

熱浸鍍鋅在一般生活上的運用

魏豐義

一、前言

經由熱浸鍍鋅的鋼材，早已在台灣被加以使用，但使用的尚不普遍，雖然使用的量已逐年增加，因此如何推廣去正確的採用此甚具經濟效益且有效的防蝕方法，應為從事此方面工作者的一個重要課題。

本文為使大家對熱浸鍍鋅的運用，有一基本的認識，而作以下的介紹：(1)鍍鋅鋼片的規格介紹，(2)熱浸鍍鋅的一般使用範圍，(3)熱浸鍍鋅鋼材的抗大氣腐蝕性，(4)熱浸鍍鋅鋼筋的抗蝕性，(5)熱浸鍍鋅的使用展望。

二、熱浸鍍鋅的規格

在 J I S 中有關熱浸鍍鋅的規格有如下如述⁽¹⁾：

- JIS H 8641 一般熱浸鍍鋅製品
- JIS G 3302 熱浸鍍鋅鋼片
- JIS G 3442 水管用鍍鋅鋼管
- JIS G 3532 熱浸鍍鋅鐵線、鋼線
- JIS G 3534 鍍鋅鐵絞線
- JIS G 3537 鍍鋅鐵絞線
- JIS H 0401 熱浸鍍鋅層試驗方法
- JIS H 9124 熱浸鍍鋅作業標準

其中以 JIS H 8641 所述最為簡明，且適用於鋼板、鋼片、鋼線、鐵線、鋼管等，因此包含了大部份的鋼鐵製品，規格內容以製品的厚度、使用環境、用途來決定，鍍鋅量以硫酸銅試驗次數 (JIS H 0401 之規定) 或附着量為標準，規格如表 1 所示。另外在 JIS G 3302 也規定了熱浸鍍鋅鋼片之規格，其主要為：

表 1 JIS H8641 (1982) 對熱浸鍍鋅的主要規格⁽¹⁾

種類	代號	附着量 (g/m ²)	硫酸銅試驗次數
Class 1	HDZ A	—	4 次
	HDZ B	—	5 次
Class 2	HDZ 35	350 min	—
	HDZ 40	400 min	—
	HDZ 45	450 min	—
	HDZ 50	500 min	—
	HDZ 55	550 min	—

附註：1. 使用 HDZ 55 規格者，物件、厚度 ≥ 3.2 mm 較適宜；當物件比此薄時，由當事人自行協議。

2. 硫酸銅試驗，依 JIS H0401 進行，其乃將試片放入 16 ~ 20 °C 之含硫酸銅、氫氧化銅之規格溶液中浸泡一分鐘，取出，立即用水沖洗或刷洗，視為試驗一次，若有光亮黏附金屬銅，沈積在試片上，即表示鋅層已被耗盡。

(1) 鋼種符號：

- ① SPGC 一般用途 (Commercial)
- ② SPGR 屋頂用途 (Roofing)
- ③ SPGA 建築物側板用途 (Architectural Siding)
- ④ SPGS 結構用途 (Structural)
- ⑤ SPGH 一般用波形鋼片 (浪板) 用途 (Corrugation, General)
- ⑥ SPGW 建築物用波形鋼片 (浪板) 用途 (Corrugation, Building)
- ⑦ SPGD 衝壓成形用途 (Drawing)

