

伽凡尼腐蝕法探討

彩色鍍鋅與鍍鋁鋅鋼片之劣化機構

沈森燦* 著

An Investigation of Degradation Mechanisms of Preprinted Galvanized Steels by Galvanic Corrosion Techniques

S. T. Shen*

摘要

彩色鋼片使用中最尋常遭遇問題是由於腐蝕造成剝離或鍍層底材溶蝕現象。本研究以伽凡尼腐蝕電化學方法可追蹤不同環境下所造成鍍層或鍍膜劣化機構。其中在酸雨自然浸蝕環境下主要劣化機構是因陽極溶蝕引起的，而在中性鹽水環境中則是由陰極產生強鹼剝離反應致成的。同時也發現後加工所造成缺陷會加速塗膜下伽凡尼腐蝕現象。最後以酸雨或鹽水浸蝕或噴法模擬實際大氣腐蝕現象並提出三種劣化機構模型。

ABSTRACT

The most commonly observed corrosion problems of coil coated steels are due to corrosion-induced delamination or undermining processes, especially initiating from edges or damaged regions. The purpose of this research was to study the mechanisms of corrosion and delamination of prepainted Zn or Al-Zn coated steels, with and without post-formed damage.

Key words: Galvanic, Corrosion, Mechanisms, Coil coated steel.

一、前言

彩色鋼片又稱預塗裝鋼片（Precoated steel）。係將冷軋或鍍鋅鋼片經塗裝，烘烤，印刷，壓花或貼皮等表面處理後所製成之色彩豐富，花紋多樣化之耐蝕鍍層鋼片。其製造過程係利用連續塗覆線（Coil coating line），將各種冷軋，鍍鋅，鍍鋁鋅或鍍鋁鋼片經脫脂，化成皮

膜處理，再加以上漆，烘烤硬化後所製成預塗裝產品。而傳統常用後塗裝鋼板（Post-painted steel）均為先加工成形，再清洗塗漆之產品。其生產過程需投入較大量人力，繁複製程轉換及昂貴防治污染設備投資等缺點，但預塗裝鋼片係先塗裝再加工，可保證品質均一及較佳防銹特性，且可節省能源，減少污染防治設備投資及降低成本等優點⁽¹⁾。因此建築、汽車或家電用烤漆鋼板

*中鋼公司新材料研究發展處

New Materials Research & Development Dept., China Steel Corporation, R.O.C.

漸普遍性朝著預塗裝鋼板發展之趨勢。而佔最大量的建築用彩色鋼板如屋頂或內外牆板，依照鍍層品質，可具有較廣範圍之防蝕特性，例如保護鋼材長達 1~20 年不等耐蝕性。因此如何評估鍍膜品質及擬定產品規範，進而探討鍍層防蝕特性或鍍膜剝離機構為本研究之重心。

預塗裝鋼片使用中主要劣化機構是由大氣腐蝕或鍍膜損傷所造成底材腐蝕或漆膜剝離等過程，尤其是由於切邊所造成伽凡尼腐蝕或後加工帶有傷痕缺陷所引起之加速腐蝕。有甚多文獻曾以 DC 或 AC 電化學技術^(2~5)來研究碳鋼表面高分子鍍膜之電阻及腐蝕行為。而且也有些報導是針對碳鋼表面漆膜水份滲透性⁽⁶⁾，漆膜孔洞電阻⁽⁷⁾及後塗裝鋼板腐蝕與漆膜剝離劣化相關性⁽⁸⁾。但是預塗裝鍍鋅或鍍鋁鋅鋼板之腐蝕行為或鍍膜劣化機理尚不甚清楚，特別是較嚴重腐蝕起始點如邊緣腐蝕或因刮痕或彎曲等缺陷所引起剝離腐蝕行為更是甚少文獻深入研究。一般彩色鋼板之鍍膜若有上述缺陷，則實際使用壽命期（Life span）縮短且防蝕品質降低。

本研究藉著伽凡尼腐蝕電化學方法可偵測鍍膜中間劣化速率，進而提出彩色鋼板腐蝕劣化機構模型，供作品質評估及開發新產品之指標。同

時也模擬大氣腐蝕環境以鹽水及酸雨浸蝕法偵測鍍膜防蝕特性，並和電化學腐蝕法進行比對實驗，以比較劣化速率和劣化機制。

二、實驗條件與材料

2.1 樣品特性

本實驗所用預塗裝鋼片，依據表面有機塗層可分為二類：一為聚氯乙稀鋼板，另一為矽化聚酯鋼板。而底材種類則以 $150\text{g}/\text{m}^2$ 鋁鋅鍍層鋼板（GA）及 $285\text{g}/\text{m}^2$ 熱浸鍍鋅鋼板（GI）為主。雖兩種金屬鍍層之鍍層重量不同，但鍍膜厚度皆約為 $20\mu\text{m}$ 。而有機鍍層膜厚及試片鍍層特性如表2.1所示。

2.2 待測樣品之製備

待測試鋼片面積為 $4 \times 5 \text{ cm}^2$ ，並依加工損傷程度分為具刮痕（以具有 0.2mm 寬碳鎢刀製造刮線 $30 \times 0.2 \text{ mm}^2$ ），切邊（切邊面積為 $40 \times 0.5 \text{ mm}^2$ ）及無傷痕等三種試片。而預塗裝鋼片之腐蝕或劣化速度則因傷痕程度而有不同影響。為免曝露切邊影響電化學特性測試，故以蜜臘及環氧樹脂保護不需曝露之切邊，如裝置圖2.1所示。

