

熱浸鍍鋅

趙焜岳題

2018/10

NO.63

<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





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

INDEX

- 1 第一單元 ▶ 活動紀實
 - ◎ Intergalva 2018 國際鍍鋅會議活動紀實
- 9 第二單元 ▶ 生產技術及防蝕技術專題：
 - ◎ 矽含量與其他合金元素對批式熱浸鍍鋅層結構的影響
 - ◎ 熱浸鍍鋅與鋼板成分設計
- 28 第三單元 ▶ 工程實績介紹：
 - ◎ 台灣中油濁水溪管架橋
- 38 第四單元 ▶ 熱浸鍍鋅問答集
- 43 第五單元 ▶ 107年1-6月份生產統計表
- 44 第六單元 ▶ 本會認證熱浸鍍鋅廠合格廠商
熱浸鍍鋅加工建議價格表
- 45 第七單元 ▶ 熱浸鍍鋅結構物設計要點
- 46 第八單元 ▶ 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

2018/10
NO.63



台灣中油濁水溪管架橋

業 主：台灣中油股份有限公司
設計監造：聯合大地工程顧問(股)公司
營造單位：春原營造股份有限公司
鋼構製造：春源鋼鐵工業股份有限公司
鍍鋅單位：臺鍍科技股份有限公司
鍍鋅鋼種：2,800公噸

廣告索引

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

鍍鋅雜誌滿意調查表



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

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



Intergalva 2018 國際鍍鋅會議活動紀實

方志豪¹

¹ 永尚股份有限公司副理

第一次的熱浸鍍鋅國際會議是在 1950 年的 7 月 17~21 日由英國鍍鋅協會舉辦，地點在哥本哈根的丹麥土木工程學會。當時的英國鍍鋅協會隸屬於牛津鋅開發協會，會議中邀請了 80 多位的學者專家首次在哥本哈根一起聚首，當時所探討的議題，包括鋁對鍍鋅的影響、鋅渣的產生、白銹的抑制等等，現今有些仍在 Intergalva 的會議上持續被討論。其中一個議題「鍍鋅的未來」、以及討論「鍍鋅的競爭對手」在這 65 年來的各種結論仍舊是令人著迷，回顧現今鍍鋅行業如何蓬勃發展，就像當年的預測一樣。

第一次會議上值得一提的是 Dr. Heinz Bablik 的出席，也被後人稱為鍍鋅流程工業化之父，當時他是維也納大學的一位講師，同時也負責管理 BRUN 家族的鍍鋅工廠（該工廠仍在營運當中，並已納入 Zinkpower 集團之一），當時他在會議中發表的議題「使用助鍍劑鍍鋅與不使用助鍍劑鍍鋅的優缺點」，這個理論在 1926 年出版，到 1950 年更新至第三版，並發表於會議中。

到 1955 年，三次國際會議刺激了對歐洲鋼鐵行業對鍍鋅的聯合需求，使得板材、線材和管材等的鍍鋅工藝在鋼鐵行業得到廣泛應用，並於 1955 年 11 月由開放式熱浸鍍鋅組成自己的協會。通過投票後，Dr. Heinz Bablik 成為第一屆的歐洲鍍鋅協會（EGGA）主席。EGGA 接管了這些會議的組織，然後在米蘭（1956 年）和比利時（1958 年）舉行了會議。往後以每三年舉辦一次會議模式，東道國提名 EGGA 主席。從那時起，國際鍍鋅會議（也稱為 Intergalva）成為了鍍鋅行業的主要國際論壇。



本次會議的演講總共有 12 個大項目，分別為

1. 專題演講
2. 鍍鋅在橋梁結構上的應用
3. 鍍鋅鋼鐵的創新應用
4. 鍍鋅螺絲鋼結構的設計
5. 鍍鋅製程的優化
6. 添加合金的技術與應用
7. 全球鍍鋅的榮耀
8. 鍍鋅在建築與施工的見解
9. 鍍鋅符合市場需求
10. 鍍鋅鋼筋的現況與市場機會
11. 鍍鋅可續性與環境
12. 鋅與鋅合金的防蝕效果

本次會議中的創新活動 -- Workshop 專家討論會，一共有四個小組場地，與會者可以在報名時依據自己喜歡的議題再額外選擇參加。討論的議題不外乎與鍍鋅相關，如「如何有效管理助鍍槽」、「如何降低鋅灰、鋅渣」等等。討論中有一位主持人負責引導與會者發表各自的意見，相互討論，最後總結。與會者可以聽到不同區域國家針對這個議題的看法與管理，進而吸收更多的知識。

這次專家討論會議題包括：

- 提高鍍鋅的效率
- 浮渣的生成與防範
- 能源的節省
- 鋅錠的採購與避險
- 鋅鍋的管理與壽命
- 廢酸的處理
- 助鍍劑的再生與管理
- 污染物的控制與白煙的收集
- 鈍化與其他後處理
- 鍍鋅後粉體塗裝與油漆的工序

本次會議一共有七十多家廠商參展，會議恰巧碰上四年一次的世足賽，全球知名的鍍鋅鍋品牌 W.Pilling Riepe GmbH Co.KG 為了讓大家不錯過精彩的比賽，在現場佈置大型鍍鋅鍋，並在兩側各鑲一台大電視即時轉播，並且提供與會者無償的酒水飲料，讓大家更盡興。



展商最中央位置為 W.Pilling 吧台



圖 1、美國知名鍍鋅設備製造商



圖 2、全球知名鋅錠製造商



圖 3、美國廢酸回收廠家(蒸餾法)



圖 4、義大利線材供應商



圖 5、德國噴砂材料商



圖 6、義大利化學品供應商

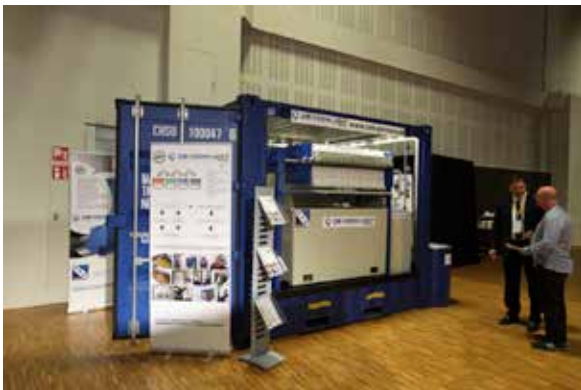


圖 7、助鍍劑 (FLUX) 再生設備



圖 8、法國及德國的製程藥劑供應商

上述為本次會議的議程、參展攤位的佈置，還值得一提的是本次大會的用心，除了會議每日的自助午餐外，還精心安排了歡迎晚宴，晚宴的地點在柏林歌劇院內，一邊享用美味的佳餚之餘，一邊讓現場表演豐富了整個晚宴，尤其是管風琴演奏，是不容易在台灣見到的。演奏者透過美妙的旋律組成磅礴的歌曲，撼動全場的每個人。

此次的工廠參觀也是歷屆最豐富的行程，一共有八個行程可供與會者自行選擇，其中有三個行程需要在外地過一宿；筆者選擇的是第二團 -- 科隆地區的行程，這個參訪行程一共安排三間工廠參觀 (Coatinc、Verzinkerei Lennestadt GmbH & Co.KG 及 Niedax) 以及走訪科隆市區。



圖 9、柏林歌劇院前合影



圖 10、歡迎晚宴 歌劇院內全景

1. Coatinc Siegen、Coatinc Prega

Coatinc Siegen、Coatinc Prega 隸屬 Coatinc 集團在歐洲共有 35 家鍍鋅廠，其創辦人亦是 Intergalva 會議的發起人。參觀的工廠除了一般熱浸鍍鋅之外也有高溫熱鍍鋅與自動化粉體塗裝工廠，其中高溫鍍鋅的產品更應用於汽車產業中，也是唯一一家得到 BMW 集團認可的鍍鋅廠。

一般鍍鋅廠小檔案：

- 成立年份：1982
- 鋅鍋尺寸：19.5 米長 x 1.8 米寬 x 3.2 米深
- 使用 W.Pilling 鍍鋅鍋（鐵鍋）
- 操作溫度 450 度
- 最大吊重設計：16 噸
- 最大長度設計：28 米
- 內部有助熔劑回收設備
- 半自動鍍鋅生產線設計
- 24 小時生產服務

高溫鍍鋅廠小檔案：

- 成立年份：2001
- 鋅鍋尺寸：4.5 米長 x 12 米寬 x 24 米深
- 陶瓷鍋 x 2
- 操作溫度 560 度 ~ 620 度
- 最大吊重設計：800 kg
- 前處理採封閉設計
- 全自動鍍鋅生產線設計
- 自己研發的鈍化劑



圖 11、Coatinc Siegen 總經理向大家介紹工廠情形



圖 12、排列好的鋼結構鍍鋅準備前處理



圖 13、右側為鍍鋅爐，左側封閉區為前處理區



圖 14、工人吊掛工件上架

2. Verzinkerei Lennestadt GmbH & Co.KG

Verzinkerei Lennestadt GmbH & Co.KG，這是一家小而巧的鍍鋅廠，在廠房有限的情況下，充分運用天車的自動化達到產能的提升。由於是狹長型的廠房設計，前後廠區的天車皆配置可 180 度旋轉的機構，讓場地利用率提高。另廠區中也配置有粉體塗裝工廠，與 Coatinc 不同的是塗裝線採半自動，人工的噴塗而非全自動化。



圖 15、前處理採用封閉區



圖 16、鍍鋅使用門罩收集鍍鋅煙塵



圖 17、透過可旋轉 180 度的天車，克服場地限制



圖 18、工人將產品下架

3. Niedax

當天晚上在溫德哈根過一夜，隔日前往 Niedax 工廠參觀，Niedax 是歐洲最大的線槽設計與供應商，產品行銷全球。鍍鋅只是製程中的一環，廠區有全自動的鍍鋅設備，封閉式的前處理區域，完全是綠色的鍍鋅工廠。

一般鍍鋅廠小檔案：

- 員工數：60 人
- 工時：採三班制
- 鍍鋅產量：每週生產約 350 噸；每年約 12,000 噸
- 鋅鍋尺寸：3.5 米長 x 1.8 米寬 x 7.5 米深
- 使用回收鋅錠



圖 19、參觀 Niedax 後，第一團大合照



圖 20、參觀 Coatinc Siegen 後，與負責人合影

矽含量與其他合金元素對批式熱浸鍍鋅鍍層結構的影響

王光國¹

¹ 中山大學材料與光電科學學系

一、摘要

批式熱浸鍍鋅已廣泛使用在各種鋼材的防蝕處理，至今使用已超過1個世紀之久。矽是鋼材的主要添加元素之一，除了用於煉鋼的脫氧處理外，亦可用於鋼材的固溶強化。然而，鍍鋅層的組織結構、厚度及外觀均會受到矽含量的影響，此現象即是著名的桑德林效應 (Sandelin effect)。本文針對矽和相關元素對熱浸鍍鋅時的鋅鐵介面反應，做一簡短的回顧，說明矽與其它合金元素對鋼材的熱浸鍍鋅性的影響及對策。