(2) 鍍鋅量之表示法：

Z 12: 表示鍍鋅量最少為 120 g/mm²。

Z 27：表示鍍鋅量最少為 270 g/mm²。
……餘類推。

(3) 波形鋼片之波形狀態：

W1：表示 1 號波形鋼片（大波）。

W2：表示 2 號波形鋼片（小波）。

(4) 底片化學成分：無明確規定。

(5) 機械性能：

① 抗拉強度、降伏點：SPGS 要求。

② 伸長率：SPGS、SPGD、SPGDD
等要求。

③ 鍍層彎曲試驗：SPGC、SPGR、
SPGA、SPGD、
SPGDD 等要求。

(6) 表面品質：

① 不得存有未鍍部份、孔洞、斷裂等
使用上有害缺陷。

② 買方得指定一般花紋或細小花紋，
否則以一般花紋供料。

③ 買方得指定對鍍鋅鋼片表面塗油、
或施予磷酸鹽或鉻酸鹽處理，否則
以鉻酸鹽處理供料。

在 ASTM 方面，於其出版之 1987 Annual book of ASTM standards 的 Vol 01.06 之 A90～A528 詳盡的規定了熱浸鍍鋅製品的所有規格⁽²⁾，其中以 A123-84 對鋼鐵產品的熱浸鍍鋅作了一般性的規定，內容提及了取樣數，以及對不同製品厚度之鍍層厚度的規定。熱浸鍍鋅鋼片則依用途分別於 A 361，A 444，A 526，A 527 和 A 528 中加以規定。

三、熱浸鍍鋅的一般使用範圍

熱浸鍍鋅的使用範圍很廣，此由 JIS 和 ASTM 的規格中，即可獲悉，一般可被分為六大類（1-4）：

(一) 土木、建築

在許多先進國家之建築物的鋼架、道路設施、橋樑均使用熱浸鍍鋅鋼材，目前台灣亦有人逐漸採用熱浸鍍鋅的鐵窗、鐵

架和欄杆等，再上漆以求耐蝕性。除此之外，如：陸橋、照明燈柱、標識牌和柱子、鋼筋、鋼架廠房、建築用鷹架、結構用鋼管等。

(二) 公路、鐵路

公路、鐵路上之護欄、隔音板、鐵網等因受廢氣排放的污染，因此需使用熱浸鍍鋅來保護，另外如：護欄之支架，各種路標指示板和支柱、運輸用水槽等。

(三) 電力、通信

近年來工業蓬勃的發展，電力、通信設備的需求即不斷的増加，而這些輸送設備為求長期耐用，因此熱浸鍍鋅即被採用，尤其是高壓送電鐵塔幾乎已全改用熱浸鍍鋅，另外如：通信塔台、電力用機械、配電箱、鐵製配件、螺栓、蝕帽、架子等。

(四) 重工業、造船

在重工業和海洋性氣候中，腐蝕情形特別嚴重，因此熱浸鍍鋅再塗裝即逐漸被採用，如：一般輪船上的管件、輸油管、護欄、踏板等均使用熱浸鍍鋅材；此外在化工廠、煉油廠、煉鋼廠、肥料廠、水泥廠、紙漿廠等許多設備均使用熱浸鍍鋅處理。

(五) 環境、衛生工程

由於鋅和鐵於熱浸鍍鋅時會產生冶金鍵結，因此在許多樓梯、梯架均被採用，而在排水的其它系統、排氣管污水處理設備、鍋爐設備、冷暖房設備等也均大量使用熱浸鍍鋅處理材。

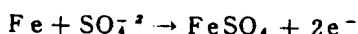
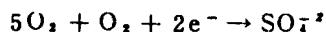
(六) 農業、漁業

近年來許多農產品及花卉已採室內栽培法，但室內一般濕氣均很高，因此所有鋼架、鋼柱均須經熱浸鍍鋅處理。在養殖業方面，由於設備均處於潮濕環境或沿海環境，故亦廣泛採用熱浸鍍鋅來防蝕。此外如貯藏庫、貯水槽、排水設施、畜舍、集魚燈等亦採用之。

四、熱浸鍍鋅鋼材的抗大氣腐蝕性

熱浸鍍鋅鋼材的抗大氣腐蝕性，主要考慮的對象為外層的鋅和底材（鐵），至於中間的合金層因較具脆性，且又已被控制得很薄，所以在腐蝕過程若被消耗，將僅能維持一短時間，雖然從其所處的電位來看，其較純鋅具保護性(5)。

在生銹之腐蝕過程，有兩個主要影響因子，一為在超過臨界濕度時，會於金屬表面形成一電解液層，另一為存在腐蝕促進因子，如氯化物或二氧化硫等。一般若此促進因子低於其臨界濃度，則鐵亦會經由下式產生鈍化， $2Fe + H_2O + O_2 \rightarrow 2FeOOH$ ；但若超出臨界濃度，則會產生生活性的反應，現則以二氧化硫為例加以說明如下：



