

Short Communication

Fe-Ni-Zn 多層膜之抗蝕性研究

林昌逸**·吳成有*·張一熙** 著

摘要

熱浸鍍鋅之鐵材配件廣泛的應用在配電設備中，然而在重鹽害及風砂沖蝕嚴重地區，則腐蝕甚為嚴重。本文所發展出之 Fe-Ni-Zn 多層膜技術能有效的彌補熱浸鍍鋅之缺失，研究中發現 Fe-Ni-Zn 多層膜之抗蝕性優於 Fe-Zn 鍍層。且其硬度值愈接近基材愈高，抗沖蝕性愈強。熱浸鍍鋅時間長短對鍍層結構之影響在本文中亦有詳細探討。

一、前言

在重鹽害及風砂沖蝕嚴重地區，熱浸鍍鋅鐵配件的腐蝕情況甚為嚴重，因此台灣電力公司積極尋求改進方法，以提高鐵件的抗腐蝕及抗沖刷性，如與工材所開發 5% Al-Zn 熱浸鍍鋅的國產化⁽¹⁾以及民國77年與清華大學合作研究開發之“鐵件/無電鍍鎳/熱浸鋅”以及“鐵件/無電鍍銅/無電鍍鎳/熱浸鋅”多層膜配件⁽²⁾。研究結果發現多層膜無論抗蝕性或者耐沖蝕均優於 Fe-Zn 或者 Fe-5% Al-Zn，本文即針對多層膜配件探討其鍍層結構以及抗蝕性。

二、實驗方法

1. 多層膜鍍層流程圖：

脫脂→水洗→酸洗→水洗→預熱→無電鍍鎳→水洗→助熔劑→熱浸鍍鋅→振動分離→冷卻

2. 無電鍍鎳槽配置：

M-57 (主成份為硫酸鎳) 50ml, M-58 (主成份為次磷酸鈉) 150ml。控制溫度 85°C, pH 值 5.0。

3. 熱浸鍍鋅時間效應對多層膜性質影響：

將鍍有相同厚度 12 μ m 無電鍍鎳的鐵板，在不同時間 ((1) 15sec (2) 45sec (3) 1.5min (4) 2.5min (5) 3.75min (6) 6min) 的熱浸鍍鋅鍍層效應下，觀察多層膜的性質差異。

(1) 鹽霧試驗：

本實驗是以 5% 的鹽水，在 40°C 的情況下，噴射成霧狀，將 6 種不同熱浸鍍鋅時間效應的試片置於此高腐蝕氣氛中，藉以加速試片的腐蝕速率，以在較短的時間中，觀察各試片的抗蝕差異，每隔固定時間，予以照相以區分各試片在同樣腐蝕時間下的腐蝕情形。

(2) 截面顯微鏡觀察分析：

將 6 種不同熱浸鍍鋅時間下的試片，取

**國立清華大學材料系

*台電電力綜合研究所

其截面並固定後，針對鋅及鎳以各種不同的蝕刻液分別浸蝕，使得各層能在光學顯微鏡下產生明顯對比。從而可看出合金層的存在與否，以及不同時間的熱浸鍍鋅對各層擴散效應和厚度的影響。

(3) 硬度試驗：

本實驗目的是量測多層膜組合，由外而內（表層的鋅到內層的鐵基）的硬度變化。內於各薄層的厚度甚小，若由橫截面量取各層硬度值，必然誤差甚大，且每層只能量得一個數據，無法看出硬度變化的情形。因此，本實驗將待測試片以1000號砂紙將表面斜磨成一個極小梯角，以便使各層能顯現出來。再從鋅層開始，每數 μm 量取一硬度值，直到鐵基底為止。同時採用 Vickers Hardness Tester 的最小負重 (10 gf) 進行試驗，以減少實驗的誤差。

(4) SEM 顯微照相與 X-ray Line Profile：

本實驗首先將試片以樹脂 mounting 固定，依序以 200、400、600、1200 號砂紙，研磨出試片截面，以浸蝕液蝕刻出各層結構。將試片以 EPMA 觀察其表面各層的狀況，並以 X-ray Line Profile 掃描出各種成份的分佈情形，以便探討各層成份及擴散形成的合金層效應。

(5) AC 阻抗法觀察腐蝕特性：

取熱浸鍍鋅 45 sec 之試片於 5% KCl 溶液中，測量其阻抗值，作 Nyquist Plot 比較其抗蝕性。頻率範圍 100 KHz 至 0.01 Hz。

