

## 無鉻前處理對預塗散熱鋁片表面特性影響之 探討

孫秉誠\*<sup>1</sup>、蔡日新<sup>2</sup>、徐震<sup>3</sup>

### Effects of Chrome-Free Treatment to the Pre-Coated Aluminum Film Properties

P. C. Sun\*<sup>1</sup>, J. H. Tsai<sup>2</sup>, J. Hsu<sup>3</sup>

#### 摘 要

無鉻型金屬表面處理是環保趨勢，也是先進國家產品環保法規的要求。歐盟率先以 WEEE 及 RoHS 等法令來限制特定有毒物質使用及其廢棄物的污染。以往鋁片的表面處理產品都經過含鉻酸藥劑處理，以增進鋁片在後續上漆的附著性及耐蝕性。目前世界各大廠家都嘗試採用環保無鉻處理的作法，取代含鉻處理劑，以符合環保產品標準；並可以避免人員環境污染及後續含鉻廢水處理問題。本研究以引進國內外的無鉻處理劑，配合產製製程，藉由實驗室的評估篩選出合格的處理劑，並進一步塗製塗膜鋁散熱片。以實驗計劃法，探討各種無鉻處理劑之影響因素，分析對後續預塗散熱片親水性及耐蝕性的影響。進行處理劑種類濃度、反應溫度、時間及處理後塗漆前放置時間等品質重要影響因素的評估測試。研究結果顯示，產製之預塗鋁散熱片，可通過 750 小時鹽霧耐蝕性試驗，RN 值  $\geq 9.3$ ，實用親水性接觸角  $\leq 50^\circ$ ，其餘塗膜品質皆達標準。另，經由直交實驗及 S/N 比分析顯示，塗膜親水性受處理劑種類濃度、反應時間影響較大；預塗鋁散熱片之耐蝕性受處理劑種類濃度影響較為明顯。

關鍵詞：無鉻處理劑；預塗鋁散熱片；親水性；耐蝕性(RN 值)；S/N 比(S/N 雜訊比)。

#### ABSTRACT

Chrome-free surface treatment of metal is the trend of environment protection, and also the regulations for the related products. Recently, there are WEEE and RoHS directions in EU for restriction of toxic substances and its waste. Since chromium is good surface treatment agents for

---

1 中國鋼鐵公司新材料研發處，有機材暨特用化學品組

1 Specialty Chemicals Sec., New Materials R & D Dept., China Steel Corporation

2 中國鋼鐵公司工業工程處，經營發展組

2 Dept. of Industrial Engineering, China Steel Corporation

3 中鋼鋁業公司研究發展處，產品研發組

3 Dept. of R & D, China Steel Aluminum Corporation

\* 連絡作者：pcsun@mail.csc.com.tw

its good adhesion and corrosion prevention in the surface of aluminum. Chromium content chemicals have been used for a long time in the coated aluminum sheet. Several chrome-free chemicals were submitted by different chemical suppliers. Refer to the manufacturing process and chemicals are evaluated to make the coated high hydrophilic and corrosion resistance for pre-coated fin-stock aluminum sheet. This study evaluates the chrome-free process and chemicals to develops suitable chemicals for the hydrophilic and high corrosion resistance products. The quality of pre-coated fin stocks will meet the criterion of cyclic test, hydrophilic contact angles  $\leq 50^\circ$  and corrosion resistance value (SST 750 hrs)  $RN \geq 9.3$ . The approach of experiments included experimental planning methods to investigate the effects of concentration of chemicals, treatment periods, baking temperature and the interval between treatment and painting. As a result, the selected chrome-free chemical could produce the high hydrophilic and corrosion resistance qualities and reached the characters of the product. The results of orthogonal experiment and the analysis of signal-to-noise (S/N) ratio also shows corrosion resistance and hydrophilic contact angles significantly affected by concentration of chemicals, treatment periods, and the value of hydrophilic contact angles significantly affected by the brand of chemical, film build thickness also. This study could be used to assist the chrome-free process and adjust the qualities of the pre-coated fin-stock for its performance.

Keywords: Chrome-free treatment; Pre-coated aluminum fin-stock; Hydrophilic; Corrosion resistance (RN); Signal-to-Noise (S/N).