由此可看出硫酸鐵和酸根離子會聚集在鐵和銹的界面，而繼續進行腐蝕反應，如圖1所示(6)，同樣的對氯化物亦有相同的情形發生，這就是為何鐵在污染的環境氣氛下腐蝕速率較鋅、鋁和銅快十倍以上的原因。

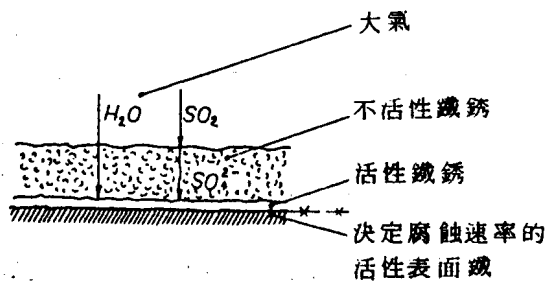
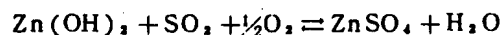
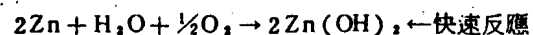


圖1 鐵-銹一大氣的腐蝕系統示意圖(6)

對鋅而言，經由物理和化學的分析其腐蝕生成物，可推論其被腐蝕之反應為



←緩慢反應

由此可知決定腐蝕速率之反應是在外面之腐蝕生成物和大氣界面，如圖2所示(6)，此腐蝕反應會因 SO_2 或 SO_4^{2-} 濃度的增加而加快，同時濕度提高會減緩此反應；這可能亦可表示鋅的腐蝕生成物能夠鍵結較多的腐蝕促進因子。因在工業環境下，鐵的腐蝕產物僅存有2%的硫酸鹽，但對鋅而言，則存有約15~18%。

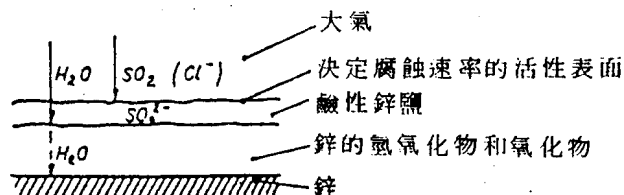


圖2 鋅-腐蝕生成物一大氣的腐蝕系統示意圖(6)

在大氣腐蝕上，溫度亦為一重要影響因子，圖3即顯示溫度對鐵和鋅在大氣之腐蝕效應(6)。常溫度升高，而相對濕度和腐蝕促進因子濃度固定的狀況下，水蒸氣壓力（水的活性度）會上升，而壓抑腐蝕促進因子的動力學上的影響。鋅的腐蝕是直接與整個腐蝕促進因子與鋅表面腐蝕產物接觸的量有直接關係，因此溫度的效應不明顯。

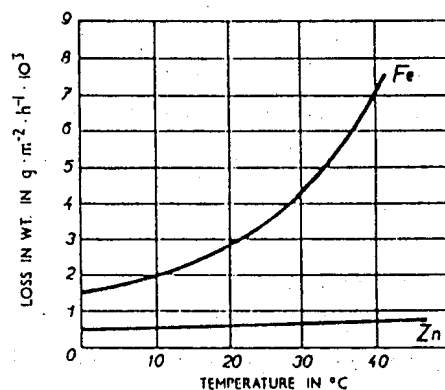


圖3 溫度對鐵和鋅的大氣腐蝕效應(6)