二、前言

傳統的批式熱浸鍍鋅鍍層的結構除了純鋅以外，在鐵鋅界面處主要是由鋅和鐵相互擴散形成的介金屬化合物層所組成。鍍鋅層的結構直接受生產製程參數影響；包含鋅浴的溫度、化學組成、浸鍍保持時間及鋼材的化學組成等。就鋼材的化學組成而言，矽是主要的添加元素之一⁽¹⁾。矽是地球的主要組成元素之一，取得容易且非常廉價，除了在煉鋼時可以提供脫氧的功能之外，亦可固溶於肥粒鐵中，提供固溶強化的作用。在上個世紀，Sandelin 博士首次描述了含矽量約為 0.06-0.10wt% 的鋼材與熔融鋅之間會產生突發性反應的問題^(2,3)，這種突發性反應導致鍍鋅層厚度異常增厚，因此日後的文獻皆以“桑德林效應 (Sandelin effect)”稱之。圖 1 就是鍍層厚度與鋼材矽含量的關係，或一般所稱的桑德林曲線，其中標示為 I 的區域即呈現鍍鋅層厚度異常增厚的現象。除此之外，依據 Sandelin 的研究報告，發現鋼材的矽含量超過 0.5wt% 時，也會導致鍍鋅層品質惡化，包括鍍層的不連續性、厚度增加和附著性降低⁽⁴⁻⁷⁾。截至目前，有大量的研究

報告出爐，說明矽對鍍鋅性的影響，但是在鍍層形成過程中，矽對鐵和鋅之間相互擴散過程的影響機制仍尚未完全釐清。

就現今的鋼材種類來說，結構用鋼板 (SS 鋼材) 是歐、美、日規格中使用最多的鋼種之一，其應用涵蓋了橋梁、船舶及車輛。這些結構用熱軋鋼材經常需要透過批式或連續式熱浸鍍鋅提昇其防蝕性。而結構用鋼材經常會添加 0.1-0.9 wt% 的矽含量，作為強化元素。不幸的是，這些特定含量的矽將會影響鍍鋅層的顯微組織與外觀。除了矽的影響之外，其它在鋼材的添加元素也會與矽結合影響鍍鋅層的品質。本文對矽對批式熱浸鍍鋅鍍層的影響做一回顧與討論，以下將依序討論批式熱浸鍍鋅製程與鍍層品質，和矽与其它元素對鍍鋅層結構與外觀的影響。

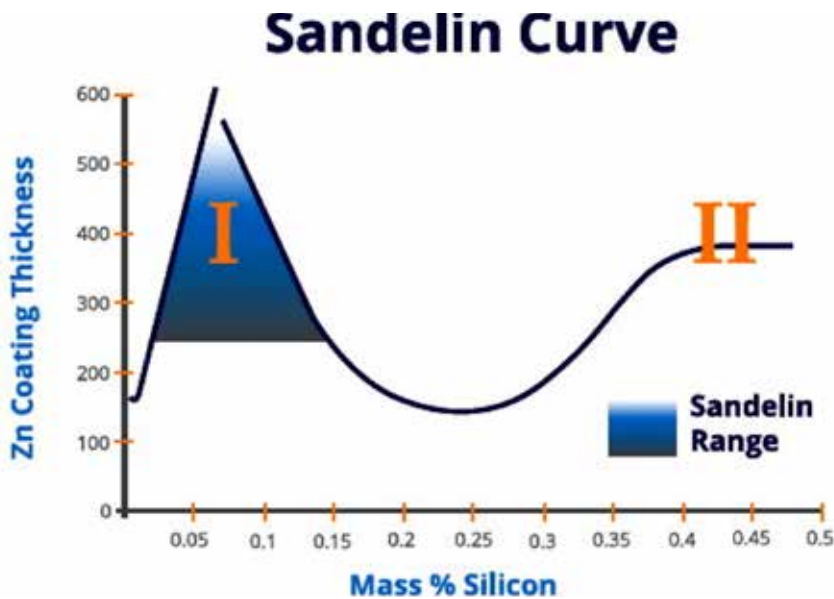


圖 1、桑德林曲線 (Sandelin curve)

三、批式熱浸鍍鋅製程與鍍層品質

傳統的熱浸鍍鋅製程主要是由三個基本步驟組成，包含表面處理、鍍鋅和產品品質管控。以下將針對這三項步驟進行細述。首先，表面處理通常分為三個步驟，包括清潔 (Rinse)、酸洗 (Acid clean) 及上助鍍劑

(Flux)，如圖 2 所示。在清潔部分，當金屬表面殘留有機污染物；如灰塵、油脂及油脂時，可使用熱鹼溶液去除 (Alkaline clean)。另外，當表面有環氧樹脂、乙烯基樹脂、瀝青、油漆或焊接點等時，則會以噴砂或其它機械方式處理去除後，再進行鹼洗。接著的酸洗部分，主要是在大氣環境下透過稀釋過的硫酸溶液或鹽酸溶液去除鋼材表面的鐵鏽。很多時候也可以用磨料搭配化學溶液清洗，採用高壓氣體或快速旋轉輪方式推動金屬鋼球或砂礫撞擊鋼材表面來達到清洗的效果。在鍍鋅前最後的表面處理步驟是塗上助鍍劑，目的是去除鋼鐵表面生成的氧化物，同時防止鍍鋅之前在金屬表面上生成更多的氧化物。工業界使用的乾式鍍鋅過程中 (見圖 2 乾燥階段⁽⁸⁾)，是將鋼材先預浸漬在鋅銨氯化物水溶液的助鍍劑，然後再將其乾燥後進行鍍鋅。而對濕式處理來說，先倒入液態鋅銨氯化物水溶液使其漂浮在熔融鋅的表面，鋼材會先通過液態鋅銨氯化物助鍍劑後，再進入到熔融鋅中完成鍍鋅。不正確或不恰當的表面前處理將會使鍍層的使用壽命減少。表面上有任何處理不恰當時，當鋼材從鋅浴中抽出時會立即顯現在鋼材表面。

第二步驟為鍍鋅過程，此步驟即鋼材是完全浸入至少 98 wt% 以上的純鋅鋅浴。美國材料和試驗協會 (ASTM) 的 B6 規範訂定各種鋅浴化學組成，通常鋅浴溫度需維持在約 840 °F (449°C)。在鍍鋅過程中，一旦鋼材浸入鋅浴中，鋅與鐵界面立即產生冶金反應，鋼材表面將生成鋅鐵介金屬化合物，使得液態鋅能夠完全潤濕在鋼材表面。鋼材在鋅浴中達到鋅浴溫度後，再從鋅浴中慢慢取出，接著透過排液、振動等方法去除過量的鋅液，以控制預期的鍍層厚度。鐵鋅冶金反應將持續到鋼材抽離鋅浴，直到鋼材逐漸冷卻之後才會停止。鍍鋅產品的冷卻方式通常是利用水冷或直接置放在大氣環境下進行空冷，圖 3 為一典型的批式熱浸鍍鋅過程⁽⁸⁾。由於鍍鋅過程是將鋼材完全浸入鋅浴中，因此外部和內部都會完全被鋅層所覆蓋。

最後，第三步驟是鍍鋅產品檢驗，熱浸鍍鋅鍍層的兩個重要特性是鍍層厚度和鍍鋅層表面外觀。檢驗方式通常是用簡單的物理方式進行量測，

以確定厚度、均勻性及附著性。一般的鍍鋅產品的檢驗方式都是根據美國材料和試驗協會 (ASTM)、加拿大標準協會 (CSA)、美國協會美國國家公路交通管理局 (AASHTO) 及中國國家標準 (CNS) 等的規範來進行檢驗與認證。這些標準規範具有鍍鋅產品最低要求，包括各種類別的鍍鋅層的厚度與鋅層化學組成。

對於鍍鋅層的品质來說，必須觀察鍍鋅層顯微結構。如前所述，鍍

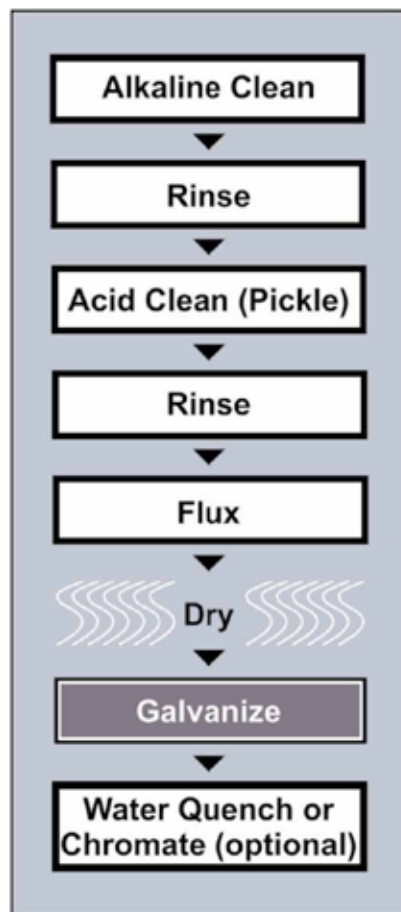


圖 2、乾式熱浸鍍鋅製程步驟⁽⁸⁾



圖 3、批式熱浸鍍鋅過程⁽⁸⁾

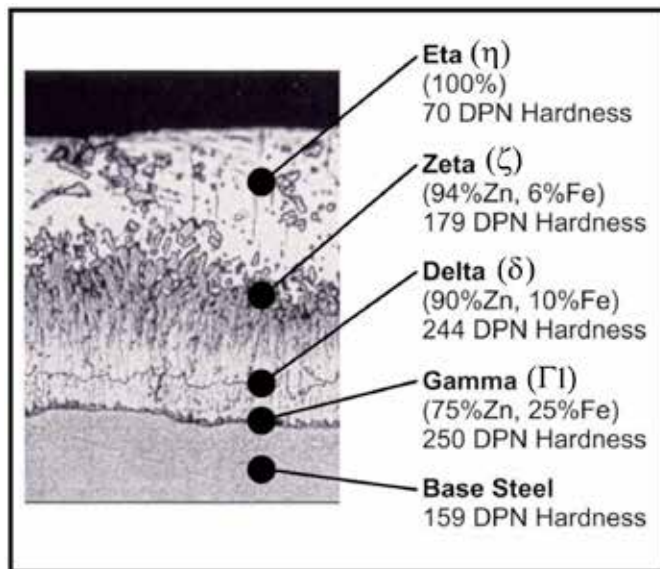


圖 4、鍍鋅層之橫截面⁽⁸⁾

鍍鋅過程中鋅與底材鐵之間經由冶金反應生成鐵鋅介金屬化合物，也就是說鋅鐵反應創造了金屬底材以外的一層阻障層。在鍍鋅過程中，熔融的鋅與鐵反應生成一系列分層的鋅鐵介金屬化合物，如圖 4 所示⁽⁸⁾。典型的鍍鋅層的顯微結構，是由三層鐵鋅介金屬化合物組成，包含 Gama(Γ) 相、Delta(δ) 及 Zeta(ζ) 和外面包覆的 Eta(η) 純鋅層。該鐵鋅介金屬層通