## 1. 前言

無鉻型金屬表面處理是環保的趨勢，也是近年來先進國家環保法規上的要求。歐盟先以 WEEE(Waste of Electrical and Electronic Equipment) 及 RoHS(Restriction of Hazard Substances)等法令<sup>[1]</sup>來限制電子產品廢棄物污染及禁止特定有毒物質使用。世界級大廠家紛紛要求零件材料要經過認證或提出合格的檢驗證明。以往鋁片的表面處理產品都要經過鉻酸處理，為符合環保規定，因而引進不含六價鉻前處理劑。本研究除了解環保型前處理藥劑特性，並配合鋁片製程條件，評估使用後在鋁片之上漆性、附著性及耐蝕性等品質特性與一般含鉻性處理劑產品之差異，作為環保表面處理鋁片可否量產及合乎品質的參考。

根據目前歐盟的法規敘述，禁用的是六價鉻。一般而言，鉻酸鹽及其氧化物最主要的功能在確保表面塗膜的附著及加強防銹性。大部份產品需要再與特殊塗料搭配，達成金屬表面的特定功能，未來的鋁片表面處理作法也可能有不含六價鉻、無鉻兩種作法。而目前所知的世界級大廠<sup>[2-7]</sup>都採取無鉻處

理的作法，以避免後續含鉻廢水處理及環保標準要求更高等問題。

2005年初，IBM、SONY及Matsushita公司已開始不再使用含鉻型表面處理鋁片，並要求材料供應廠家需附上無鉻的檢測證明。雖然曾以一種底漆取代含鉻型處理劑的 2C2B 無鉻型塗膜鋁散熱片，可通過無鉻的檢測。但長遠之計，以無鉻型處理劑來生產各種表面處理鋁片，包括 1C1B 親水塗膜鋁散熱片、預塗裝彩色鋁片及預塗鋁罐蓋料等無鉻化是趨勢，也是需求。本研究乃針對鋁廠的表面處理及塗裝產線產品，希望藉由實驗室的研究評估，篩選出合格的無鉻型處理劑，進一步應用到指定產品的生產製程，建立該項產品的最佳化無鉻製程操作條件及品質標準。

## 2. 實驗

無鉻處理對預塗鋁散熱片品質的影響，研究過程包括無鉻藥劑的引進、塗膜品質塗製評估、篩選及品質影響因素之探討。

## 2.1 材料

- (1) 鋁片：試片厚度 0.115 mm，長寬為 15 cm × 10 cm。
- (2) 化成皮膜處理：依各藥劑廠家提供之濃度及操作方式處理。
- (3) 塗料：一塗一烤鋁散熱片塗料，實驗室塗製。  
PMT：240 °C，15 秒。

## 2.2 研究方法與步驟

### 2.2.1 無鉻藥劑之初步篩選

引進的無鉻藥劑共有 5 個廠牌，進行先期篩選，以浸泡方式取得反應試片後，進行試片評估，包括：72 小時耐蝕性試驗，上漆性及處理後鋁片外觀及附著性。

### 2.2.2 無鉻藥劑對鋁散熱片塗膜品質的影響探討

從 5 個廠牌的無鉻藥劑經初步篩選，取三個不同廠家合格之無鉻藥劑試片，進行塗膜散熱片塗裝後，作進一步實驗計劃分析、探討。

#### (a) 因子水準設計

實驗設計包括：無鉻藥劑種類濃度、藥劑反應溫度、時間及處理後塗漆前放置時間等 4 個因子，是無鉻處理的重要因子，與後續塗膜特性相關。每個因子設有有高、中、低 3 個水準。

#### (b) 田口式直交表配置：

依照實驗計劃法展開田口式直交表。

### 2.2.3 品質因素影響分析

無鉻藥劑種類濃度、反應溫度、時間及處理後塗漆前放置時間等是影響表面處理及後續塗膜最重要的 4 個因子。有 3 家無鉻藥劑，藥劑濃度與耐蝕性及消耗成本有關，分成低、中、高 3 個水準。鋁片處理藥劑溫度一般在 40 °C ~ 60 °C 之間，所以設定為 40、50、60 °C(間格為 10 °C) 3 個水準。處理藥劑浸泡時間可能影響附著量，為 3 秒 ~ 10 秒間，分成 3、5、7 秒(間隔 2 秒) 3 個水準，另無鉻藥劑處理後與塗漆間屬不同產線之放置時間是否會影響後續塗漆的特性，也設定 10 分鐘、2 小時及 24 小時等不同間隔，來探討前處理對塗膜散熱片之耐蝕、親水性的影響。