熱浸鍍鋅層的大氣腐蝕行為已被撰述於參考資料(7)。在大氣腐蝕上，必須考慮的因子有

很多，如：降雨情形、溫度、風速、風向等，其中之 SO_2 和 Cl^- 濃度一般被認為最為重要。 SO_2 濃度影響鋼和鋅腐蝕之效應如圖 4 所示

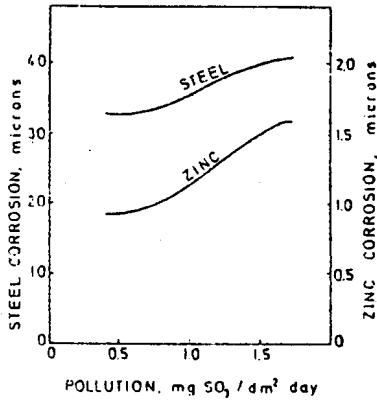


圖 4 鐵和鋅於馬德里之不同 SO_2 污染區內經腐蝕一年之結果⁽⁸⁾

(8)，而 Barton 的試驗則發現 SO_2 濃度對鐵的腐蝕比鋅來得明顯。依據在斯堪地那 (Scandinavia) 半島經 4~8 年的曝露試驗結果顯示，鋼鐵的腐蝕可以下表式之 (9)，

$$k = at^n, \quad a = 0.75 [\text{SO}_2] + 0.51 [\text{Cl}] + 1.6$$

k : 腐蝕的厚度, μm

t : 曝露時間, year

$[\text{SO}_2]$: SO_2 濃度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$[\text{Cl}]$: 氯化物沈積的速率, $\text{mg}/\text{m}^2, \text{day}$

n : 0.5~0.6

而鋅的腐蝕量和曝露時間則成線性關係，

$$k = (0.023 [\text{SO}_2] + 0.011 [\text{Cl}] + 0.53) t$$

當然當地溫度均較低，平均為 $1.3 \sim 7.5^\circ\text{C}$ ，而 $\text{RH} > 80\%$ 的天數約佔 40% 左右。在西班牙的 8 年曝露試驗，則顯示兩者的腐蝕均依 $k = at^n$ 來進行⁽⁸⁾；在美國亦和西班牙試驗之趨勢相同。Legault⁽¹⁰⁾ 認為要成線性關係，必須有固體酸性污染物沈積於鋅表面，以破壞保護性的腐蝕膜。一般而言熱浸鍍鋅鋼材耐大氣腐蝕性與環境和鋅附着量有關，如圖 5 所示⁽³⁾。

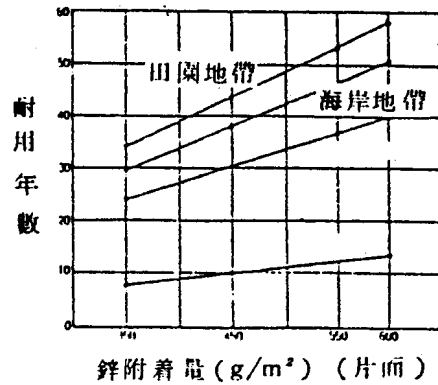


圖 5 鋅附着量與耐用年數之關係⁽³⁾

在許多腐蝕因子濃度高的地區，熱浸鍍鋅亦被發現仍易被腐蝕，因此必須再加塗裝。圖 6 和圖 7 即顯示 Cl^- 和 SO_2 含量超過某一臨界值時，鋅的腐蝕速率就變得很高⁽³⁾，此時就必須再用其它防蝕方法來加強防蝕。

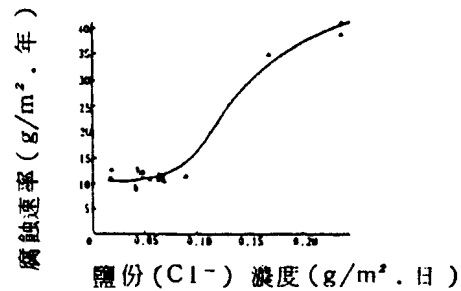


圖 6 大氣中鹽份濃度對鋅的腐蝕速率之效應⁽³⁾

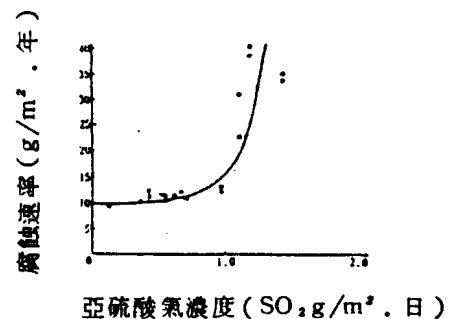
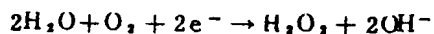
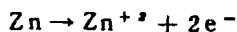
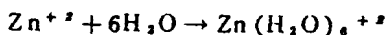