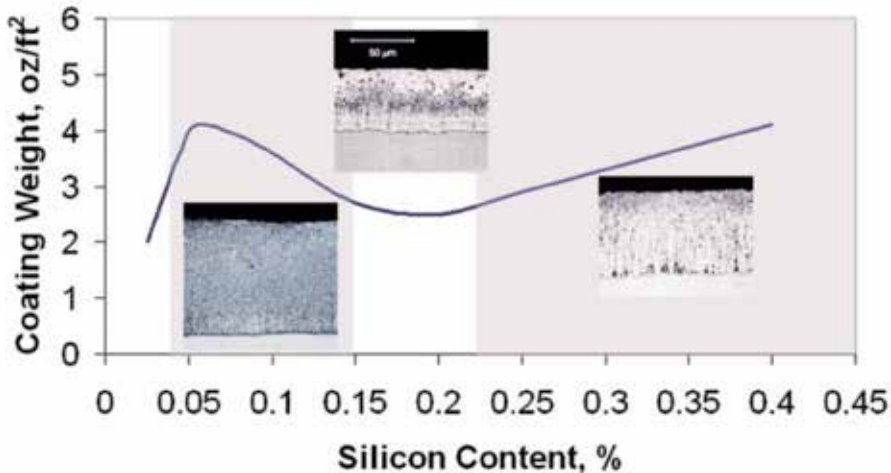


圖 5、矽含量對鋅層結構之影響 [8]

常能夠提供 3600 psi 的附著力，遠高於刷漆層的附著力（通常只有在數百 psi）。另一方面，對鍍鋅層品質的影響還包含鋼材本身的化學性質，依據 ASTM A 385 標準規範，建議如何獲得高品質的熱浸鍍鋅層。其中，特別提到矽含量將會對鍍鋅層成長產生嚴重的影響。除此之外，其它元素如磷或錳也會增加鋼材的反應性，以及同時結合特定矽含量時，也會產生更厚的暗灰色鍍鋅層。圖 5 顯示矽含量對應產生典型的熱浸鍍鋅層組織結構 [8]，即說明當矽含量介於 0.04-0.14 wt% 的範圍時，鍍層將增厚，重量也相對增加，鍍層幾乎是由鐵鋅介金屬（包含 ζ 、 δ 及 Γ_1 ）相所組成。同樣地現象也會發生在當矽含量高於 0.25 wt% 以上，這些鍍層都會產生暗灰色的外觀。反之，當矽含量介於 0.14-0.25 wt% 的範圍時，則會產生較薄的鍍層，最外層仍保有一半以上的鋅（ η 相），靠近底材處的鐵鋅介金屬相相對變薄，外觀上顯得較為明亮。因此，當要求最高品質的鍍鋅而言，建議矽含量應該是小於 0.04% 或介於 0.14% 至 0.25% 之間。若落於上述範圍以外則將被視為是反應性鋼材，容易產生過厚的鍍鋅層，使鋼材增加約 20% 額外的重量，並產生較暗的外觀。更多有關鋼材矽含量與其它添加元素對鍍鋅層的影響將於下節詳述。

四、矽与其它元素對鍍鋅層結構與外觀的影響

根據 Sandelin 博士在 1940 年建立的桑德林曲線 (Sandelin Curve)，當鋼材或焊接材料中的矽含量落於桑德林曲線的 I 或 II 區 (參見圖 1) 時，將導致鋼材在熱浸鍍鋅過程中的反應性劇增，鋅層厚度約為正常厚度的三倍，此鋼材通稱為”反應性鋼材”，結果導致鍍層容易發生剝離，如圖 6 所示⁽⁹⁾。同時，這種桑德林效應亦會造成暗無光澤和具有粗糙斑點的鍍層外觀，如圖 7 為兩種發生桑德林現象的鋼材鍍層外觀⁽¹⁰⁾。

針對上述的桑德林現象，學者進一步分析不同矽含量的鋼材，其鍍層的鐵鋅反應動力學與形貌變化^(6,11)。研究結果發現在相同的條件 (鋅浴 450 °C x 9 min) 下熱浸鍍鋅之後，得到不同的鐵鋅介金屬化合物與厚度變化。圖 8 為不同矽含量鋼材的鍍層厚度與鋅鐵反應機構。其中低矽含量 (<0.04%) 的鋼材 (成分 a) 稱為亞桑德林鋼，其鍍層組織與一般低碳鋼鋅層相同，在浸鍍初期 (鋅液剛接觸底材幾秒鐘之內) 首先是 ζ 相的異質成核，隨浸鍍時間增加，再於 ζ 相與底材的介面依序生成 δ 與 $\Gamma 1$ 相，其中 δ 相的厚度遠高於 $\Gamma 1$ 相的厚度，因此中、後期的合金層成長是屬於固態擴散反應，成長模式遵循鍍層厚度正比於 \sqrt{t} (時間) 的關係。成分 b 的鋼材其矽含量接近 0.07wt%，位於桑德林 I 區範圍，因此稱之為桑德林鋼。此一鋼材在浸鍍初期，由於矽原子隨鐵原子一起溶出，造成介面鋅液中矽含量升高。由於 ζ 相對矽幾乎沒有溶解度，因此鋅液中過高的矽含量導致 ζ 相無法在鋼材表面異質成核，轉而直接在鋅液中矽含量較低處，因鐵的過飽和而成核析出。由於鐵原子可透過液相快速擴散，因此 ζ 相可隨時間急劇成長，當鋼材從鋅浴取出固化後，形成以 ζ 與 η -Zn 兩相為主的鍍層，厚度可接近 500 μm (約為純鐵上的鍍層厚度的 10 倍)。此階段的 ζ 相成長速率與時間 t 成線性關係，而 δ 相則必須等到 ζ 相成長至接近底材時才會生成，且成長速率緩慢。 δ 相對矽有高達約 1 wt% 的溶解度，相較之下，對於成分 c 與 d 的鋼材，矽含量高於 0.1 wt%，稱之為過桑德林鋼。其鍍層初期的介面反應與桑德林鋼非常相似，也是 ζ 相在鋅液中過飽和析出，當成長至快接觸底材時，會有微細的 FeSi 化合物因矽產生過飽和而生成，

混合在 δ 相與 ζ 相之中，當液相凝固後會形成由 $\text{FeSi}+\delta$ 兩相所組成的結構。該階段生成的 ζ 相，其結晶會發展成多面體的形貌，而 FeSi 化合物也會有清楚平整的界面，是與桑德林鋼鍍層形貌上最大的差異。此外，其反應速率低於桑德林鋼鍍層，因此鍍層厚度也較低，但是仍然以 ζ 相為主要的合金相。最後，成分 d 的矽含量高達 0.36 wt%，初期反應的 ζ 相將會朝液相生長，延遲了 ζ 相與底材的接觸，這個現象導致鍍層厚度高於成分 c 的鍍層，且可觀察到垂直於 Fe-Zn 界面具柱狀形貌的 ζ 相。同時，大量的 $\text{FeSi}+\delta$ 兩相混合物在底材與 ζ 相之間生成，一方面阻礙 ζ 相與底材鐵接觸，同時也穿過 ζ 相的柱狀晶而接觸到鋅液，這個現象導致更大的濃度梯度，使得鍍層變得更厚。

綜合上述的結果，可說明矽含量的對鍍層厚度的影響是來自於不同的



圖 6、鋅層變厚發生剝離⁽⁹⁾

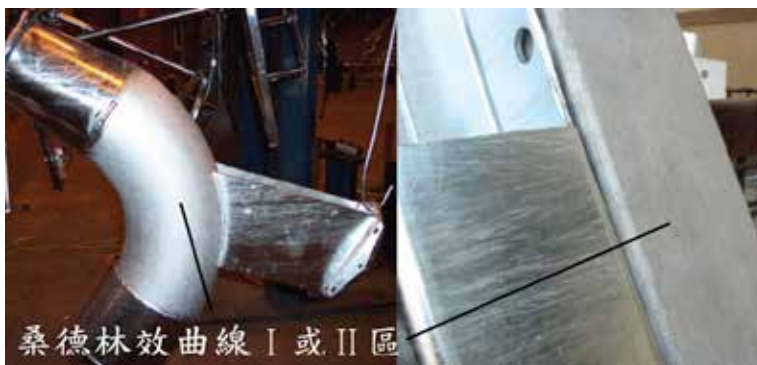


圖 7、矽含量落在桑德林效曲線 I 或 II 區產生的鋅層外觀⁽¹⁰⁾

鐵鋅矽反應動力學。大致上來說，可以分為亞桑德林鋼，其介金屬化合物成長遵循正比於 \sqrt{t} 的關係，而桑德林鋼 (b) 和過桑德林鋼 (c 與 d) 則遵循正比於 t 的關係。

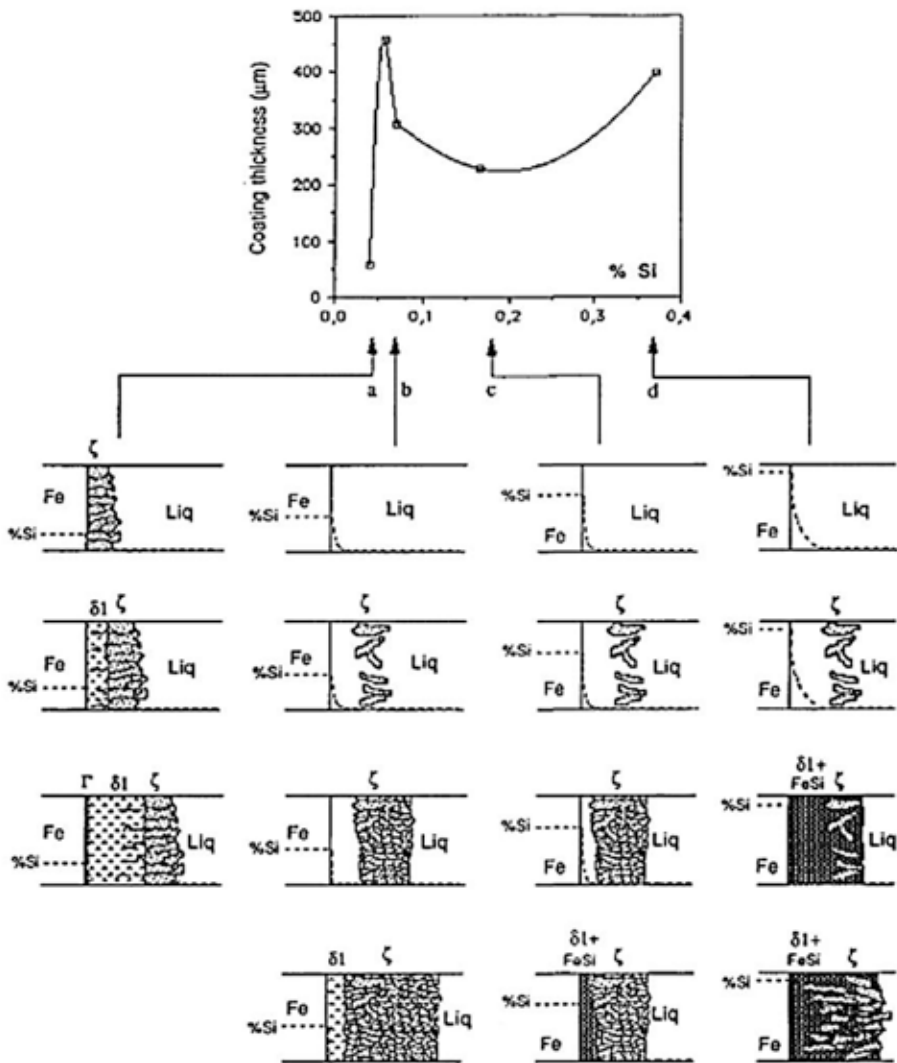


圖 8、矽含量影響鍍鋅反應模型^(6,11)
 (a：亞桑德林鋼，b：桑德林鋼，c 和 d：過桑德林鋼)