三、結果與討論

1. 鹽霧試驗：

試片經鹽霧試驗24小時後發現在表面已佈滿鋅白，但48小時後鋅白產生速率減緩且漸趨穩定，這是因為表層鋅被腐蝕穿孔達

Mi-Zn 合金層時，由於此合金層的緻密性及高抗蝕性使腐蝕速率減低，此情形一直持續至196小時，熱浸時間15 sec 與及 6 min 之試片同時開始有黃色銹斑產生，顯示該試片已經被腐蝕穿孔到達基材，使得鐵基材受到腐蝕而產生銹斑，較長的試驗時間並未使銹斑擴大而被有效的抑制住，這是肇因於鋅的犧牲陽極作用。經600小時鹽霧試驗後，依 ASTM D1654的標準評定其腐蝕面積及等級如表 1 所示：

表 1 經600小時鹽霧試驗後，依 ASTM D 1654 的標準評定其腐蝕面積及等級

熱浸鍍鋅時間	Area Failed %	Rating Number
15 sec	0.8	9
45 sec	0.5	9
95 sec	0.4	9
150 sec	0.5	9
225 sec	0.5	9
360 sec	0.9	9

2. 光學顯微鏡截面觀察：

將試片截面固定後，針對鋅及鎳以不同的 etching solution 使得各層能在光學顯微鏡下產生明顯對比。典型結果如圖 1,2 所示，最上層（最外層）為鋅層，最下層為基材碳鋼，基材上可見一層鎳層（色澤較亮較白），很明顯的在鋅層與鎳層之間有一合金層的存在，這就是鎳鋅擴散而成的。而且，我們可以由圖片中發現，隨著熱浸鍍鋅的時間愈久，殘留純鎳層愈來愈薄，亦即合金層的厚度有愈來愈增加的趨勢。此點在後面 EPMA X-ray Profile 可以更明顯清楚的看出，表 2 是熱浸鍍鋅時間與殘留鎳層厚度的關係。



圖 1 Ni 15µm Hot Dip Zn 15sec (X400)

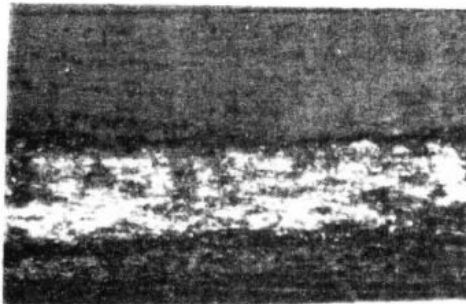


圖 2 Ni 15µm Hot Dip Zn 225sec (X400)

表 2 熱浸鍍鋅時間與殘留鍍層厚度的關係

浸鍍時間 (sec)	015	045	090	150	225	360
殘留厚度 (µm)	13.7	11.2	7.5	7	5	3.2

3. 硬度實驗：

將試片 mounting 固定後，磨取一個很小的斜角後，自碳鋼基材開始由內而外，每

隔適當距離以 Vickers 微硬度機量取一次硬度值。將硬度值及其相對位置畫成曲線圖（圖3～圖6），由這些圖中我們很明顯地可以發現，各種試片都有一個相同的趨勢，那就是自外層的鋅層起，硬度值隨著愈來愈接近基材而逐漸升高，到達純鍍層膜處硬度值甚可高達 750 HV，另外也可以發現在純鋅(60HV)及純鍍層之間有一合金層存在，其硬度值亦高達 400 HV，可見其耐磨耗性