圖 7 大氣 SO_2 濃度對鋅的腐蝕速率之效應⁽³⁾

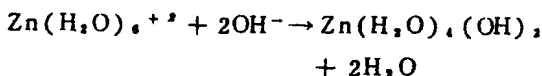
鋅在溶液中的最初反應，一般被認為是 (11,12)



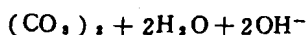
接著 Zn^{+2} 再被水解，在 25 °C 下的水解能量為 -492 kcal/mole，



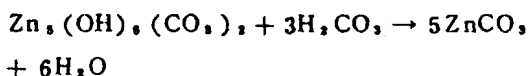
此一水解產物會再和水溶液中的 OH^{-} 作用，其所需之能量僅約 5 ~ 7 仟卡，反應式為，



這鋅的氫氧化物為一非晶質的腐蝕產物，在含有碳酸的水溶液中會生成 Disordered pentazinc hexahydroxydicarbonate (PZHC)，



當溶液中含有大量的碳酸時，則會生成碳酸鋅



此被認為在自來水中為一穩定的腐蝕產物，但在實際上，PZHC 被發現是主要的腐蝕生成物，此可能是鋅溶解速率降低所引起的。

在許多研究報告 (13-16) 均顯示鋅的腐蝕速率約在 60 °C 會達一最大值，如圖 8 所示⁽¹³⁾，其原因被認為是 ① 在水中，溫度有加速腐蝕的效應，② 降低了氣體氧在熱水中的量，③ 提高了氧從空氣中溶解進入水中的量，以替代因腐蝕鋅，所消耗的氧，④ 在鋅表面生成之保護性鋅氫氧化物膜轉換成沒有保護性的氧化鋅膜等。事實上，鐵的腐蝕亦有同樣的趨勢，如圖 1 所示⁽¹⁷⁾，而此均在溶液上方的空氣為一大氣壓下，所得之試驗結果。然而 Weast 等人⁽¹¹⁾ 和 Cox⁽¹³⁾ 均發現當氣氛之氧含量或壓力改變時，則無法得到如圖 8 的結果，而認為圖 8 僅在大氣壓力下之稀釋水溶液中，空氣或氧可逃出或進入水溶液之情形下才會發生。Weast 等人⁽¹¹⁾ 發現溶液中的氧含量增加，鋅的腐蝕速率有增加的現象發生。

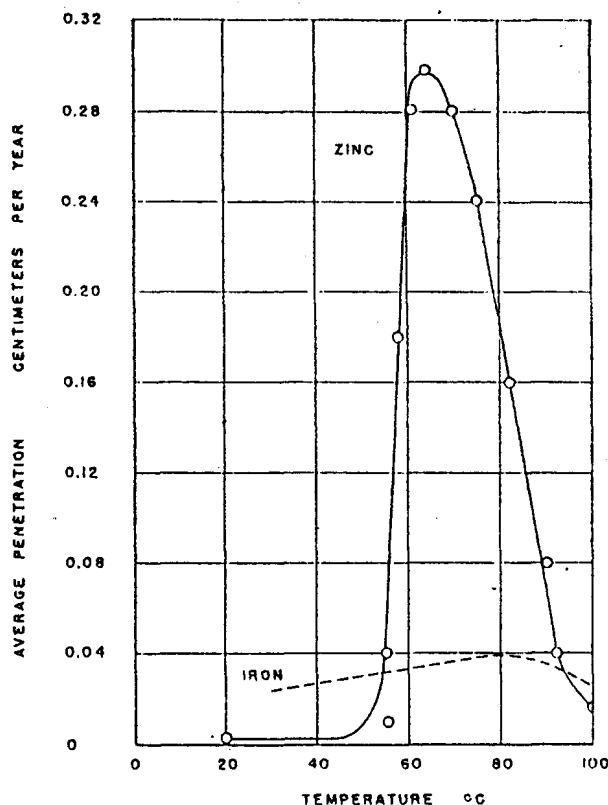
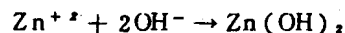
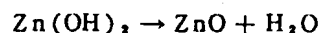