Sandelin 博士認為除了矽會影響以外，磷也是鍍鋅反應中的另一種催化劑，因此建立了矽當量公式如下：

$$[\text{Si}]_{\text{eq}} = [\text{Si}] + 2.5 * [\text{P}]$$

因此可以將矽和磷含量輸入公式合併計算之後，再將該計算值對應桑德林曲線（見圖 1）以預測其反應特性。舉例而言，矽含量皆為 0.17% 的兩個鋼材，但具有不同的磷含量（0.01 wt% 和 0.08 wt%），根據上述公式得到結果如下：

$$\text{Steel 1: } 0.17\% + 2.5 * (0.01\%) = 0.195\%$$

$$\text{Steel 2: } 0.17\% + 2.5 * (0.08\%) = 0.37\%$$

因此，雖然矽含量相同，但是這兩種鋼材的介面反應是非常不同的。前者會下降進入桑德林曲線的“鞍形”區域，鍍層厚度增加有限。但是鋼材 2 則會落入鋼材反應性較高的“平原”區域（II 區），使得其鍍層厚度大幅增加，此外，鍍層外觀也會隨之變化。依據上述矽與磷含量對鍍鋅的影響，可細分成五種類型，分別可對應於桑德林曲線，其特性細述於表 1⁽¹²⁾。

除了矽與磷對鍍鋅造成影響外，也有研究報告彙整說明幾種最常見的鋼材添加元素對鍍鋅性的影響⁽¹³⁾。對碳而言，研究發現當碳含量高於 0.3 wt% 時，可以增加鐵在液相中的溶解速率，導致 ζ 相生長速率提昇。 ζ 相過厚往往導致鍍層的附著性惡化，容易發生剝離現象⁽¹⁴⁻¹⁶⁾。除了矽可以當作脫氧劑以外，鋁也是常見的脫氧元素，而鋁比矽對鐵具有更高的親和力，因此容易在鍍鋅時形成不連續的介金屬化合物，如 Fe_2Al_5 、 FeAl_2 及 FeAl_3 相。雖然目前還沒研究明確說明鋁含量對鐵鋅動力學的影響，但是一般認為鋼材中添加相當含量的鋁（0.01-0.39 wt%），可以抑制桑德林效應⁽¹⁷⁻¹⁸⁾。對於建築用鋼添加少量的錳是常見的，由於錳與鐵原

子尺寸相當，因此它對鐵鋅動力學的影響幾乎完全可以忽略不計。但是，在矽脫氧鋼添加高於 1.25 wt% 的錳時，可以改善鍍層的機械性能，這很可能與生成緊密的 ζ 相有關^(14,16,19)。最後，添加硫在鋼材內往往是要增加鋼材的切削性，但是當硫含量大於 0.15 wt% 時，會增加鐵在鋅液的溶解度，導致厚鍍鋅層的形成，而造成鍍層附著性不足，最常見的現象是鍍鋅螺紋表面產生鍍層剝落的現象^(16,19)。

為了克服添加矽產生的桑德林現象，導致不正常的鐵鋅介金屬化合物成長，目前已有幾種對策被廣泛採用，例如在鋅浴中添加微量的鎳 (<0.06 wt%)，可以抑制桑德林效應⁽²⁰⁻²³⁾，產生標準厚度的鍍鋅層與光亮的外觀。另外，也有研究發現添加其他少量元素，如 Al、Pb、Ge、Ti、Bi、Cu 或 Cd 到鋅浴時，也可以降低桑德林效應，或者增加鋅浴流動性也具有類似效果⁽²⁴⁾。另外，一個新的合金 (含 0.5-1 wt% 錳) 鋅浴也具有抑制桑德林現象的效果⁽¹¹⁾。圖 9 即為說明表示添加不同合金元素到鋅浴來抑制桑德林現象的實驗結果，可見對低矽含量的鋼材 (<0.1 wt%)，添加 1 wt% 錳是最有效抑制桑德林現象的對策。但當矽含量 >0.3 wt% 後，不管是錳、鎳或鋁都無法有效抑制鍍層變厚。

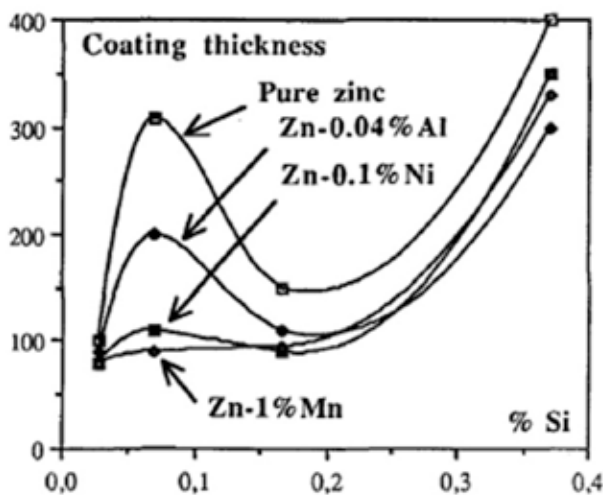


圖 9、添加合金元素對鍍鋅厚度的影響

表 1、鋼鐵成分與對應鍍鋅層特性一覽表⁽¹²⁾

類型	矽與磷關係		外觀	抗機械破壞	鍍層重量	應用
X	Si<0.010%		明亮	優	最輕，低於標準值	美觀與抗腐蝕
A	熱壓	Si<0.040% Si+2.5P<0.090%	明亮	優	標準， 些微高於標準需求	符合抗蝕 標準需求
	冷壓	Si+2.5P<0.040%				
B	0.14<Si<0.25%		明亮	優		
C	0.04<Si<0.14%		佳，隨著鋼壁厚 增加而變霧輝色 與粗化表面	可	高於標準值， 但抗蝕性佳	長時間 抗腐蝕用
D	Si>0.25%		變暗沉色與粗糙 表面	低	相當重	無磨擦 環境 抗蝕性佳

五、結論

批式熱浸鍍鋅製程使用至今，一直是鋼鐵材料抗腐蝕的最佳表面處理對策。但是鋼材中的合金添加，往往造成其鍍鋅性的大幅變異，原因即在於合金元素改變了鋅鐵的介面反應特性。最典型的現象即為“桑德林效應 (Sandelin effect)”，也就是鋼材因添加矽而影響鍍鋅層的組織結構、厚度、外觀及粗糙度。但是對於鋼材而言，矽的添加可以有效提升鋼材強度，因此在無法降低矽含量時，在鍍鋅製程上就必須考慮克服的對策。依目前鍍鋅業而言，為常克服此問題最常使用的方式即是添加不同的合金元素到鋅浴，如鎳或鋁為最常使用元素之一，亦或者增加鋅浴流動性抑制桑德林效應，以利達到標準的鍍鋅層特性與美觀效果。

六、參考文獻

(1) J. Foct, G. Reumont, and P. Perrot, The Morphology of Zinc Coatings Phys.

- Met. of Zn Coated Steel (1993) 1-9.
- (2) R.W. Sandelin, “Galvanizing Characteristics of Different Types of Steels” , Wire and Wire Products, 15 (1940) 655-660.
 - (3) M.S. Kozdras, P. Niessen, Silicon-induced destabilization of galvanized coatings in the sandelin peak region, METALLOGRAPHY, 22 (1989) 253-267.
 - (4) O.S. Bondareva, A. A. Melnikov and A. P. Amosov, Adv. Environ. Biol., Influence of Hot-Dip Galvanizing Temperature on Formation of Zinc Coating on a Steel with a High Silicon Content, 8 (2014) 943–948.
 - (5) C. Che, J. Lu, G. Kong and Q. Xu, (English Letters), Role of silicon in steels on galvanized coatings, Acta Metall. Sinica, 22 (2009)138-145.
 - (6) J. Foct, P. Perrot and G. Reumont, Scripta Metallurgica et Materiala, Interpretation of the role of silicon on the galvanizing reaction based on kinetics, morphology and thermodynamics, 28 (1993) 1195-1200.
 - (7) H. Guttman and P. Niessen , Canadian Metallurgical Quarterly, Reactivity of silicon steels hot-dip galvanizing, 11 (1972) 609-614.
 - (8) A.Z.Z. Galvanizing Overview, Hot-Dip Galvanizing For Corrosion Protection of Steel Products.
 - (9) <https://rotocoat.com/hot-dip-galvanising/technical-information/increase-in-steel-weight-during-hot-dip-galvanising>
 - (10)<https://www.galvanizeit.org/inspection-course/types-of-inspection/finish-and-appearance/different-appearances>
 - (11) J. Foct, G. Reumont, G. Dupont, P. Perrot, JOURNAL DE PHYSIQUE IV Colloque C7, supplément au Journal de Physique 111, 3 (1993) 961-966.
 - (12)<http://www.korvestgalvanisers.com.au/engineering-resources/technical-advice/steel-composition/>
 - (13) P. Pokorny, J. Kolisko, L. Balik, P. Novak, Effect of chemical composition of steel on the structure of hot–dip galvanized coating, METABK, 55(1) (2016) 115-118.

- (14) P. Maaß., P. Peißker, Handbuch Feuerverzinken, 3th edition, Wiley-Verlag VCH: Weinheim/Bergstrasse, 2008.
- (15) S.M.A.Shibli, B.N.Meena, R.Remya, A review on recent approaches in the field of hot dip zinc galvanizing process, Surface and Coatings Technology, 262 (2015) 210-215.
- (16) V. Kuklík, Metalurgie tvorby povlaku žárového zinku, TriboTechnika 1 (2014) 38-41.
- (17) C. E Jordan. R Marder, Fe–Zn phase formation in interstitial-free steels hot-dip galvanized at 450 ° C: Part I 0.00 wt % Al–Zn baths, Journal of Materials Science ,32 (1997) 5593-5602.
- (18) S. Sepper,P. Peetsalu and M. Saarna, Methods for evaluating the appearance of hot dip galvanized coatings, Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue 1, (2011) 229-236.
- (19) W. D. Schulz, M. Thiele, Feueverzinken von Stückgut, Eugen G. Leuze Verlag, 2008.
- (20) Kopyciński, D. The shaping of zinc coating on surface steels and ductile iron casting. Arch. Foundry Eng., 10 (2010) 463–468.
- (21) G. Reumont,P. Perrot, J. Foct, Thermodynamic study of the galvanizing process in a Zn–0.1%Ni bath, J. Mater. Sci., 33 (1998) 4759–4768.
- (22) N. Pistofidis, G. Vourlias, S. Konidaris, El Pavlidou, and G. Stergioudis, The combined effect of nickel and bismuth on the structure of hot-dip zinc coatings. Mater. Lett., 61 (2007) 2007–2010.
- (23) P. Maass, and P. Peissker, (eds). Handbook of Hot-Dip Galvanization. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2011.
- (24) Jalel Ben nasr, A. Snoussi, C. Bradai, and F. Halouani, Optimization of hot-dip galvanizing process of reactive steels: minimizing zinc consumption without alloy additions. Mater. Lett., 62 (2008) 3328–3330.