表 2.1 預塗裝測試鋼片之鍍層特性

Table 2.1 The properties of prepainted steel specimens

種類及編號	有機鍍膜厚	金屬鍍膜厚	漆膜內顏料類別
矽聚酯鋼板(台灣)			
SMP-GA	$25 \pm 2 \mu\text{m}$	$20 \pm 1 \mu\text{m}$	chromate
SMP-GI2	$25 \pm 2 \mu\text{m}$	$20 \pm 1 \mu\text{m}$	non-chromate
矽化聚酯鋼板(法國)			
SMP-GI1	$33 \pm 2 \mu\text{m}$	$20 \pm 1 \mu\text{m}$	chromate
氯乙烯鋼板(ICI)			
PVDF-GA	$25 \pm 2 \mu\text{m}$	$20 \pm 1 \mu\text{m}$	chromate
PVDE-GI	$25 \pm 2 \mu\text{m}$	$20 \pm 1 \mu\text{m}$	chromate

註：漆膜內 Chromate 存在與否，是藉 X-Ray 螢光定性分析而得。

伽凡尼腐蝕法探討彩色鍍鋅與鍍鋁鋅鋼片之劣化機構

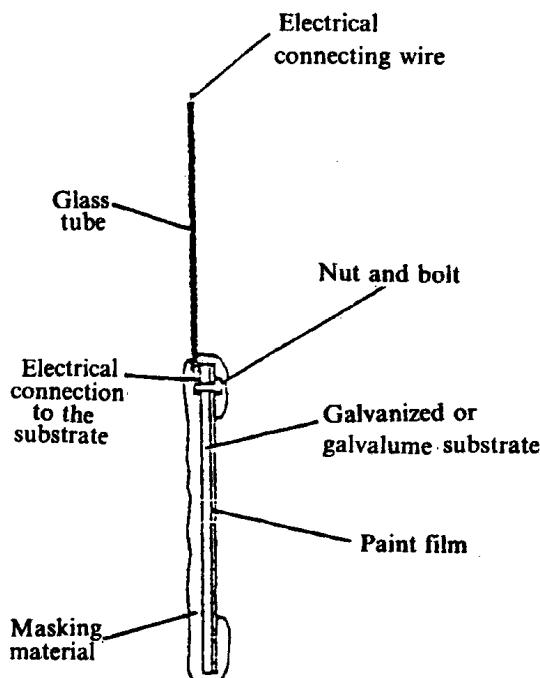


圖2.1 待測試片之裝置狀態圖。

Fig. 2.1 Diagram illustrating specimen construction.

2.3 腐蝕溶液之組成

為模擬彩色鋼板在工業區或沿海區等不同大氣腐蝕環境下使用，本研究以被認證過酸雨溶液如表2.2所示⁽¹⁰⁾，及類似海水組成 3.5% NaCl 溶液當腐蝕液，進行彩色鋼板之腐蝕或鍍層劣化機構及速率探討。

2.4 電化學腐蝕測試條件與裝置

伽凡尼腐蝕電流測試是以北斗電工 HM104

表 2.2 合成酸雨液之組成表

Table 2.2 The components of artificial acid rain solution

成 份	濃度(mg per liter)
Nitric acid (70%, 1.42 S. G)	15.75
Suplhuric Acid (98%, 1.84 S. G)	31.85
Sodium Nitrate	21.25
Sodium Sulphate	31.95
Ammonium sulphate	46.20
Sodium Chloride	84.83

零電阻計來測量微小電流之腐蝕電化學迴路。另可藉著精密恆電位儀 (ACM P325VI) 來測量工作電極與輔助電極間微小電流量。並以準確度較佳電位計 (Keithley 610C electrometer) 測試腐蝕平衡電位。

三、實驗結果與討論

3.1 伽凡尼腐蝕測試結果

(1)金屬鍍層效應對伽凡尼腐蝕之影響

當一具有刮痕塗膜鋼板與無傷痕鋼板耦合在鹽水溶液內時，就會使刮痕區與漆膜完好區間形成伽凡尼腐蝕反應，而加速漆膜下基材之陰極腐蝕反應，並造成塗膜劣化剝離或起泡等現象。另外可觀察知彩色鍍鋅鋼板之漆膜劣化程度遠較彩色鍍鋁鋅鋼板嚴重如表3.1所示。其中耦合彩色鋼片組隨時間增長而漆膜劣化程度漸趨嚴重。且以鍍鋅底材劣化速度較快。若以零電阻計 (Zero resistance ammeter, ZRA) 偵測耦合兩極間伽凡尼腐蝕電流則得表3.2所示。比較表3.1 及表3.2結果可得無傷痕鋼板或塗膜完好區之漆膜劣化或剝離速度是決定於當為陰極反應區之伽凡尼腐蝕電流密度之大小。而因陰極反應 $H_2O + 1/2 O_2 + 2e^- \rightarrow 2 OH^-$ ，會造成局部高鹼性，故具磷酸鋅皮膜之鍍鋅鋼板易被強鹼浸蝕⁽¹¹⁾，且其上附著塗膜也隨著鬆脫剝離。相對的，鍍鋁鋅板因具有高電阻鉻酸皮膜且不易溶於強鹼中，故所造成伽凡尼電流較小且塗膜剝離速率也較慢。

(2)酸雨環境對伽凡尼腐蝕機構影響

將具有刮痕及無傷痕彩色鋼板組放在酸雨溶液內測試漆膜劣化程度及伽凡尼電流大小，結果分別如表3.3及表3.4所示。由表3.3中顯然可知彩色鍍鋁鋅鋼板較彩色鍍鋅鋼板之漆膜劣化速度快。此結果與上節(1)在鹽水腐蝕環境下所測試結果正好相反。再從表3.4之伽凡尼腐蝕測試可知初始當為陽極反應之刮痕曝露處，因其產生之腐

表 3.1 在鹽水溶液內具刮痕與無傷痕彩色鋼片耦合組之塗膜剝離面積與浸蝕時間相關性

Table 3.1 Disbonding rate of undamaged and scratched SMP-painted steel couples in 3.5% NaCl solution as a function of immersion time.