圖 8 鋅和鐵在不同溫度之水中的腐蝕曲線 (13,17)

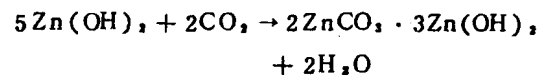
有關水溶液中，鋅的腐蝕產物倍受爭議。Shiozawa⁽¹⁸⁾ 發現在低於 40 °C 時，會生成氫氧化鋅和氧化鋅，而在 40 °C 以上僅有氧化鋅生成；Gilbert⁽¹⁴⁾ 在 85 °C 的溶液中卻發現鋅屑會生成氧化鋅，而鋅片則生成 50% 氧化鋅和 50% 氫氧化鋅。其他人則認為在較低溫會生成具保護性的連續氫氧化鋅層，而在 60 ~ 90 °C 會生成不具保護性的顆粒狀氧化鋅；然而 Cox⁽¹³⁾ 發現在 95 °C 下，會生成緻密而具保護性的氧化鋅。Gilbert⁽¹⁴⁾ 認為最初反應為



在 60 °C 左右會轉換成氧化鋅，



若存有 CO_2 或碳酸，則發生下列之反應，



在 Weast 等人⁽¹¹⁾ 的研究中，指出鋅的腐蝕生

成物的種類和時間溶液組成有關，與溫度無明顯關係；但在 88 °C 生成之腐蝕產物的導電性卻約為 25 °C 者的 1000 倍。

五、熱浸鍍鋅鋼筋的抗蝕性

熱浸鍍鋅鋼筋在國外已被使用多年，Molina 等人⁽¹⁹⁾ 研究影響熱浸鍍鋅鋼筋腐蝕的因素有三，即水泥的型態、鍍鋅層的冶金學上的結構和混凝土持有的濕度。添加 2% CaCl₂，於水泥中會使 pH 值降低，對含 0.88% NaO₂ 者，會使腐蝕速率降低，但對含 0.31 和 0.55% NaO₂ 者則有反效果，原因被認為是在較高 pH 值下，有較多的非晶質 Zn(OH)₂ 生成^(20,21)，而 Zn(OH)₂ 再轉換成 ZnO、Calcium hydroxizincate 或與氯化物反應生成水合氯化鈣鹽類，降低自由氯離子含量所致，因一般氯離子含量高，腐蝕速率會增加；另外未添加 2% CaCl₂ 者，pH 值較高，對鍍鋅鋼筋之侵蝕性較強。在鍍鋅層方面，厚度愈厚抗蝕性愈佳，同時 Fe-Zn 合金晶粒被認為無法生成緻密腐蝕生成物層來阻止後續之侵蝕；但日本溶融亞鉛鍍金協會在含高濃度之海鹽粒子場所和海水中進行實際試驗發現 Fe-Zn 合金層耐蝕性優於純鋅層兩倍的程度⁽²²⁾。

熱浸鍍鋅鋼筋混凝土的長期曝露試驗，已有研究報告問世，岸谷孝一等人⁽²³⁾ 進行 13 年的實際試驗結果，如表 2 所示，其所用之熱浸鍍鋅層厚度為 70~120 μm，未鍍鋅者在含有鹽份環境下，約有 55% 發生腐蝕，熱浸鍍鋅者僅 1% 以下，而後者主要以孔蝕形態出現。另外由此亦可看出保護層 (Cover) 厚度之顯著影響，此相似的結果亦為其它研究者所發現⁽²⁴⁾。利用 (19)~(25) 之文獻資料，後藤春雄⁽²²⁾ 整理出鹽份含有量對熱浸鍍鋅鋼筋之腐蝕狀態結果，如表 3 所示，由此可看出氯化鈉對混凝土之重量百分率小於 0.1%，熱浸鍍鋅鋼筋處於鈍態區，而於 0.3% 下為可使用之低腐蝕區。一般鋼筋可使用海砂之鹽份限制值 0.04% 為鈍態區，0.1% 為可使用之低腐蝕區