熱浸鍍鋅與鋼板成分設計

吳俊宏^{*1}、陳致帆²

¹ 中國鋼鐵股份有限公司 / 鋼板品管課 / 課長

² 中國鋼鐵股份有限公司 / 鋼板品管課 / 工程師

* 通訊作者：159277@mail.csc.com.tw

摘要

鋼材表面經熱浸鍍鋅可兼具美觀及耐用，是廣被使用的防蝕技術之一，而鋼材中的 Si 含量為影響鍍鋅品質的重要因素。Si 含量設計偏低，材料強度下降且增加煉鋼作業困難度及成本；Si 含量設計偏高則鍍鋅層晶粒度粗化，鍍層容易剝落失去防蝕效果。本文探討不同 Si 含量之鍍鋅層微觀結構及各種煉鋼製程評估，發現結構用鋼板 Si 含量範圍介於 0.14~0.25wt.% 之間，可兼具鋼材性質與鍍鋅品質。

關鍵字：熱浸鍍鋅、Al-Si 複合脫氧、固溶強化

一、前言

熱浸鍍鋅品質與許多因素有關，包含鋼料化學成分、鋅槽合金成分、操作溫度等。就鋼料化學成分而言，Si 元素是強化結構用鋼板常用的重要元素之一，但會影響熱浸鍍鋅品質，故 Si 的含量需在兩者間取得平衡。茲就鋼板添加 Si 在煉鋼作業面、品質特性與實際鋼板熱浸鍍鋅結果，說明結構用鋼鍍鋅品質，以作為 Si 含量範圍設定之參考。

二、結構用鋼板 Si 成分設計

結構用鋼首重強韌性，成分設計常以元素固溶強化或析出硬化來達到強度需求；各主要元素對鋼材的強化效果如圖 1；其中，Si 與 C、Mn 皆

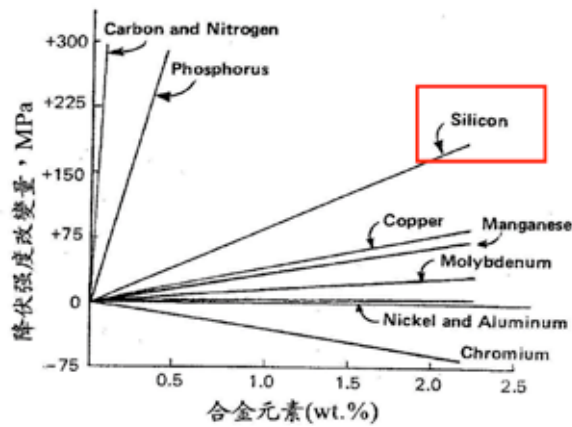


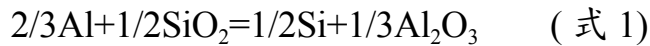
圖 1、合金元素強化效果

為重要的固溶強化元素⁽¹⁾。再者，Si-Fe 合金相對 Ni、Cu 合金成本低，因此成分添加 Si，不僅可滿足鋼板強度需求，也能減少高價合金使用，降低生產成本。

Si 對於結構用鋼除上述機械性質及成本優勢外，在煉鋼作業過程中也扮演重要角色，主要有以下三方面：

- (一) 渣性控制：清淨鋼精煉首要步驟為造渣，精煉初期添加適量 Si-Fe 合金，可控制 Al_2O_3/SiO_2 渣的黏度及鹽基度，而得到良好的渣性；渣性佳，則吸附鋼液中上浮的介在物能力好，可提高鋼液清淨度，對鋼板韌性極具改善效果，古人說煉鋼就是煉渣，道理在此。
- (二) 低成本脫氧：Si 的脫氧效果雖不及 Al 強，但 Si-Fe 合金成本低，Al 粒成本高，兩者成本差異達 52 元 / 公斤，若以相同的脫氧程度，煉鋼採 Al-Si 複合脫氧的成本將低於單純 Al 脫氧。
- (三) 操作性：由反面探討，若成分設計僅允許微量殘留 Si，則煉鋼過程需避免一切氧化矽發生置換還原的可能，如式 1 而產生 Si 還原。為避免渣中 Si 還原，鋼液復 Si 情形發生，轉爐出鋼要嚴格執行擋渣及扒渣，在精煉過程也因高還原性氣氛環境的限制而會降低脫硫效能，故微量殘留 Si 的成分設計，不僅增加操

作困難度，也因鋼液硫含量高的緣故，直接影響材料機械性質，如衝擊韌性變低或厚度向斷面縮率變差，而影響結構體銲接後品質。



三、Si 含量與熱浸鍍鋅試驗

為了解結構用鋼不同 Si 含量與鍍鋅品質關係，分別以 Si 含量 = 0.02%、0.14%、0.25% 及 0.31%，厚 × 寬 × 長 = 25 × 60 × 500mm 之鋼板試片於 450°C -300 秒條件下進行試驗，鍍層厚度結果如表 1，顯示鍍層厚度隨 Si 含量增加而上升；其中，Si 含量 ≥ 0.14% 之 B、C、D 鋼，鍍層厚度皆大於 100 μm，符合 ASTM A123 結構件材料鍍層厚度 100 μm 以上要求；且 A、B、C、D 鋼各組試片角部位置的鍍層厚度皆明顯大於平面位置，此可提高鍍件角部因容易受蝕或不慎碰撞的防蝕能力⁽²⁾；僅 D 鋼 Si 含量 = 0.31%，角部位置厚度 110 μm 小於平面位置厚度，研判角部位置因鍍層厚度太厚而剝落。

金相組織觀察如圖 2~ 圖 5，A 鋼 Si 含量 = 0.02% 鍍層厚度最薄、組織緻密，由基材向表面依續由 Γ 、 δ 、 ζ 、 η 不同組織所組成^{(3)、(4)}，各層組織可明顯分辨；B 鋼 Si 含量 = 0.14%， Γ 層尚存在但連續性不若 A 鋼， ζ 層明顯增厚並有局部成長旺盛現象，鍍層晶粒度大於 A 鋼， η 層有變薄趨勢；C 鋼 Si 含量 = 0.25%， ζ 層再度增厚且向基材成長， δ 層

表 1、鋼材 Si 含量與鍍層厚度關係

鋼種	Si wt. %	鍍層厚度 (μm)	
		平面位置	角部位置
A 鋼	0.02	48.8	65
B 鋼	0.14	95.0	180
C 鋼	0.25	122.5	230
D 鋼	0.31	170.0	110

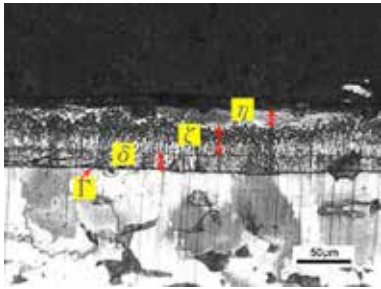


圖 2、A 鋼 Si 含量 = 0.02 wt. %

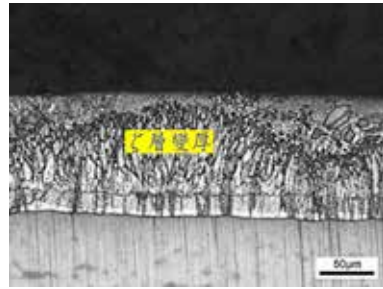


圖 3 B 鋼 Si 含量 = 0.14 wt. %

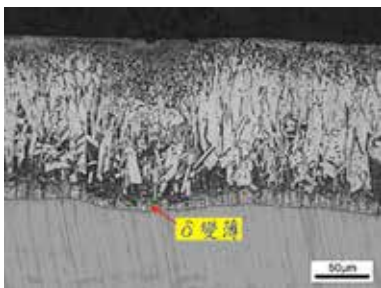


圖 4、C 鋼 Si 含量 = 0.25 wt. %



圖 5、D 鋼 Si 含量 = 0.31 wt. %

明顯變薄；D 鋼 Si 含量 = 0.31， ζ 層旺盛成長， δ 層呈斷續型，整體鍍層厚度急劇升高，晶粒度粗化嚴重且組織鬆散，研判為前述鍍層剝落主要原因。

四、分析討論

結構體因使用環境需求，構件表面進行熱浸鍍鋅並適當塗裝，不僅可延長使用壽命，並可大幅減少維修成本，達到綠能目標。就成分規格而言，EN10025 針對結構用鋼熱浸鍍鋅構件，規定可依客我雙方協議，依鍍層品級需求，訂定 Si 含量 $\leq 0.03\%$ 或 $\leq 0.35\%$ 或介於 0.14~0.25 wt.% 範圍，如表 2，並允許提高碳當量上限以補足材料強度；而一般國內較常使用 JIS 或 ASTM 結構用鋼板，Si 含量規格大多介於 0.15~0.55wt.% 或單邊規格 0.55 wt.% 以下，鮮少客戶以熱浸鍍鋅用途為由，要求降低鋼板 Si 含量。故長期以來，廠內依煉鋼經驗法則、考量機械性質規格以及表面品質，針對 Al-Si 脫氧鋼，Si 含量多以 0.15~0.35wt.% 為管制範圍；但由本次 Si 含量與鍍層的試驗結果來看，未來針對客戶熱浸鍍鋅用途需求的鋼板，Si 含量宜管制在 0.14wt.% ~0.25wt.% 範圍。

表 2、EN10025-2 熱浸鋅構件品級 vs. [Si]、[P] *EN 10025-2:2004 (E)

Classes	Elements % by mass		
	Si	Si + 2,5 P	P
Class 1	≤ 0,030	≤ 0,090	-
Class 2 ^a	≤ 0,35	-	-
Class 3	0,14 ≤ Si ≤ 0,25	-	≤ 0,035

^a Class 2 applies only for special zinc alloys.

附註：針對 S275、355 鋼種，若為 class 1 鋅層要求，最大碳當量容許規格值再增加 0.02%；若為 class 3 鋅層要求，最大碳當量容許規格值再增加 0.01%。

五、結論

- (一) Si 為鋼板重要強化元素，精煉初期藉適當 Si-Fe 添加，來控制渣之黏度及鹽基度，有助於鋼液清淨度提升，提高材料韌性。
- (二) Si 含量與鍍鋅試驗顯示，Si 含量 ≥ 0.31wt.% 時，鍍層組織會有粗化剝落問題；Si 含量介於 0.14~0.25wt.% 時，則沒有這個問題。
- (三) 中鋼目前對於 Al-Si 脫氧鋼的 Si 成分多以 0.15~0.35wt.% 為管制範圍，未來針對客戶熱浸鍍鋅用途需求的鋼板，Si 含量將管制在 0.14% ~0.25% 範圍，以確保熱浸鍍鋅品質。