種類及編號	起泡面積或刮痕邊剝離寬度		
	168小時	336小時	504
SMP-GA couples			
undamaged SMP-GA	0.0%	0.0%	0.0%
Scratched SMP-GA			
blistering ratio	0.0%	0.0%	0.0%
delaminated width	0.2 mm	0.2 mm	0.5 mm
SMP-GI couples			
undamaged SMP-GI2	0.0%	1.0%	5.6%
Scratched SMP-GI2			
blistering ratio	0.0%	1.2%	3.0%
delaminated width	0.5 mm	3.0 mm	5.5 mm

表 3.2 在鹽水溶液內具刮痕與無傷痕彩色鋼片耦合組之伽凡尼腐蝕電流密度與浸蝕時間相關性

Table 3.2 Galvanic current density of undamaged and scratched SMP-painted steel couples in 3.5% NaCl solution as a function of immersion time.

種類及編號	伽凡尼腐蝕電流密度 (nA/cm ²)				
	0小時	24小時	168小時	336小時	504小時
SMP-GA couples	-0.002	-0.018	-1.2	-1.6	-3.4
SMP-GI2 couples	-0.14	-0.46	-1.6	-4.9	-12.4

Note: Negative value represents cathodic current occurring on the defect-free panel of galvanic couple.

Positive value indicates anodic current flow through the defect-free panel.

表 3.3 在人造酸溶液內具刮痕與無傷痕彩色鋼片耦合組之塗膜剝離面積與浸蝕時間相關性

Table 3.3 Disbonding rate of undamaged and scratched SMP-painted steel couples in acid rain solution as a function of immersion time.

種類及編號	起泡面積或刮痕邊剝離寬度		
	168小時	336小時	504
SMP-GA couples			
undamaged SMP-GA	0.8%	3.4%	4.0%
Scratched SMP-GA			
blistering ratio	5b(0.2 mm)	1.2%	1.4%
delaminated width	0.5 mm	2.0 mm	2.5 mm
SMP-GI couples			
undamaged SMP-GI2	0.0%	0.0%	6b(0.5 mm)
Scratched SMP-GI2			
blistering ratio	0.0%	5b(0.2 mm)	7b(0.5 mm)
delaminated width	0.2 mm	0.5 mm	2.0 mm

伽凡尼腐蝕法探討彩色鍍鋅與鍍鋁鋅鋼片之劣化機構

表 3.4 在人造酸雨溶液內具刮痕與無傷痕彩色鋼片耦合組之伽凡尼腐蝕電流密度與浸蝕時間相關性

Table 3.4 Galvanic current density of undamaged and scratched SMP-painted steel couples in acid rain solution as a function of immersion time.

種類及編號	伽凡尼腐蝕電流密度 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)				
	0小時	24小時	168小時	336小時	504小時
SMP-GA couples	-0.9	8.6	208	---	238
SMP-GI12 couples	-1.0	-0.11	3.9	119	151

蝕產物在酸雨溶液內易被溶解而不具保護性，以致在次階段劣化過程中，因露出鐵基材而改變刮痕區之電位如圖3.1及伽凡尼電化學腐蝕之極性，使得塗膜下金屬鍍層由陰極電位變為陽極電位，進而產生陽極起泡（Anodic blistering）⁽¹²⁾為其主要劣化機構。而浸在酸雨溶液中鍍鋁鋅層較鍍鋅層之溶解速率快，相對的伽凡尼腐蝕電流也大且塗膜劣化速度也較快。

(3) 刮痕效應所造成鍍層劣化機構

當在不同鍍層基材或不同環境影響下，彩色鋼片因在後加工過程或使用中所引起刮痕對鍍層劣化影響如上二節所述，主要有二種形態：一為陽極溶蝕（Anodic undermining），另一為陰極

剝離（Cathodic delamination）。當浸在酸雨溶液中，彩色鍍鋅及鍍鋁鋅鋼板之劣化機構可以圖3.2所示。首先因外在環境很容易浸蝕到刮痕之

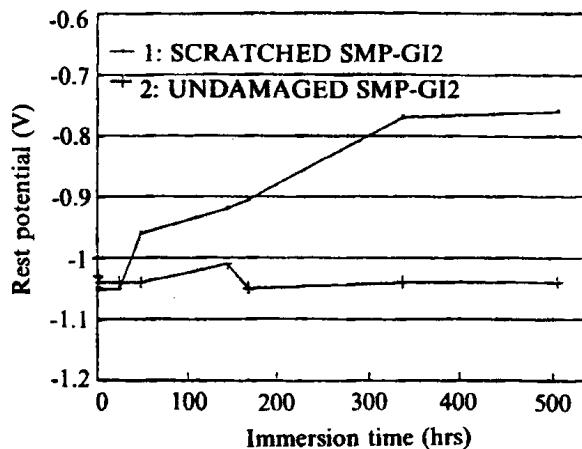


圖3.1 在酸雨溶液內彩色鍍鋅鋼片耦合組，在504小時浸蝕測試中具刮痕與無傷痕試片之平衡電位圖。

Fig. 3.1 Rest potential (vs SCE) of SMP-GI2 couple with a scratch in acid rain solution for 504 hours of testing.