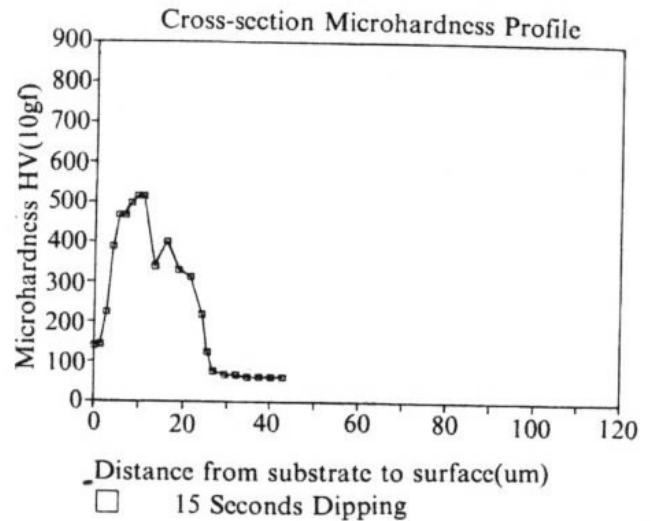


圖 3 熱浸鍍鋅15秒多層膜硬度分佈

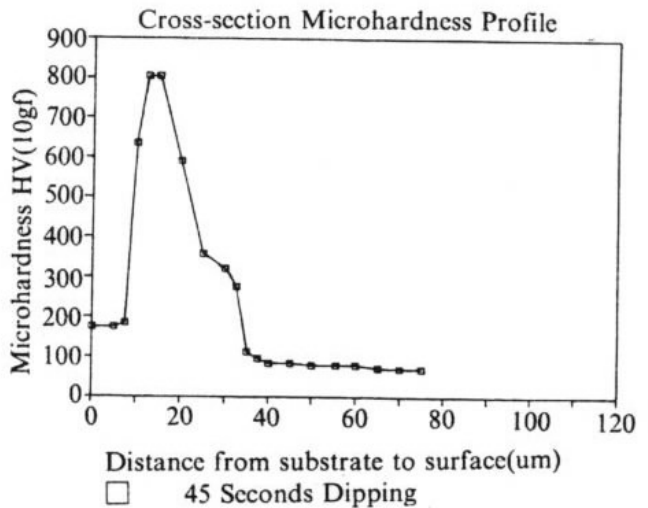


圖 4 熱浸鍍鋅45秒多層膜硬度分佈

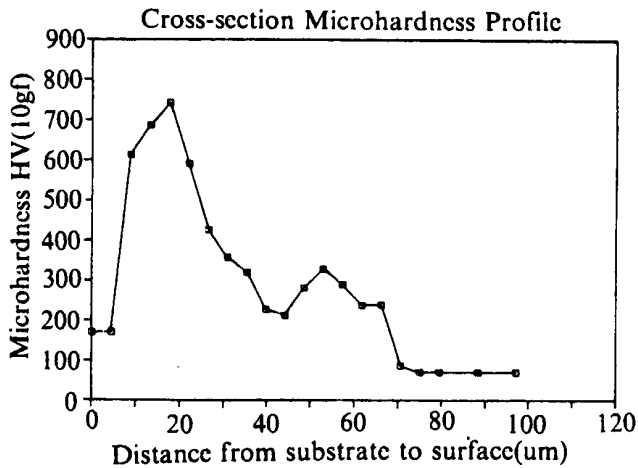


圖 5 熱浸鍍鋅225秒多層膜硬度分佈

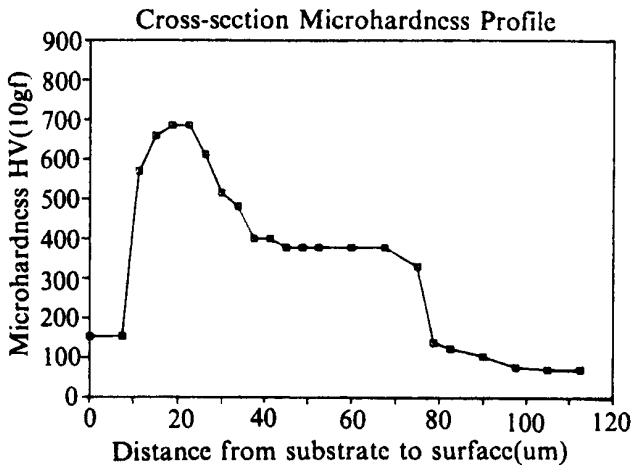


圖 6 熱浸鍍鋅360秒多層膜硬度分佈

比鋅高出許多，而且此一合金區間（300 HV 以上）隨著熱浸鍍鋅時間增長而厚度增加（見表 3），顯示熱浸鍍鋅的時間愈久，則合金層的厚度愈大。正由於此多層膜組合的硬度遠比純鋅優越，所以當外層鋅遭風砂磨蝕後，此合金層仍可以非常有效的保護鐵

表 3 熱浸鍍鋅時間與合金層的厚度關係

浸鍍時間 (sec)	15	45	90	150	225	360
合金區 (μm)	18	27	37	41	52	68

基材不被腐蝕。

4.SEM 顯微照相與 X-ray Line Profile :

首先吾人於 SEM 下攝得下同熱浸鍍鋅時間下各種多層膜的切面照片，然後將 Ni 及 Zn 的 X-ray Profile 線同時在照片上重覆曝光顯示出來。如圖 7、圖 8 在每圖中我們都可以很明顯地看出純鋅和純鎳之間，有一區域為 Ni 及 Zn 兩 Profile line 重疊，此證明合金層的存在。而且可以發現一個趨勢，