，此經換算，可得如表 4 之結果。依據其他文獻資料，在 PH : 11~12 之試驗液，含腐蝕之鹽份臨界值，對一般鋼筋為 0.1%，熱浸鍍鋅鋼筋為 0.8%，此電化學測試結果和表 4 者很接近。

鋅不耐強鹼，因此 PH 值高時，會產生氫氣和氧化鋅鹽或 Zn(OH)₂ 等，但此些反應在硬化後即停止。硬化之混凝土的鋼筋腐蝕是直接與鋼筋表面接觸之空隙內的液體作用產生的，然而此液體的置換非常緩慢；鋅在鹼性溶解生成鋅化鈣，在 PH 值 12.5 以下會附著在鋅的表面形成擴散阻礙層，這可能是硬化後，鋅不再被腐蝕的原因⁽²²⁾。

由以上資料可知有無鍍鋅鋼筋可在何種濃度之鹽份下使用，而至於在海邊使用，則由一般鹽份含量 (表 5) 亦可推知其適用性，另外保護層厚度的影響亦甚為明顯，一般以 3~4 cm 來使用，水灰比以 60%，鍍鋅量則在 550 g/m² 以上，此依使用年限和環境而定。鍍鋅層在鈍態區的損失量，推測為每年 5~15 g/m²，在生成鈍態膜之前約會消耗 10~100 g/m² 的鋅層。

六、熱浸鍍鋅的使用展望

熱浸鍍鋅鋼材的使用，在台灣已有逐年增加的趨勢，其可分為熱浸鍍鋅鋼片和一般管件和鋼構物之熱浸鍍鋅。前者在台灣的發展較快，主要是用來生產彩色用鋼片，大部份 (90% 以上) 均先經鍍鋅處理，而此類鋼片已取代了以往的石棉瓦、塑膠浪板等，同時亦致用來建涼亭、小屋等；另外汽車、機車也有鍍鋅鋼板，所以一般使用上以建築、家庭和工業工程及汽車和運輸工具佔大部份的使用量。後者主要針對已成型的物件，一般使用範圍已如第三節所述，此方面的成長較前者緩慢，其主要差異為前者已鍍好，等消費者選用，含有強迫性意味，而後者則必須消費者瞭解其效益，才會選用熱浸鍍鋅材，因此若能教育消費大眾，則

其使用成長將會大幅提高，亦可節省國家資源的消耗。

表 2 13 年曝露腐蝕面積率平均值 (23)

試驗體種類	標準調合		貧調合		富調合		鹽水混合		海水混合	
	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
水灰比 (%)	58		65		45		58		58	
塩份含有量 (%)	—		—		—		0.27		0.34	
中性化深度 (mm)	6.7		18.5		1.0		6.7		6.4	
保護層厚度 (mm)	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
普通鋼筋腐蝕面積率 (%)	12.0	3.6	39.3	29.7	6.2	4.6	54.4	48.7	61.2	48.5
熱浸鍍鋅鋼筋腐蝕面積率 (%)	0	0	0.3	0	0	0	0	0	1.2	0.4

表 3 混凝土試驗之曝露試驗結果 (22)

No	曝露期間	裂縫	塩份含有量	保護層	腐蝕面積	腐蝕的狀態
	年	有無	NaCl/conc %	cm	%	
1	5	有	0.27	1, 2	0	皮膜健全
	5	有	0.34	1, 2	2	腐蝕已進行
2	13	無	0.27	1, 2	0	皮膜健全
	13	無	0.34	1	1.2	有部份孔蝕發生
	13	無	0.34	2	0.4	僅發生孔蝕
3	3.6	無	0.26	3	—	沒有異常
	15	無	0.26	3	—	稍微侵蝕
4	3	有	1.0	2	13	1.6年後裂縫即發生
	3	有	0.7	3	1	鋼筋表面沒變化
5	4.8	無	0.35~0.8	2	—	有相當的孔蝕狀腐蝕
6	2	無	0.31~0.4	1~5	—	有黑斑點但無其他異狀
7	3	有	0.4~1.4	2~7	1.4以下	發生白銹
8	7~23	無	0.22~0.33	5~12	—	大部份銹膜均健全
9	促進試驗	無	0.1	2, 4	—	無異常