## 2.3 評估試驗項目及方法

### 2.3.1 初期親水性

將每一種試片(10 cm × 5 cm × 3 pcs)以純水滴於表面，以接觸角量測儀量測塗膜表面接觸角。接觸角量測儀器為 Model CA-A (Kyowa Kaimenkagaku Co., Ltd., Japan)。

### 2.3.2 實用親水性試驗

將試片置於流水 8 hrs、80 °C，烘乾 18 hrs 為一個試驗循環，進行 0 cycle、1 cycle、10 cycles 及 15 cycles 的實驗。以前述接觸角量測儀量試驗前、後塗膜表面接觸角變化。

### 2.3.3 耐蝕性試驗

將試片置於鹽水噴霧試驗(SST)機中，條件為：35 °C、5%鹽水，經過 500 hrs、750 hrs 觀察生銹狀況，記錄之。依據 JIS Z 2371 規範對照 RN 值標準圖，判定試片 RN 值。

RN 值=10.0 為無銹蝕、9.8 為 1 至 4 點輕微銹蝕、9.5 後銹蝕依數值越小越多，至 6.0 完全生銹。

評估項目，另包括：耐濕性、耐鹼性等。

## 3. 結果與討論

本研究主要目標：(1) 初步篩選合格的無鉻處理藥劑，以國內外 5 家藥劑廠提供之處理劑，測試耐蝕性、上漆性及外觀附著性，作為評估篩選標準。(2) 以實驗計劃法，探討無鉻藥劑各項重要因素對預塗膜鋁散熱片塗膜品質影響。(3) 品質因素影響分析，建立無鉻處理技術。

整體而言，先經實驗室測試篩選無鉻處理藥劑，再以合格無鉻處理藥劑處理後的鋁片，塗製預塗鋁散熱片，而後進行評估鋁散熱片的塗膜品質所受的影響，研究結果如下：

### 3.1 無鉻藥劑之初步篩選

研究期間共取得 5 種廠家藥劑，其中有 3 種無鉻型處理劑，經評估其特性符合需求。5 藥劑分別列為：A、B、C、D 及 E，初步特性評估項目為 (1) 耐

蝕性：JIS Z 2371 鹽霧試驗(SST)72小時，觀察表面銹點。(2) 上漆性：以壓克力(Acrylic)漆、醇酸(Alkyd)漆，分別塗製測試上漆性。(3) 外觀及附著性：外觀無異狀，方格試驗以膠帶粘貼無剝離為合格。表1～表3，依序為各廠家藥劑初步特性測試結果，選擇前3家為合格藥劑，A、B、C廠家藥劑在耐蝕性、上漆性、外觀及附著性等表現佳；可用來進行對後續散熱鋁片塗膜特性影響之探討。而D廠家藥劑為輥塗型，藥劑浸泡附著性差；E廠家藥劑三次測試均無法得到均勻的處理皮膜，以上兩家為不合格。不合格藥劑浸泡後試片表面狀況，如圖1。由於目前鋁廠產線為傳統浸泡製程，僅選擇浸泡型藥劑。

### 3.2 無鉻藥劑對鋁散熱片塗膜品質的影響 (實驗計画法)

篩選合格的3種無鉻處理劑後，進而以L9實驗計画法，進行包括無鉻處理劑種類濃度、處理劑操作溫度、處理劑反應時間及無鉻處理與塗漆間隔時間等4個因子，每個因子分3個水準的實驗計劃探討如下：

表1. A 無鉻處理後鋁片表面特性評估。

Table 1 Characters of chrome-free treatment a for aluminum fin.

| 試驗種類* \ 評估項目     | 耐蝕性    | 上漆性 (Acrylic) | 上漆性 (Alkyd) | 外觀及附著 |
|------------------|--------|---------------|-------------|-------|
| 45 °C × 3" (1st) | RN=9.3 | 100/100       | 100/100     | 正常    |
| 50 °C × 3" (1st) | RN=9.3 | 100/100       | 100/100     | 正常    |
| 45 °C × 3" (2nd) | RN=9.3 | 100/100       | 100/100     | 正常    |
| 50 °C × 3" (2nd) | RN=9.3 | 100/100       | 100/100     | 正常    |