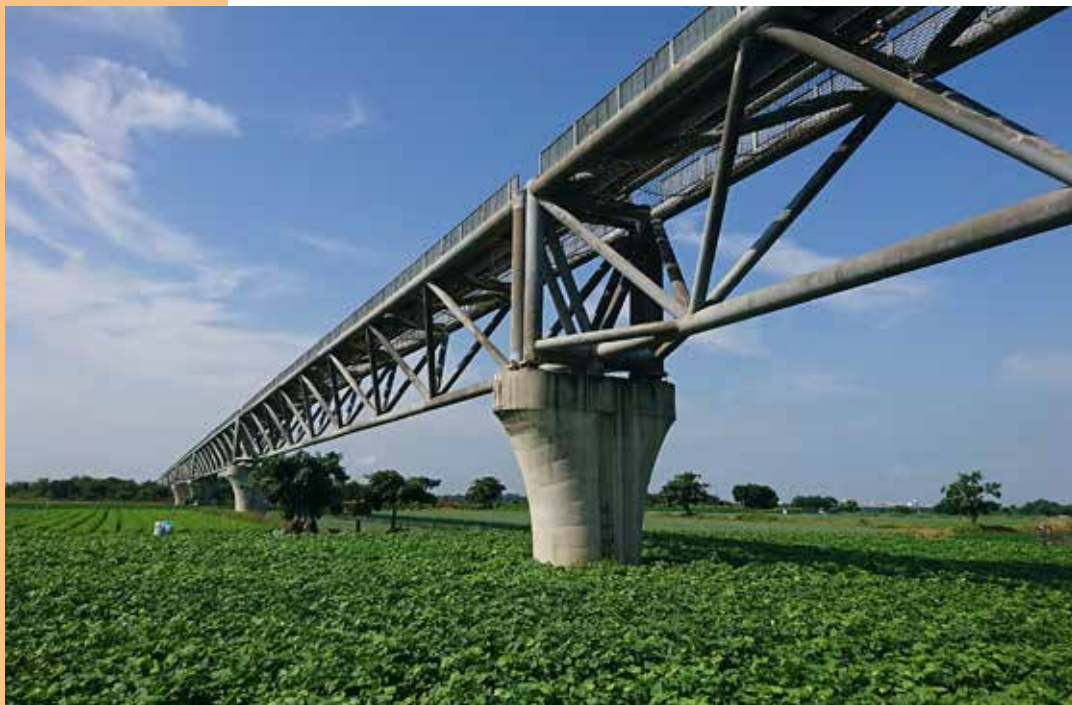
六、參考文獻

1. 張錦溶，鋼板成分設計，CSC 訓練教材，2005 年，第 6~10 頁。
2. American Galvanizers Association, HOT-DIP GALVANIZING FOR CORROSION PROTECTION-a specifier's guide,(2012) 9.
3. Steel Protection By Hot Dip Galvanizing & Duplex Systems. Information courtesy of: HOT DIP GALVANIZERS ASSOCIATION SOUTHERN AFRICA, The Reactions Between Iron & Zinc.
4. 車淳山，盧錦堂，華南理工大學材料學院，廣東廣州，熱鍍鋅鋼 Sebigy 現象的研究，Materials Protection Vol.38 NO.11，NOV. 2005 年，第 28~30 頁。

台灣中油濁水溪管架橋

蔡明達¹

¹ 中華民國熱浸鍍鋅協會秘書長



業	主：	台灣中油股份有限公司
設計	監造：	聯合大地工程顧問股份有限公司
營造	單位：	春原營造股份有限公司
鋼構	製造：	春源鋼鐵工業股份有限公司
鍍鋅	單位：	臺鍍科技股份有限公司
鍍鋅鋼	種：	2,800 公噸

一、前言

濁水溪管架橋位於濁水溪高速公路中沙大橋西側 100m 處，於 1996 年規劃設計施作，全長約 2,477m，係由鋼管銲接而成，於 1998 年 10 月完工。主橋為倒三角形鋼管桁架簡支鋼梁，跨越濁水溪計有 33 座橋墩。該橋上有 26 吋幹線、10 吋環線天然氣輸氣管線及 8 吋汽油與 8 吋柴油輸油管線附掛於橋梁上。

二、管架橋概述

管架橋主橋為倒三角形鋼管桁架共 32 座，每座長度約 70.2m(70.2m×30+67.75m+87.54m)，如圖 1 所示。管架橋以三支 508φ×19mm 鋼管加上 318.5φ×9mm 斜撐組成，鋼管材質為 ASTM A572 Gr.50，採用熱浸鍍鋅防蝕，其附著量設計值為 500g/m²(鍍鋅膜厚 69μm) 以上；螺栓採用 A325(基礎螺栓為 A307) 為主，亦經熱浸鍍鋅處理。

管架尺寸長 70.2m、寬 4m、高 4.375m(管中心) 大於鍍鋅槽尺寸，故將鋼管分別熱浸鍍鋅後再銲接組合，組合後銲道區再利用鋅鋁熔射(thermal spray) 處理，設計膜厚為 100μm 以上。圖 2 至圖 4 為管架橋鋼管鍍鋅、組裝及吊裝。

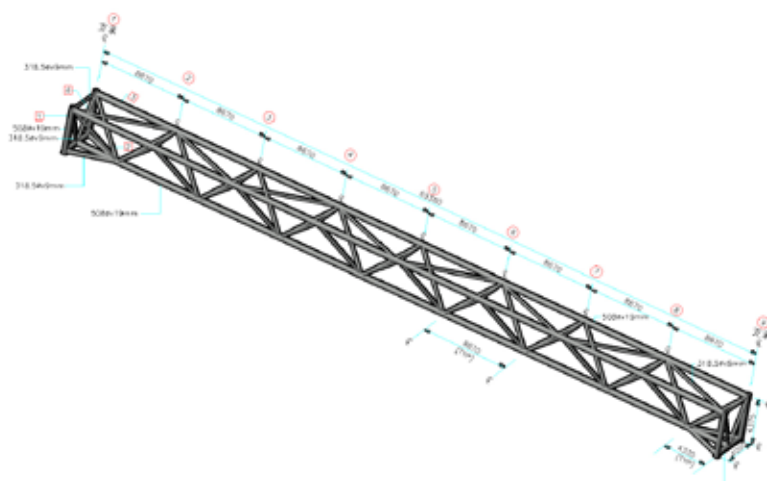


圖 1、管架橋單跨示意圖

三、管架橋鍍鋅現狀

桁架用鋼管於 1998 年熱浸鍍鋅且陸續運至現地銲接組裝，至今已達 20 年。2003 年 12 月 1 日曾以膜厚計單處量測，主鋼管鍍鋅膜厚介於 203~233 μm ，銲道熔射部位膜厚介於 231~493 μm 。而外觀上除幾處因燒灰較暗外，基本仍呈灰色顏色。

2018 年 9 月 8 日再次前往檢測鍍鋅膜厚，本次量測以德國 Fischer 廠牌 Deltascope MP38 磁感應膜厚計量測，量測前分別利用 50、100、250 μm 標準試片校正。量測時，分別於南北兩端的第一跨之鋼管、銲道、步道基座、欄杆等多處量測，量測數據如表 1、2 所示，鍍鋅之量測採單處 10 點平均，銲道區之熔射採單處 30 點平均。鋼管所量測之單處鍍鋅膜厚 10 點的最大值與最小值相差不大；銲道區熔射膜厚 30 點的最大值與最小值相差較大，以北側第一跨銲道為例，單處膜厚平均值為 287 μm ，其最大膜厚 473 μm 、最小膜厚 150 μm ；另一處膜厚平均值為 389 μm ，其最大膜厚 514 μm 、最小膜厚 239 μm ，如圖 5 至圖 9 所示，圖中數字係該處之平均膜厚。由前面數據判斷，鋼管於鍍鋅槽中浸鍍與鋅液反應形成鍍鋅層，其附著較均勻；而銲道區熔射係採手工噴覆，不管是單純的直管對接或複雜得多管接頭，其膜厚之穩定度較難控制。

從管架橋外觀來看，顏色目前並不均勻，部分顏色較暗、部分為棕色與白粉狀。顏色較暗者係鍍鋅時鋼材矽含量、鍍鋅時間長短、鍍鋅溫度等所產生燒灰情形；帶棕色者係燒灰處或鍍鋅層露出鋅鐵合金層而產生之顏色；而白粉狀係鋼管鍍鋅後搬運工地途中淋雨、儲放時不通風、濕度高等產生鋅白所致。從鍍鋅膜厚量測看上述三現象並無發現明顯差異。圖 6 中右側鋼管膜厚 301 μm 略帶白粉狀，而左側鋼管膜厚 284 μm 也略帶白粉狀。另，圖 9 中右側斜撐膜厚 151 μm 略帶棕色，而左側斜撐膜厚 143 μm 顏色則正常。鋼管之熱浸鍍鋅層是由純鋅 (η 層) 和鋅-鐵合金 ($\zeta + \delta_1 + \gamma$ 層) 組成，如圖 10 螺栓樣品鍍鋅層 SEM 圖所示。鋼管外觀略帶棕色處，推測是鍍鋅層中的純鋅已消耗掉而露出鋅-鐵合金的 ζ 或 δ_1 層，該合金層含有 6~11% 鐵故略帶有棕色。另外，圖 9 下方主鋼管

中間銹水痕跡處經膜厚度量測仍有 $222\ \mu\text{m}$ ，該處是受上方螺栓生銹銹水流下而污染。圖 7 中管架橋位於堤防上方，可能該處常有人員跨越經過故該主鋼管鍍鋅層表面極為光滑，經量測膜厚仍有 $205\ \mu\text{m}$ ，與他處相較並未減低，顯示鍍鋅層極具耐磨性。圖 11 至圖 13 為其他部位外觀。

步道、欄杆及爬梯固定用螺栓，一般鍍鋅量較低，耐蝕性可能稍嫌不足，本次並未進行量測，但發現北側爬梯固定格柵板用螺栓已有生銹現象，而南側螺栓有塗漆現象並無那麼嚴重，僅少數幾顆有銹蝕現象。

表 1、南側第一跨 (P1~P2) 鍍鋅 (熔射) 膜厚

項目		膜厚 (μm)	備註
主鋼管 $508\ \phi \times 19\text{mm}$		204~238	
斜撐 $318.5\ \phi \times 9\text{mm}$		175~245	
銲道區	直管對接	387	30 點平均值
	多管接頭	310~321	同上
步道基座		110~144	槽鋼
步道欄杆		74.9~91.4	平均 $81.4\ \mu\text{m}$
防風柵欄		138	

表 2、北側第一跨 (P33) 鍍鋅 (熔射) 膜厚

項目		膜厚 (μm)	備註
主鋼管 $508\ \phi \times 19\text{mm}$		202~228	
斜撐 $318.5\ \phi \times 9\text{mm}$		143~151	
銲道區	直管對接	287	30 點平均值
	多管接頭	301~389	同上
步道基座		174、174	槽鋼

四、結語

縱使管架橋已歷經 20 年，但該區鋅之腐蝕環境分類應介於 C2~C3 間，從管架橋現有鍍鋅層殘餘鍍鋅膜厚及外觀來看，斜撐鍍鋅膜厚至少 $143\ \mu\text{m}$ 、主鋼管鍍鋅膜厚至少 $202\ \mu\text{m}$ 及銲道區熔射膜厚至少 $287\ \mu\text{m}$ ，

該橋防蝕能力至少可再渡過 20 年。但在此之前，局部的螺栓需要先維修或更換。

由於熱浸鍍鋅構件的防蝕能力不能以外觀直接判斷，必須量測鍍鋅層的膜厚進行評估；目前該橋的外觀不似全新的熱浸鍍鋅構件，但仍展現出熱浸鍍鋅充分的防蝕能力，冀望日後該管架橋防蝕維修的排程，仍是以鍍鋅層膜厚的量測作為判斷的依據。



圖 2、管架橋鋼管熱浸鍍鋅



圖 3、熱浸鍍鋅鋼管銲接組成管架



圖 4、熱浸鍍鋅管架橋吊裝



圖 5、南側第一跨步道 (圖上數字為平均膜厚, 單位為 μm)



圖 6、南側第一跨端部 (圖上數字為平均膜厚，單位為 μm)