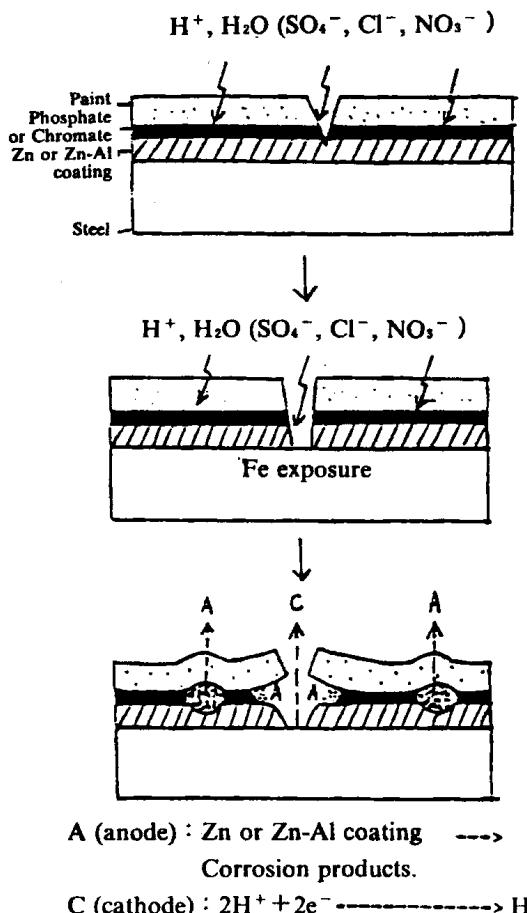


圖3.2 具刮痕彩色鋼片之陽極溶蝕劣化機構示意圖。

Fig. 3.2 Schematic views of anodic delamination mechanisms for prepainted GI and GA steels with a scratch.

金屬鍍層，而使鋅或鋅鋁層在初步反應中可被酸蝕而擴大刮痕之深度或寬度，其他塗膜完好區雖因陰陰反應產生氫氣，但易透過塗膜孔洞向外擴散，因此塗膜附著性仍佳。然而當金屬鍍層被酸蝕到鐵基材時，則塗膜完好區改變成陽極電位。因此塗膜下金屬鍍層會因陽極溶蝕機構而使得彩色鋼片溶蝕劣化，如圖3.2第二階段反應所示。當浸蝕改為鹽水溶液時，則鍍鋅或鋅鋁層經陽極反應產生腐蝕產物甚具保護性，故陽極溶蝕所造成塗膜劣化速率慢，反而在彩色鍍鋅鋼板因陰極剝離所產生劣化速度相當快。不僅在刮痕週邊易產生剝離且在塗膜孔洞電阻較小區，因外在鹽水溶液易擴散而產生陰極剝離而劣化鍍膜如圖3.3所提出機構。

(4) 邊緣效應所造成鍍層劣化機構

邊緣腐蝕是彩色鋼片較常見另一種劣化現象。一般預塗裝鍍鋅或鍍鋅鋁鋼片因切邊加工可引起兩種伽凡尼加速腐蝕。一為金屬鍍層與鐵基材間之異相腐蝕，另一為塗膜區與切邊金屬曝露區間之腐蝕。而塗膜腐蝕速率因塗膜抗蝕性與腐蝕溶液不同而造成不等劣化機構及劣化速率。

(a)表3.5顯示鍍鋅鋁耦合鋼片無論在人造酸雨或鹽水溶液內，塗膜劣化機構主要是由於陽極溶解反應而造成的陽極起泡(Anodic Blistering)或溶蝕剝離(Anodic undermining)。而因鋅鋁層在酸雨溶液中較在中性鹽水溶液溶解速率為快，故伽凡尼電流較大而造成的塗膜劣化也較嚴

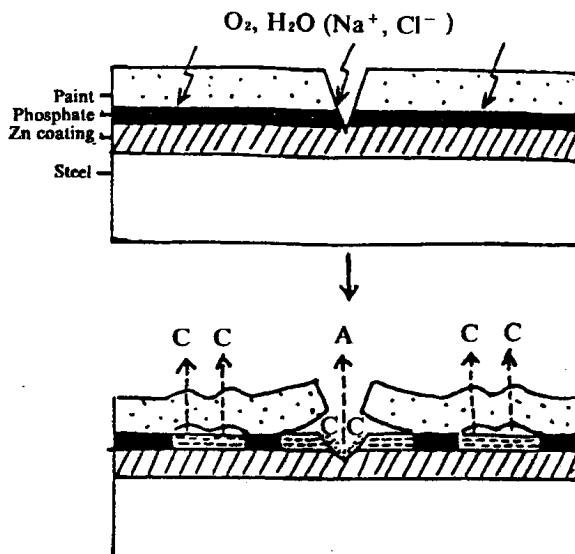


圖3.3 具刮痕彩色鍍鋅鋼片之陰極剝離劣化機構示意圖。

Fig. 3.3 Schematic presentation of cathodic delamination mechanisms for prepainted galvanized steels with a scratch.

重。

(b)另外表3.6則顯示耦合彩色鍍鋅鋼片因浸蝕溶液不同而有不同劣化機構。當浸泡於人造酸雨中，甚劣化機構與(a)所述陽極溶解剝離現象相同，祇是伽凡尼腐蝕電流較小，溶解速率較慢而塗膜劣化程度也較輕。而當浸蝕在中性鹽水溶液內則鍍膜劣化過程分二種步驟：起始階段是由於塗膜下陰極反應產生高鹼性而造成塗膜鬆脫剝離及外在鹽水易於橫向滲透及浸蝕。進而

表 3.5 具切邊缺陷與無外傷彩色鍍鋅鋁耦合鋼片之加凡尼腐蝕電流密度與浸蝕時間相關性

Table 3.5 Galvanic current density of undamaged and edge-cutted SMP-galvalume steel couples in two types of solution as a function of immersion time.