\* 註：1st之A處理劑濃度為2.5%；2nd之A處理劑濃度為4.0%。

表2. B 無鉻處理後鋁片表面特性評估。

Table 2 Characters of Chrome-free treatment B for aluminum fin.

| 試驗種類 \ 評估項目         | 耐蝕性    | 上漆性 (Acrylic) | 上漆性 (Alkyd) | 外觀及附著 |
|---------------------|--------|---------------|-------------|-------|
| 50 °C × 5 sec (浸泡型) | RN=9.5 | 100/100       | 100/100     | 正常    |
| 55 °C × 5 sec (浸泡型) | RN=9.5 | 100/100       | 94/100      | 正常    |

表3. C 無鉻處理後鋁片表面特性評估。

Table 3 Characters of Chrome-free treatment C for aluminum fin.

| 試驗種類 \ 評估項目        | 耐蝕性    | 上漆性 (Acrylic) | 上漆性 (Alkyd) | 外觀及附著 |
|--------------------|--------|---------------|-------------|-------|
| 室溫 × 30 sec (浸泡1型) | RN=9.5 | 100/100       | 100/100     | 正常    |
| 室溫 × 30 sec (浸泡2型) | RN=9.5 | 100/100       | 100/100     | 正常    |
| 室溫 × 30 sec (浸泡3型) | RN=9.5 | 100/100       | 100/100     | 正常    |

(a) 因子水準設計

| 因子 \ 水準  | 1     | 2     | 3     |
|----------|-------|-------|-------|
| 處理劑濃度    | 2%    | 3%    | 4%    |
| 處理劑溫度    | 40 °C | 50 °C | 60 °C |
| 處理劑反應時間  | 3秒    | 5秒    | 7秒    |
| 前處理與塗漆間隔 | 10分   | 120分  | 24小時  |

(b) 田口式直交表配置：

|    | 處理劑種類及濃度 | 處理劑操作溫度 | 處理劑反應時間 | 前處理與塗漆間隔時間 |
|----|----------|---------|---------|------------|
| t1 | 1        | 1       | 1       | 1          |
| t2 | 1        | 2       | 2       | 2          |
| t3 | 1        | 3       | 3       | 3          |
| t4 | 2        | 1       | 2       | 3          |
| t5 | 2        | 2       | 3       | 1          |
| t6 | 2        | 3       | 1       | 2          |
| t7 | 3        | 1       | 3       | 2          |
| t8 | 3        | 2       | 1       | 3          |
| t9 | 3        | 3       | 2       | 1          |

無鉻處理劑種類濃度、處理劑操作使用溫度、處理劑反應時間及無鉻處理與塗漆間隔時間等前處理，是影響後續塗膜品質特性的最重要因子。無鉻

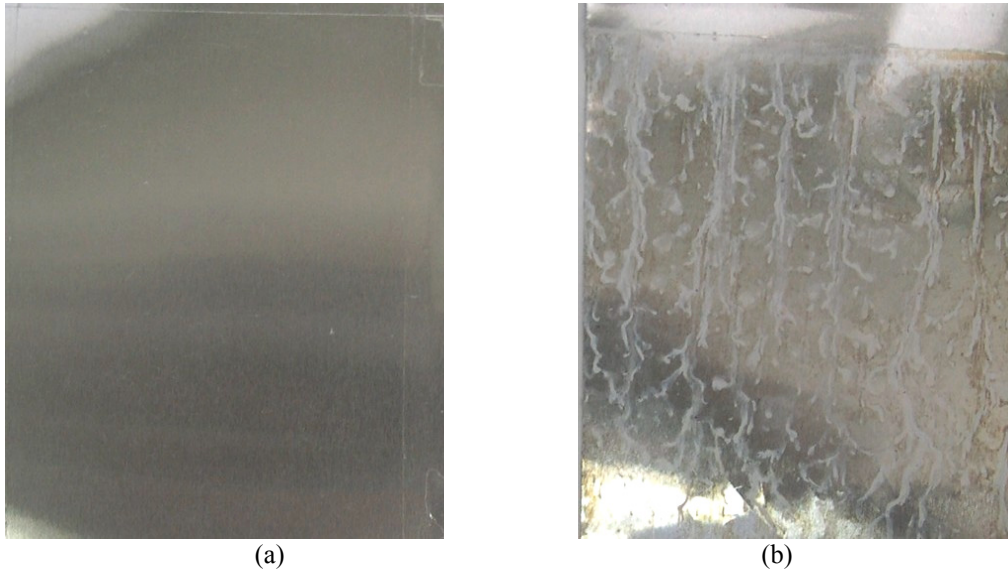


圖 1 無鉻處理後外觀不佳不合格之鋁片樣品，(a) 處理前鋁片，(b) 處理後鋁片外觀及耐蝕不佳。  
Figure 1 Surface of unqualified chrome-free treatment (a)before treatment, (b)after treatment.