圖 7、南側第一跨 (堤防上方)



圖 8、北側第一跨端部



圖 9、北側第一跨 (堤防上方)

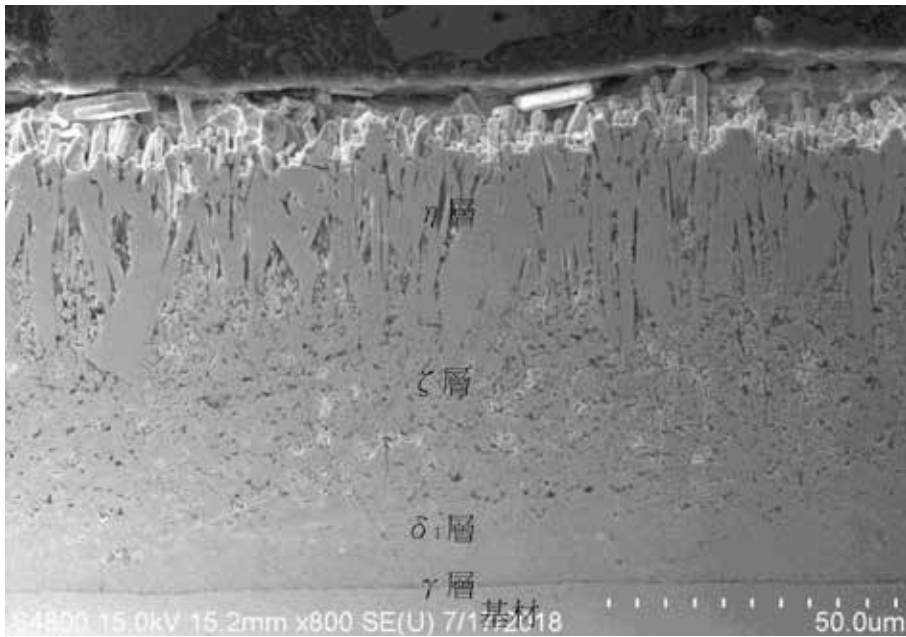


圖 10、螺栓樣品鍍鋅層 SEM 圖



圖 11、管架橋南側遠眺



圖 12、管架橋南側近觀



圖 13、管架橋鋼管與銲道外觀

熱浸鍍鋅問答集

問題 1. 金屬為何會生鏽？

答：

金屬腐蝕係指金屬材料與周圍環境起化學或電化學反應而被破壞的一種現象，此現象起因於金屬材料是由礦石吸收能量冶煉而成，在自然界中常處於不安定的狀態，會與所處環境反應而產生氧化物或化合物以降低能量，使在熱力學上得到更大的安定性；這種由金屬材料回復至原始礦石狀態的過程，即為腐蝕。

金屬材料腐蝕時均伴隨電荷轉移而產生電流的流動，其過程可視為一個電化學反應。電化學反應必須具備四個條件以形成一個完整的迴路，即陰極、陽極、電解質及金屬路徑；因這四個條件與電池運作要件相同，因此腐蝕的過程可以腐蝕電池 (corrosion cell) 來表示，如圖 1 所示。

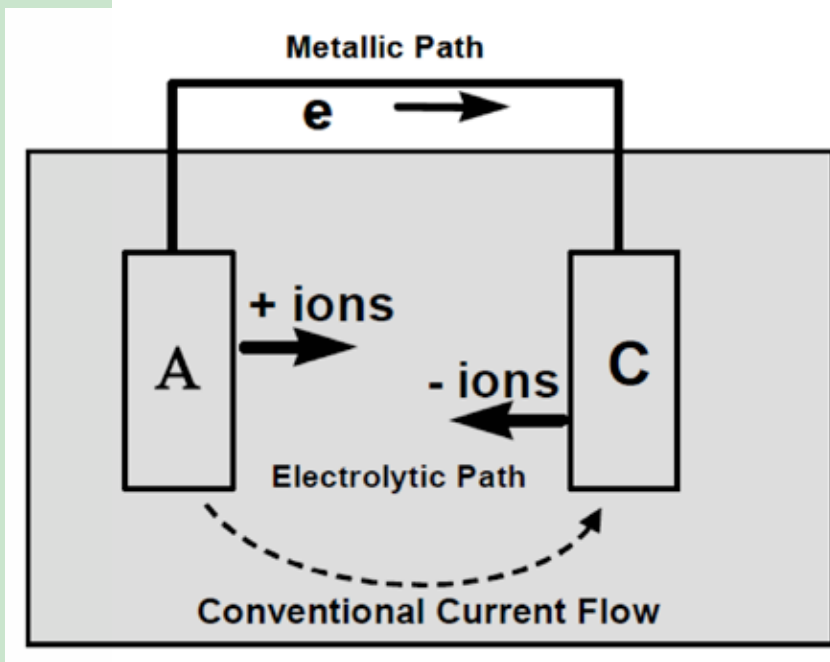


圖 1、腐蝕電池 (corrosion cell) 示意圖

1. 陰極：電化學反應中扮演還原 (reduction) 反應的電極，即由陽極氧化產生的電子可藉由金屬路徑流至陰極，使陰極不會有腐蝕發生。
2. 陽極：電化學反應中扮演氧化 (oxidation) 反應的電極，即電化學反應時金屬氧化產生離子，金屬離子流向電解質；且同時釋放出電子，電子經由金屬路徑流至陰極。因金屬離子產生部位的金屬會被溶解，以致腐蝕發生。
3. 電解質：陰極與陽極所處的環境，提供電化學反應時離子傳遞的路徑，如水溶液或土壤。
4. 金屬路徑：電化學反應中陰極與陽極間電子流通的路徑，使陽極產生的電子能流至陰極，如金屬本體或外部導線。

問題 2. 鋼鐵的防蝕方法有哪些？

答：

構造用材料中，鋼鐵佔有其重要地位。但在一般的環境下，鋼鐵易生鏽，所以適當的防蝕處理是必要的；一般鏽蝕的抑制方法，其原理不外乎下列四種：

- A. 覆蓋遮斷法。
- B. 鋼鐵上之被覆材表面形成一種耐蝕性的靜態安定性的腐蝕生成物。
- C. 使基材表面之局部電池發生減少。
- D. 控制環境之腐蝕因子，使基材腐蝕減少。

一般防蝕方法，即為上述四種原理之組合，可做以下之分類：

防蝕法		分類			
分類	方法	A	B	C	D
添加合金元素		不銹鋼		○	
		耐候鋼		○	
表面被覆	金屬	熱浸鍍	○	○	○*
		電鍍	○	○	○*
		熔射	○	○	○*
	非金屬	塗裝	○		
		內襯	○		
		琺瑯	○		
		化成處理		○	
電化學方法		陰極防蝕法		○	
		陽極防蝕法			○
控制環境 腐蝕因子	添加腐蝕 抑制劑				○

* 使用鋅材料時有效

問題 3. 熱浸鍍鋅的耐蝕性有何特徵？

答：

熱浸鍍鋅的耐蝕性主要有下列兩大特徵：

【A】鍍鋅層保護作用：

鍍鋅層之腐蝕生成物為一緻密的保護層，使以後之腐蝕難以繼續進行，其與鋼材的銹蝕比較如圖 1。其腐蝕速率，與其使用環境及期間之不同而有所不同，鋅的耐蝕性約為鋼鐵的 10 至 25 倍。例如在嚴苛的海岸地區，鋅與鐵的腐蝕速率比較，如圖 2 所示。







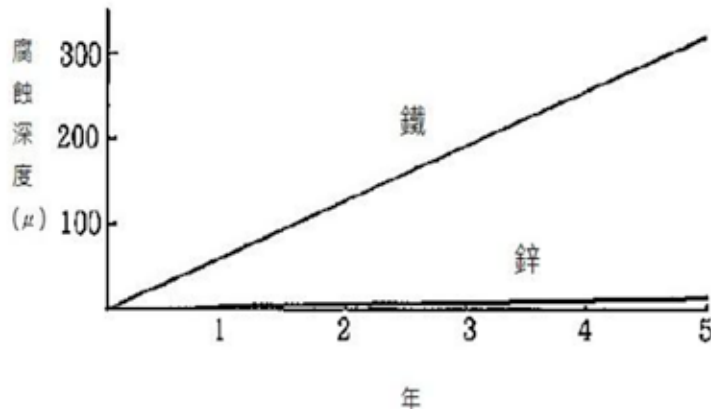
	鋅	鐵
素材		
氧化物生成	生成緻密性之薄層氧化物 (ZnO+Zn(OH) ₂) 	生成粗糙之氧化鐵銹層 (Fe ₂ O ₃) 
氧化物生成後	緻密性之薄層氧化物 (ZnO+Zn(OH) ₂) 保護底材 	氧化鐵銹層 (Fe ₂ O ₃) 幾無保護能力 

圖 1



(資料來源：溶融亜鉛めっきの耐食性)

圖 2、鐵與鋅在海岸地區的腐蝕速率

【B】犧牲防蝕作用：

鍍鋅層在某些因素而產生破損時，其周圍的鋅會氧化產生電子與氧作用來抑制鋼鐵釋出鐵離子，此為電化學的犧牲保護作用。鋅對鐵的犧牲保護作用，是熱浸鍍鋅的獨特性質。熱浸鍍鋅和塗裝之比較如圖三

	鍍鋅	塗裝
初始狀況		
塗層破損		
最終狀況		

圖 3

2018 年度 1-6 月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	
2018 年 1 月	2,399	1,224	3,951	522	4,333	6,161	619	550	1,366	471	831	2,632	25,059
2018 年 2 月	1,855	972	2,351	383	2,940	4,561	466	369	784	331	444	2,072	17,528
2018 年 3 月	2,680	1,489	3,471	668	4,414	6,384	711	573	2,032	411	523	2,740	26,096
2018 年 4 月	2,514	1,747	3,443	576	4,076	5,975	724	507	1,559	447	582	2,270	24,420
2018 年 5 月	2,592	1,580	3,547	633	3,952	7,163	930	626	1,470	328	641	3,132	26,594
2018 年 6 月	2,755	1,939	3,145	453	4,080	5,650	785	591	1,417	353	571	3,269	25,008
合 計	14,795	8,951	19,908	3,235	23,795	35,894	4,235	3,216	8,628	2,341	3,592	16,115	144,705
月平均	2,466	1,492	3,318	539	3,966	5,982	706	536	1,438	390	599	2,686	24,118

2018 年度 1-6 月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	銅管	銅橋	花板	角鋼	護欄板	槽鋼	線槽	鋼網	C型鋼	鐵板	欄杆	彎頭	燈管	輕鋼	格柵板	鋼筋	電力	電信	鍛造	螺帽	螺栓	華司	鏈條		鐵配件	其他
1 月	7,669	3,097	282	716	2,216	27	1,092	257	234	925	947	643	403	435	146	1,992	287	281	228	385	302	376	62	30	554	1,473	25,059
2 月	5,431	2,269	212	498	1,450	16	763	159	145	740	721	480	259	288	57	1,235	224	249	169	290	152	252	42	23	241	1,163	17,528
3 月	8,240	3,608	418	682	2,253	27	1,260	253	371	1,132	717	606	410	362	117	1,414	315	332	273	466	255	457	106	33	465	1,524	26,096
4 月	8,059	3,253	316	502	2,264	25	1,093	212	446	863	687	625	432	430	98	1,355	304	395	249	391	204	323	60	12	631	1,191	24,420
5 月	9,368	3,205	313	554	2,079	30	1,081	249	355	1,035	616	658	469	489	99	1,686	363	382	229	424	226	406	45	25	708	1,500	26,594
6 月	8,484	3,505	446	651	1,839	27	1,082	222	412	1,033	659	615	411	434	178	1,379	373	411	234	438	197	315	33	24	518	1,088	25,008
合 計	47,251	18,937	1,987	3,603	12,101	152	6,371	1,352	1,963	5,728	4,347	3,627	2,384	2,438	695	9,061	1,866	2,050	1,382	2,394	1,336	2,129	348	147	3,117	7,939	144,705
月平均	3,938	1,578	166	300	1,008	13	531	113	164	477	362	302	199	203	58	755	156	171	115	200	111	177	29	12	260	662	12,059

