構想，乃是發想自雲門舞者的舞姿；在夜間，由於燈光的效果，大橋宛如「寧靜的舞者」，展現優美迷人的身影。又單塔造型有如雙手合十，象徵「祈福」。該橋是由中興工程顧問公司、德國Leonhardt公司、英國Zaha Hadid建築師事務所共同負責設計與監造。

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



大將作箱型樑鍍鋅

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.....

..... 大至鋼鐵橋梁、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』



屏東科技大學游泳池



高雄應用科技大學燕巢校區

服務項目

結構爐 (16500×1800×3300mm³)

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 (3000×1000×1200mm³)

- 螺栓、螺帽、鉚釘、墊圈等小型鋼鐵製品及扣件。

我們不誇耀設備的新穎與宏大，我們只強調服務與品質



臺鍍科技股份有限公司

tg co., ltd.

防蝕專家 三重保證—品質、服務、創新



鹿港福興橋



桃園展演中心



台灣歷史博物館
光電雲牆



真理大學
體育館

鍍鋅爐尺寸

桃園廠：16m×1.8m×3.0m / 3.0m×0.7m×1.0m

高雄廠：12.5m×1.5m×2.3m

台南廠：4.5m×1.2m×1.8m / 3.7m×0.8m×1.2m

單件最大荷重能力→桃園廠：40噸 / 高雄廠：10噸

本公司榮獲 ISO 9001 品質認證專業熱浸鍍鋅廠商

熱浸鍍鋅特點：

- 耐腐蝕性強
- 經濟效益高
- 耐用年限長
- 省時又省力



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

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。

「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

信譽的標誌 鐵塔 · 橋樑名廠

 株式会社 サンテツ  住電朝日精工株式会社 SUMIDEN ASAHI INDUSTRIES, LTD.  株式会社 トモエ 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



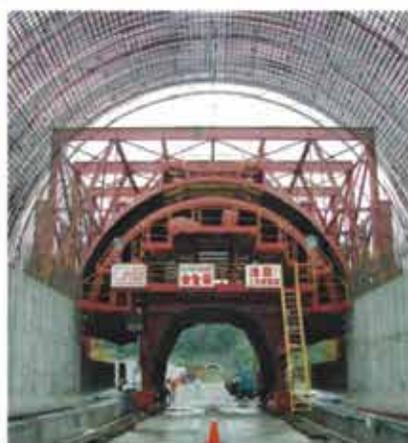
防止墜落裝置



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