種類及編號	伽凡尼腐蝕電流密度 (nA/cm ²)				
	0小時	24小時	168小時	336小時	504小時
In Acid Rain Soln.	11.7	124	532	952	965
In 3.5% NaCl Soln.	0.3	26	68	82	83

伽凡尼腐蝕法探討彩色鍍鋅與鍍鋁鋅鋼片之劣化機構

表 3.6 具切邊缺陷與無外傷彩色鍍鋅耦合鋼片之加凡尼腐蝕電流密度與浸蝕時間相關性

Table 3.6 Galvanic current density of undamaged and edge-cutted SMP-galvanized steel couples in two types of solution as a function of immersion time.

種類及編號	伽凡尼腐蝕電流密度 (nA/cm ²)				
	0小時	24小時	168小時	336小時	504小時
In Acid Rain Soln.	1.4	51	361	597	890
In 3.5% NaCl Soln.	-0.01	-0.2	-1.9	129	198

塗膜下鍍鋅層由陰極活化區轉變成陽極活化區，而進行陽極起泡或溶解剝離等劣化反應如同浸在酸雨溶液之劣化機構。此種塗膜劣化現象可以 SEM-EDAX 分析塗膜腐蝕生成物而推測之。圖3.4是塗膜因陽極反應產生陽極起泡其塗膜下腐蝕產物可能是 $Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot 2H_2O^{(13)}$ 之化合物。而圖3.5則是塗膜被陰極反應產生強鹼浸蝕而失去其附著性並曝露出磷酸鋅中間化成皮膜。若以鍍層劣化示意圖表示則邊緣因陽極溶蝕而產生機構為圖3.6所提出模型。而彩色鍍鋅鋼板在鹽水溶液內藉二階段混合反應產生劣化機構則如圖3.7

所建議模型。

(5)比較切邊與刮痕效應所造成伽凡尼腐蝕差異性

一般彩色鋼片鍍膜劣化若是藉著陽極伽凡尼腐蝕造成的，則陰極對陽極面積比 (Ac/Aa) 會影響伽凡尼腐蝕電流密度之大小。例如本研究所用切邊耦合試片之 Ac/Aa 比為 0.01 較刮痕耦合試片之 Ac/Aa 比 0.003 為大，所以在人透酸雨溶液中，對於彩色鍍鋅或鍍鋁鋅耦合鋼片組雖有相同劣化傾向，但是具切邊試片遠較刮痕試片耦合電流大（如表3.7所示）且鍍膜之劣化速率也較快。此結果與一般異相金屬間所造成伽凡尼腐蝕電流之大小趨勢是一致的，當陰極對陽極面積比

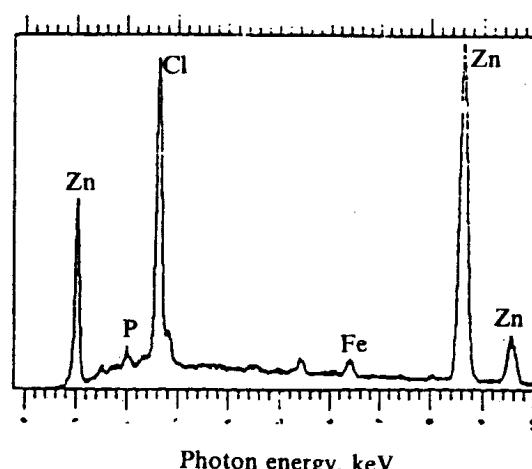
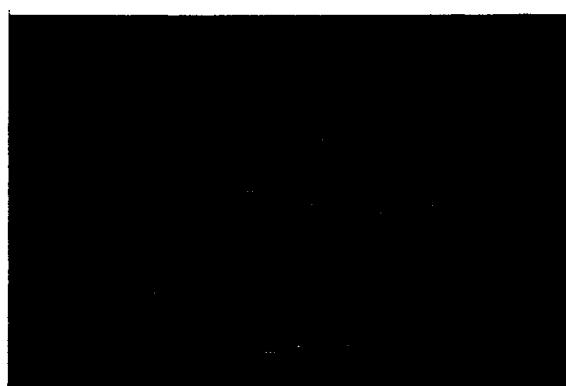


圖3.4 在鹽水溶液內具切邊彩色鍍鋅鋼片因陽極反應產生 (L) . 溶蝕腫泡及 (R) . 腫泡內 EDAX 元素分析圖。

Fig. 3.4 A secondary electron image and EDAX analysis of blistering area of SMP-GI2 with a cut edge in neutral salt solution . (L) anodic blistering region and (R) its EDAX data.

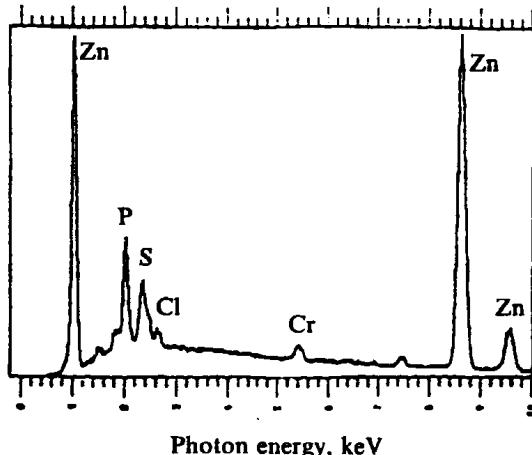


圖 3.5 在鹽水溶液內具切邊彩色鍍鋅鋼片因陰極反應產生強鹼剝離後；露出中間（L）。磷酸鋅化成皮膜層及其（R）。EDAX 元素分析圖。

Fig. 3.5 Secondary electron images and EDAX analysis of delaminated area of SMP-GI2 with a cut edge in neutral salt solution. (L) phosphate coating film undr paint delaminated area and (R) its EDAX data.