隨著熱浸鍍鋅的時間愈久，Ni 及 Zn 兩 Pr-

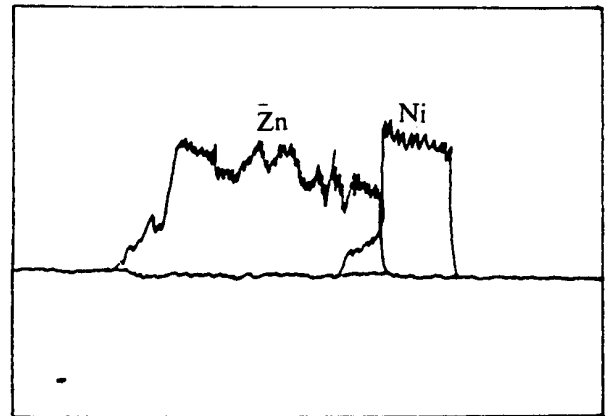


圖 7 熱浸鍍鋅15秒之 Zn, Ni X-ray line profile

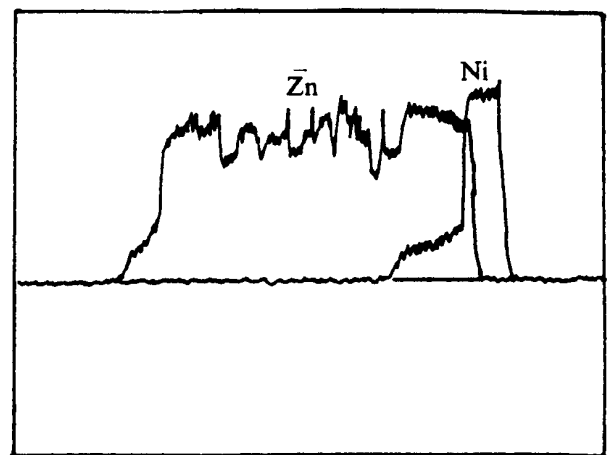


圖 8 熱浸鍍鋅225秒之 Zn, Ni X-ray line profile

ofile重疊的區域也就愈寬廣，亦即合金層愈厚。

5. AC 阻抗法觀察腐蝕特性：

圖 9 為熱浸鍍鋅 45 sec 之試片各鍍層的 Nyquist Plot，由圖中發現在 5% KCl 溶液中，純鋅層所得之 Nyquist plot 為單一之半圓形，表示其腐蝕受到固液界面之電雙層效應影響，而 Fe-Zn 及 Ni-Zn 鍍層所得圖形為二個半圓形之合成，因此除了固液界面之電雙層效應外尚有異類金屬間之電容效應。在 Fe-Ni-Zn 之圖形上更可以看到是三個半圓形之複合效應，可見其腐蝕行為是受

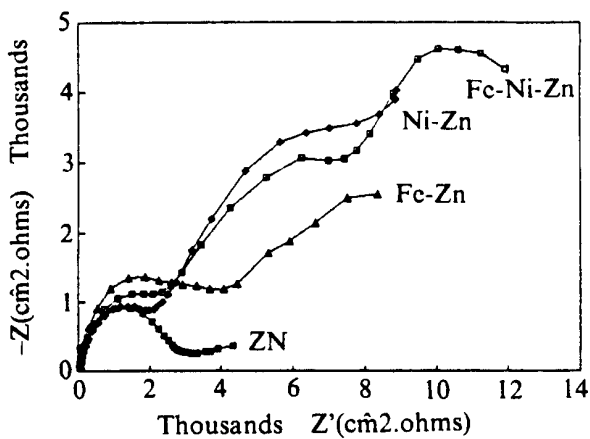


圖 9 Fe-Ni-Zn 多層膜各鍍層之 Nyquist plot

到固液間電雙層以及 Zn-Ni 和 Ni-Fe 兩種異類金屬間之電容效應影響。從圖 9 可以約略估計出純鋅之極化阻抗值為 2 Kohms，Fe-Zn 鍍層之極化阻抗值為 1.2 Kohms，Fe-Ni-Zn 鍍層之極化阻抗值為 14 Kohms，可見 Fe-Ni-Zn 鍍層之抗蝕性優於 Fe-Zn 鍍層及 Zn 鍍層。

四、結 論

1. Fe-Ni-Zn 多層膜之抗蝕性優於 Fe-Zn 鍍層。
2. 熱浸鍍鋅時間太長或太短均不利於多層膜配件之抗腐蝕性。對 15 μ m 之鍍層而言應控制在 45 至 225 sec 之間為宜。
3. Fe-Ni-Zn 多層膜配件之硬度值愈接近基材愈高，抗沖蝕性愈強。

參考資料

1. 張一熙，范振隆，姜培義，鄭錦榮；“新開發高防蝕與耐磨多層膜於鐵配件之研究”，台電 78 年研究發展專題 NO. 164。
2. 戴光勇，黃國忠，王紀雯；“配電鐵件 5% 鋁鋅熱浸製程開發”，工材所 77 年度電力相關材料研究發展計畫 NO. ITO3-77。