表 4 混凝土中氯化鈉含有量之臨界值 (22)

鋼筋的種類	鈍態區	可使用之低腐蝕領域
普通鋼筋	0.014%	0.035%
熱浸鍍鋅鋼筋	0.1%	0.3%

表 5 海邊構造物推定鹽份到達之濃度 (單位: NaCl % 混凝土) (22)

混凝土構造物之設置場所	塩份濃度
海水飛沫區	0.2~1.5%
浸入海水區	0.2~0.5%
經常吹濕海風之地區	0.05~0.3%

註: 混凝土的保護層厚度在 3~4 cm 附近之濃度。

七參考資料

1. JIS Specification, (1988)
2. Annual book of ASTM standards, (1987)
3. 潘建成, 金屬表面技術雜誌, 98(1985)91, 101(1986)85
4. “鋼鐵結構物熱浸鍍鋅問答集”, 台灣鍍鋅股份有限公司, (1987)
5. H.H.Lee and D. Galvez-Sosa, Corrosion/88, NACE, Paper No. 44.
6. K.B.Barton, Intergalva 70 Industrial Newspapers Limited, (1970)199.
7. 魏豐義, “熱浸鍍鋅鋼材在大氣和混凝土內之腐蝕行爲”, 已投“熱浸鍍鋅”雜誌。
8. S.Feliu and M. Morcillo, “Atmospheric Corrosion Testing in Spain” in “Atmospheric Corrosion”, Ed by W.H.Ailor, John Wiley & Sons, Inc., New York, (1982)913
9. V.Kvcera, et.al., “Corrosion of Steel and Zinc in Scandinavia with Respect to the Classification of the Corrosivity of Atmospheres” in Degradation of Metals in the Atmosphere, ASTM STP 965”, Ed. by S.W.Dean and T.S.Lee, ASTM, (1988)264.
10. R.A.Legault, “Atmospheric Corrosion of Galvanized Steel”, in “Atmospheric Corrosion”, Ed. by W.H.Ailor, John Wiley & Sons, Inc., New York, (1982)607
11. R.C.Weast, L.J.Kotnik and D.M. Geehan, Proceedings of 6th International conference on Hot Dip Galvanizing Interlaken, June(1961)155
12. C.L.Kruse, Intergalva 70, Industrial Newspapers Limited, (1970)207
13. G.L.Cox, Ind. Engng Chem, 23 (August, 1931)902
14. P.T.Gilbert, Sheet Metal Ind., 25 (Oct. 1948)2003, 25 (Nov. 1948)2243, and 25 (Dec. 1948)2441.
15. H.Grubitsch and J. Sinigoj, Korrosion and Metallschutz, 16(1940)194.
16. J.E.Maconachie, Trans of Electrochemical Soc., 66(1934) 213.
17. F.N.Speller, “Corrosion causes and prevention”, Mc Graw-Hill Book Co., New York, 3rd Edition, (1951)158.
18. L.Shiozawa, “Corrosion of Zinc”, Case Institute of Technology, Thesis, (1950)
19. A.Molina, M.T.Blanco and C. Andrade, The Proceedings of 9th international Metallic Congress, Toronto, Canada, Vol 1 (1984)412.
20. G.Arliguie, J.P. Ollivier and Grandet, Cement and Concrete Research, 12(1982)79.
21. M.T.Blanco, A.Macias and C. Andrade, will be published in British Corrosion J.
22. 後藤春雄, 鉛と亞鉛, 128(Nov, 1985)1。
23. 岸谷孝一, 檜野紀元, 飛坂基夫, 日本建築學會, 關東支部, (1985)研究報告。
24. 小林一輔, 伊東利治, 武若耕司, コンクリート工學, 21,2(1983)。
25. David Stark, William Perenchio, Portland Cement Association, Oct (1975)。