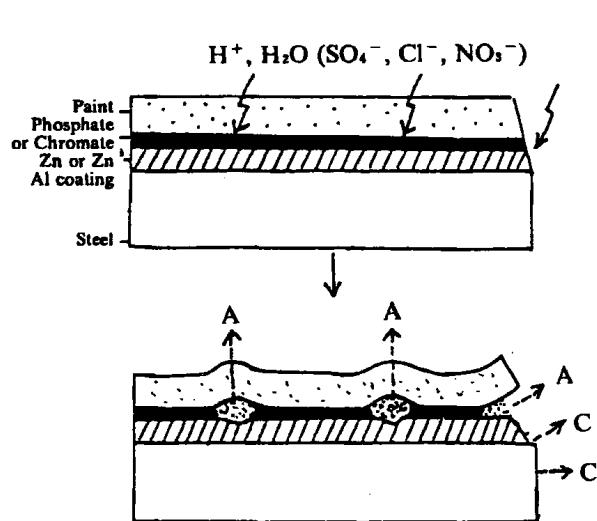


圖 3.6 在酸雨溶液內具切邊彩色鋼片因陽極溶蝕反應產生劣化機構示意圖。

Fig. 3.6 Schematic views of anodic delamination mechanism for prepainted GI and GA steels with a cut-edge in acid rain solution.

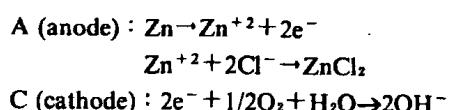
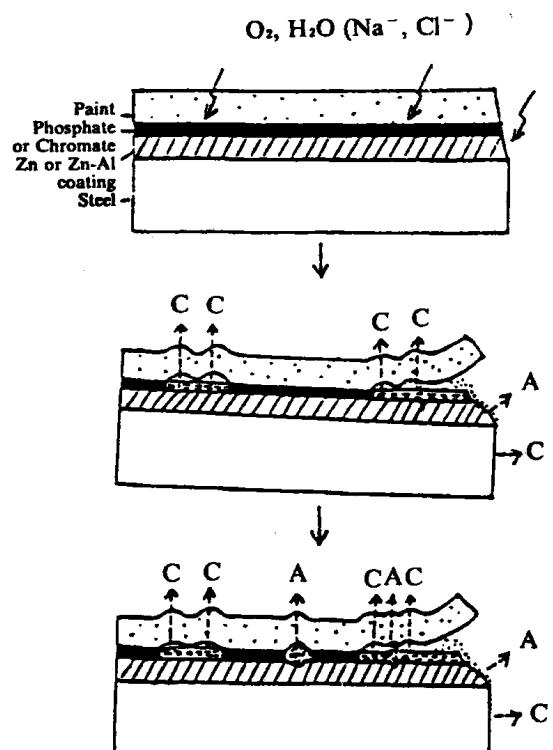


圖 3.7 在鹽水溶液內具切邊彩色鍍鋅鋼片因陰極剝離及陽極溶蝕反應產生混合型劣化機構示意圖。

Fig. 3.7 Schematic representation of mixed delamination mechanism for prepainted GI2 with a cut-edge defect in neutral salt solution.

伽凡尼腐蝕法探討彩色鍍鋅與鍍鋁鋅鋼片之劣化機構

表 3.7 在人造酸雨溶液內，比較具切邊與刮痕彩色鋼片耦合組之伽凡尼腐蝕電流密度與浸蝕時間相關性
Table 3.7 Comparison of edge and scratch effects on galvanic current density of prepainted steels versus immersion time in acid rain solution.

種類及編號	伽凡尼腐蝕電流密度 (nA/cm ²)				
	0小時	24小時	168小時	336小時	504小時
SMP-GA couples					
A. (with a scribe)	-0.9	8.6	208	---	238
B. (with a cut edge)	11.7	124	532	952	965
SMP-GI2 couples					
A. (with a scribe)	-1.0	-0.11	3.9	119	151
B. (with a cut edge)	1.4	51	361	597	890

愈大則耦合電位愈正且耦合電流也愈大⁽¹⁴⁾。

(6) 塗膜內阻抗對伽凡尼腐蝕速率影響

彩色鋼片常用二種不同特性有機塗膜為矽化聚酯型 (SMP TYPE) 及二氟化乙烯樹脂 (PVDF TYPE)。而後者在實用上約具有二十年耐蝕性較前者耐蝕性為佳⁽¹⁵⁾。表3.8顯示當鍍鋅鋼板浸在鹽水溶液內並產生陰極剝離劣化機構時，則具同膜厚之 PVDF 塗膜較 SMP 塗膜之腐蝕電流及劣化速率皆小。若以同種類 SMP 塗膜互相比較，則膜厚較厚且阻抗較高之 SMP-GI1 也可顯示出伽凡尼電流小且劣化速率慢之趨勢。因此伽凡尼腐蝕電流測試法可較客觀且定量化評估彩色鋼片塗膜阻抗大小及塗膜耐蝕效果之特性。