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	110.09.30
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	110.09.30
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	110.09.15
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	110.09.15
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	110.09.30
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	108.01.15
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	108.01.15
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	108.01.15
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

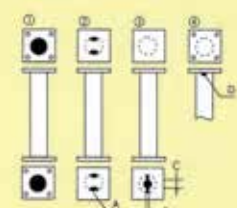
中空壁之製品，有密閉和未密閉空氣流通孔之構造物，詳載在(440℃)之密度約 $6.7g/cm^3$ ，詳載在此時浮力最大，所以結構物無法作業。

密閉結構物會產生爆炸之危險

焊接有缺陷之地方，水份會滲入內部後，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昇到10個氣壓以上，也就是說會產生「水蒸氣爆炸」零件會發生毀壞，若炸裂會飛到人身上，而造成工作人員之危險。

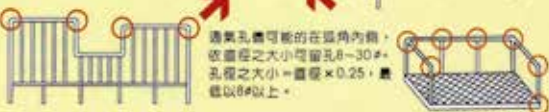
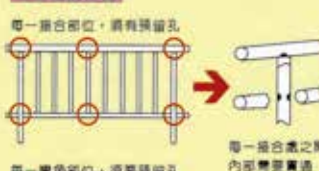
管件加工品

管件的加工品



- ①：最好構造均釋放。
 - ②：切管大小面積30%以上開放，直徑如果未達到76mm以下，則必須釋放45%以上。
 - ③：②之狀況時，則在本體180°之位置切角切角之方法。
- 例：直徑152cm
 A=半徑44mm B=寬度19mm
 C=直徑76mm D=半徑41mm

平面的加工品

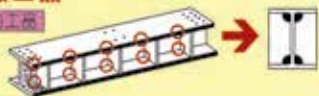


立體的加工品

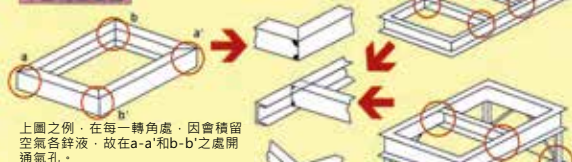
立體與平面加工部份，和直角均應預留孔。

型鋼加工品

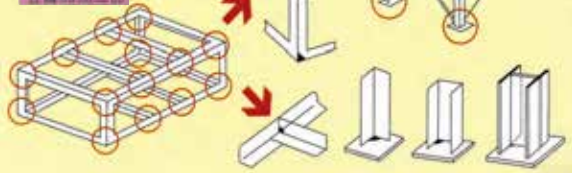
H型鋼加工品



平面的加工品



立體的加工品



角管加工品

平面的加工品



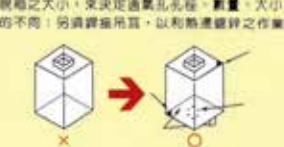
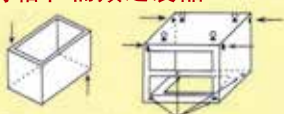
重疊接合的製品

點銲時，銲接部位的縫隙，鋅液，會因水份滲入，而在熱浸鍍鋅時產生鏽不上，鏽水會滲出表面的現象，且更會因所含之水份而產生腐蝕之現象，致使銲接部位因而產生裂紋。

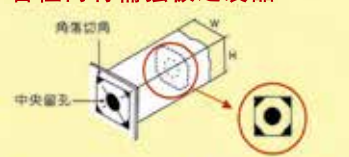
所以平面的接合部位，必須清除全部的水氣，而以金屬銲接合，另外重疊二片鋼板之接合時，如因不同厚度之關係，銲接後可能會發生變形、龜裂之現象。



角箱和桶類之製品



管徑內有補強板之製品



中央部位開孔和角處部位開孔之大小和位置：

箱之尺寸(H+W)mm	中央孔和角處孔之直徑mm
400以上	25以上
400~600不齊	30以上
200~400不齊	40以上

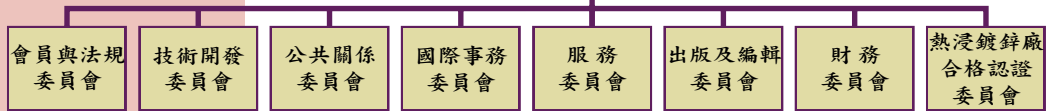
中華民國熱浸鍍鋅協會簡介 財團法人中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會簡介

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

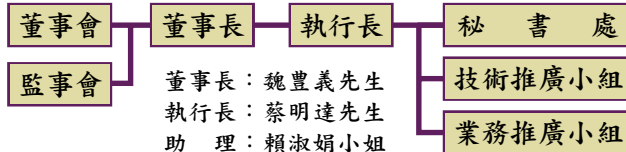


三、第七屆理監事名單：

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	歐建宗	監事
5	戴晉平	理事	12	楊聰仁	理事	19	葉乙平	候補理事	26	羅俊雄	候補監事
6	施漢章	理事	13	王慶一	理事	20	許能通	候補理事	27	鄭添富	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	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：



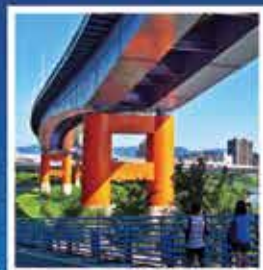
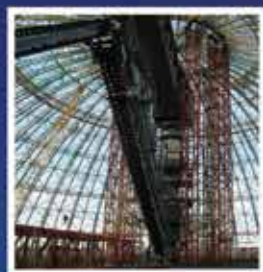
三、第十屆董監事名單：

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	林茂山	董事	13	李家順	董事
2	李文隆	董事	6	張信	董事	10	吳福祥	董事	14	鄭錦榮	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>

47-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

2018 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

兼俱燒、烤、燜、滷、炸等功能
可當砂鍋、三杯鍋、石頭火鍋使用

恆溫 儲溫 無油煙



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

亨欣工業股份有限公司

HENCEFORTH SHINE INDUSTRY CORP

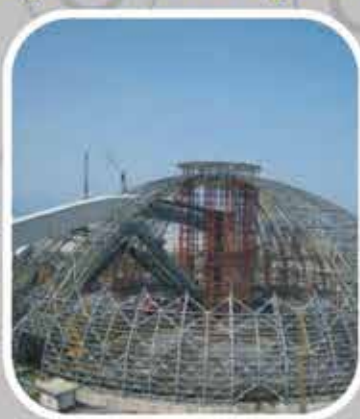


- 鍍鋅槽：W1.8M H3.3M L13M
- 每月產能5000噸
- 單一構件最大負重14噸
- 自結構物到鋼管，各種形狀的鍍鋅構件都可以鍍作

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



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

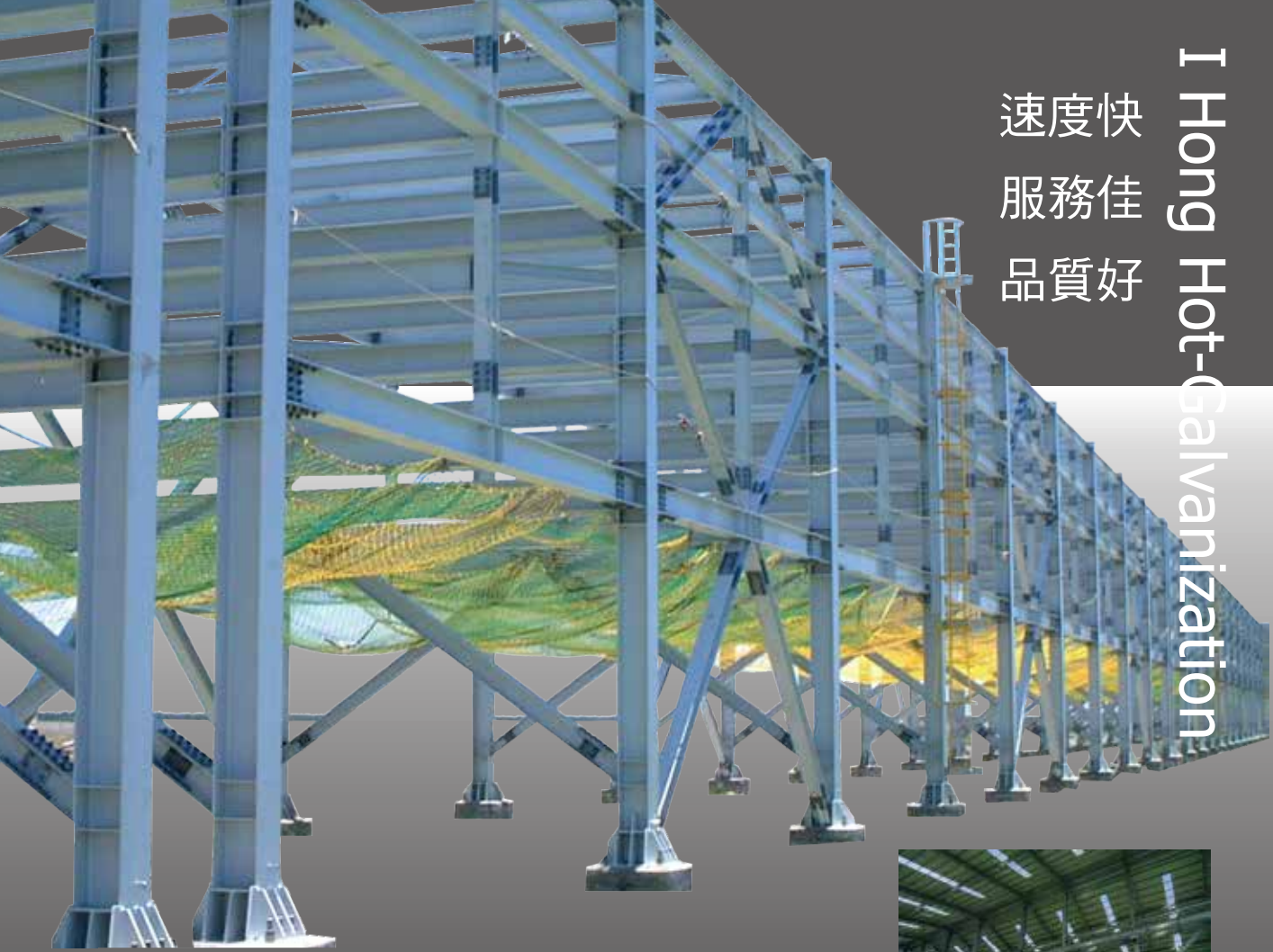
E-mail：hyg@tgnet.com.tw

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、螺絲、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

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

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](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