3.2 噴霧與浸蝕加速腐蝕測試

為模擬彩色鋼片因外在酸雨或鹽份浸蝕腐蝕行為，故以噴霧法或浸漬法追蹤試片之腐蝕現象。當在酸雨或鹽份浸蝕21天後彩色鋼片之劣化結果如圖3.8所示。其中彩色鍍鋅鋼片在酸雨浸蝕中因陽極溶蝕劣化現象較嚴重且隨時間增長有明顯惡化趨勢如圖3.8(a)之 SMP-GA 試片。而相對的低塗膜阻抗之鍍鋅試片 (SMP-GI2) 在鹽水溶液中則有較明顯陰極剝離劣化趨勢。另外圖3.9中無傷痕試片則較圖3.8具切邊或刮傷試片之腐蝕劣化速率慢，此與前述電化學評估法之結果是一致的。若改以酸雨噴霧法測試，因腐蝕液接觸試片面積較浸蝕法為小故腐蝕劣化速率也較浸蝕法為慢。如圖3.10所示，經21天噴霧測試後彩色鍍鋅及鍍鋅試片之劣化程度皆有明顯減少趨勢。

表 3.8 在鹽水溶液內浸蝕504小時後，不同塗膜阻抗之彩色刮痕鍍鋅鋼片耦合組之伽凡尼腐蝕電流密度與塗膜劣化面積相關性

Table 3.8 The correlation between galvanic current density and degradation areas of scratched couple panels with different film resistance after 504 hours immersion in 3.5% NaCl solution.

種類及編號	伽凡尼電流密度	塗膜起泡面積	刮痕剝離寬度
SMP-GI2 couples	-12.4(na/cm ²)	5.6%	5.5mm
SMP-GI1 couples	<-0.1(na/cm ²)	0.0%	0.2mm
PVDF-GI couples	<-0.1(na/cm ²)	0.0%	0.2mm

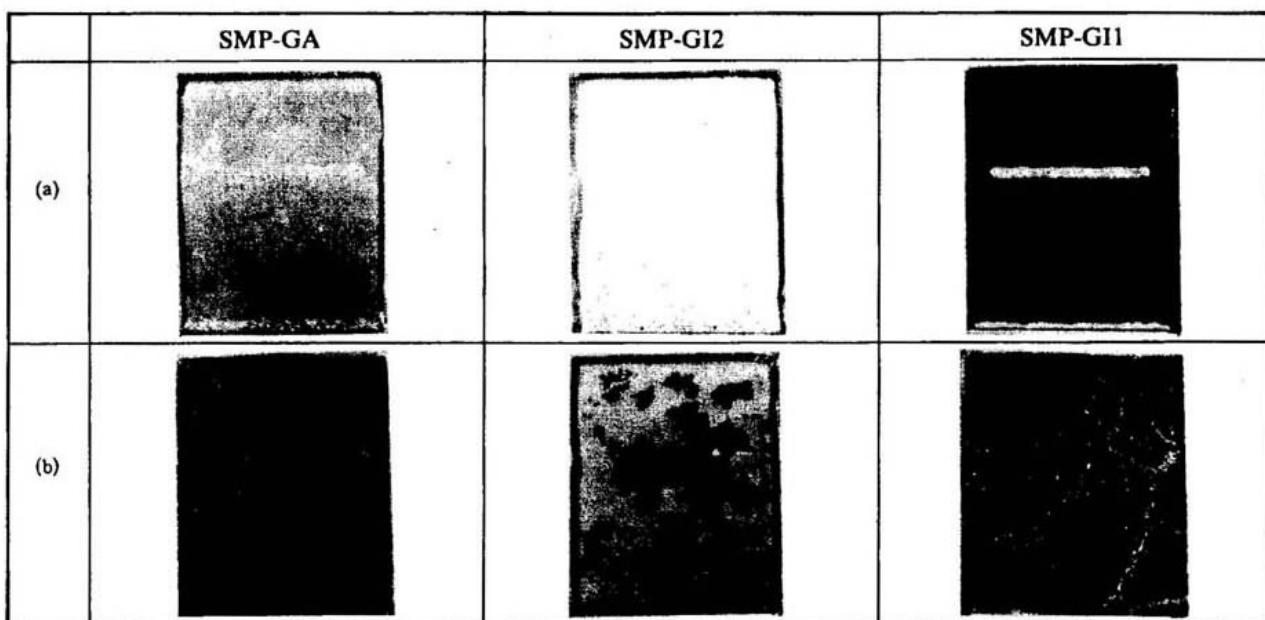


圖 3.8 浸蝕加速腐蝕測試21天後，具刮痕與切邊三種不同性質彩色鋼板之塗膜相對劣化圖。(a)在酸雨溶液中；(b)在3.5%鹽水溶液中。

Fig. 3.8 Immersion testing for prepainted GA, GI2 AND GI1 panels (from left to right) with a cut-edge and scratch defects (a) in acid rain solution and (b) in 3.5% NaCl solution for 21 days.

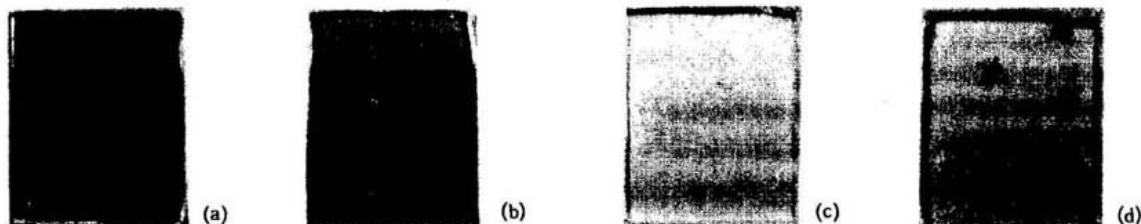


圖 3.9 酸雨或鹽水浸蝕加速腐蝕測試48天後，無加工損傷二種不同性質彩色鋼板之塗膜相對劣化圖。(a-b) SMP-GA 在酸雨及鹽水溶液中；(c-d) SMP-GI 在酸雨及鹽水溶液中。

Fig. 3.9 Immersion testing for defect-free prepainted GI and GA panels (a-b) SMP-GA panels and (c-d) SMP-GI panels in acid rain and salt solutions for 48 days.

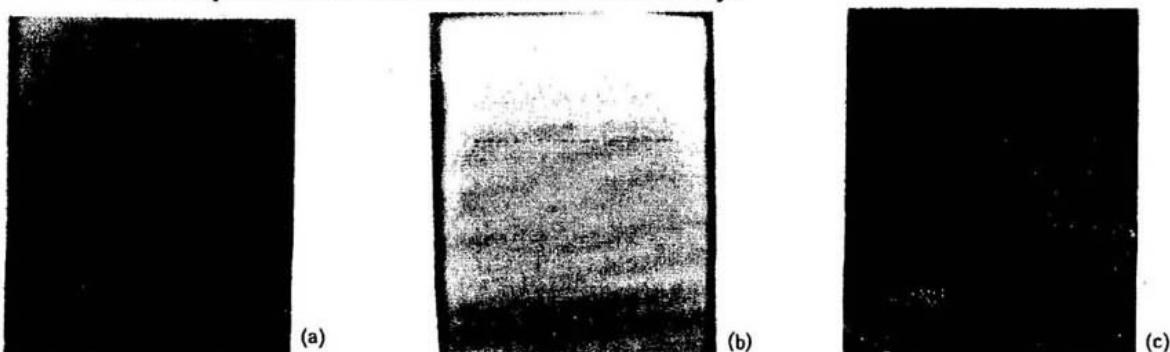


圖 3.10 酸雨噴霧加速腐蝕測試21天後，具刮痕與切邊三種不同性質彩色鋼板之塗膜相對劣化圖(a)SMP-GA；(b)SMP-GI2；(c)SMP-GI1。

Fig. 3.10 Acid spray testing for prepainted steels with a cut-edge and scratch defects for 21 days. (a) SMP-GA (b) SMP-GI2 (c) SMP-GI1.

伽凡尼腐蝕法探討彩色鍍鋅與鍍鋁鋅鋼片之劣化機構

四、結論

- (1)本研究以伽凡尼腐蝕電化學方法可有效評估或追蹤彩色鍍鋅或鍍鋁鋅鋼板之劣化機構及鍍層或塗膜之特性。
- (2)彩色鋼板主要劣化機構為陽極溶蝕，陰極剝離及陰陽極混合剝離等三種類型。而其決定因素是受腐蝕環境，塗膜加工損傷程度，塗膜阻抗及鍍層特性之影響。
- (3)伽凡尼電流測試結果顯示具切邊或刮傷等後加工損傷鋼片在其傷痕處之週邊產生較嚴重塗膜劣化現象，而且切邊效應較刮痕效應所產生塗膜劣化程度大。其主因是由於傷痕缺陷造成陰極對陽極面積比較大者，所產生伽凡尼腐蝕電流較大，同時塗膜劣化程度或速率也較快。
- (4)以酸雨或鹽水浸蝕或噴霧法模擬大氣腐蝕現象追蹤三種彩色鋼板塗膜劣化趨勢，其劣化情形和電化學方法評估結果是一致的。且酸雨浸蝕法因反應面積較噴霧法為大，故顯示劣化速率也較快。

參考文獻

- (1)N. S. Makins, N. S. Kins, JOCCA, 64 (1981) P. 459.
- (2)Buller, M., J. E. O. Mayne and D. J. MILLS, jo-
cca, 59 (1976) P. 351.
- (3)J. E. Mayne, J. E. O. Oyne and D. J. Mills, JOCCA, 58 (1975) P. 155.
- (4)D. C. Silverman and J. E. Carrico, Corrosion, 44 No. 5 (1988) P. 280.
- (5)F. Mansfeld, Corrosion, 44 No. 12 (1988) P. 856.
- (6)A. J. Kairaitis, Corrosion Australasia, 14 No. 2 (1988) P. 13.
- (7)M. W. Kendig, F. Mansfeld and S. Tsai, Corrosion Sci., 23 (1983) P. 317.
- (8)S. Haruyama, M. Asari and T. Tsuru, Proc. Corrosion Protection by Organic Coatings, The Electrochemical Society, Princeton, Niencton, New Jersey, 87-2 (1987) P. 197.
- (9)B. J. Hepburn, K. R. Gowers and J. D. Scantlebury, Br. Corrosion. Corrosion J., 21 (1986) P. 105.
- (10)J. B. Johson, et al., European Culture Heritage, EEC, 2, No.4 (1988) p13-21.
- (11)T. T. Yoshihara and H. Okita, Trans. Iron Steel Inst. Japan, 23 (1983) P. 984.
- (12)E. L. Koehler, in Localized Corrosion, National Association of Corrosion Engineers, Houston, (1974) P. 117.
- (13)E. Alemida and D. Pereira, Progress in organic coatings, 17 (1989) P. 175.
- (14)R. N. Parkins, "Corrosion Process" Applied Science Publ., London (1982) P. 166.
- (15)J. M. Sketchley, Corrosion Australasia, August (1985) P. 5.