處理劑有 3 家，依藥劑使用的濃度分成低、中、高 3 個水準。鋁片處理藥劑溫度可能影響後續塗膜的附著、親水及耐蝕性，所以設定為 40、50、60 °C(間格為 10 °C) 3 個水準來探討。處理藥劑浸泡時間可能影響附著量，分成 3、5、7 秒(間隔 2 秒)3 個水準。另無鉻藥劑處理後與塗漆屬不同產線，放置時間是否會影響後續塗漆的特性，也設定 10 分鐘、2 小時及 24 小時等不同間隔來測試。為驗證其對品質影

響，各因子皆分成 低、中、高 3 個水準，探討前處理對對塗膜耐蝕、親水性的影響。試驗評估結果詳如表 4 (田口式直交表 t1 ~ t3)、表 5 (田口式直交表 t4 ~ t6)、表 6 (田口式直交表 t7 ~ t9)。

檢測塗膜特性為依據日立電機需求所訂之高耐蝕塗膜鋁散熱片品質標準。塗膜親水性以純水滴於塗膜面之接觸角量測值來表示，接觸角大表示親水性差；一般以初期及實用親水性來表示：(1) 初期親

表 4. 田口法對 A 處理劑鋁散熱片之塗膜特性評估。

Table 4 Taguchi method for the film characters of treatment A..

| 評估項目 \ 無鉻處理劑及試驗代號 |               | A-t1             | A-t2             | A-t3             |
|-------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|
| 1. 初期親水性          | 接觸角           | 5.5              | 5.3              | 5.1              |
| 2. 實用親水性          | 5 cycles 接觸角  | 27.6             | 27.3             | 27.1             |
|                   | 10 cycles 接觸角 | 31.9             | 31.4             | 30.7             |
|                   | 15 cycles 接觸角 | 43.3             | 42.1             | 41.5             |
| 3. 耐蝕性            | 500 hrs RN 值  | RN = 10.0        | RN = 10.0        | RN = 10.0        |
|                   | 750 hrs RN 值  | RN = 10.0        | RN = 10.0        | RN = 9.8         |
| 4. 耐濕性            | 500 hrs 色差    | $\Delta E = 2.4$ | $\Delta E = 2.2$ | $\Delta E = 2.0$ |
|                   | RN 值          | RN = 10.0        | RN = 10.0        | RN = 10.0        |
|                   | 720 hrs 色差    | $\Delta E = 9.7$ | $\Delta E = 9.4$ | $\Delta E = 9.0$ |
| 5. 耐鹼性            | 3% NaOH 30"   | 淺藍色不變            | 淺藍色不變            | 淺藍色不變            |
|                   | 3% NaOH 60"   | 淺藍色不變            | 淺藍色不變            | 淺藍色不變            |

水性 - 未使用的塗膜鋁片親水性，(2) 實用親水性 — 經加速模擬試驗 2 週後的塗膜鋁片親水性。

(1) 初期親水性

初期親水性合格標準，塗膜鋁散熱片表面接觸角應小於 20°。一般容易通過，無法分辨親水性優劣；詳如表 4 ~ 表 6。

(2) 實用親水性

實用親水性試驗為親水性的加速模擬試驗，加速循環試驗 24 小時為 1 個 cycle，15 cycles 後之接觸角以小於 50°為合格標準。塗膜實用親水性的加速試驗結果，可以由接觸角

大小來分辨塗膜親水性的優劣，15 cycles 接觸角皆 ≤ 50°，詳如表 4 ~ 表 6，實用親水性品質皆符合標準。

(3) 塗膜耐蝕性

塗膜耐蝕性以 JIS Z4721 鹽霧試驗(SST)後之 RN 值來表示，試驗結果塗膜鋁散熱片，可達到耐蝕性 500 小時 RN 值 ≥ 9.5，750 小時 RN 值 ≥ 9.3；試驗結果詳如表 4 ~ 表 6。RN 值的最高標準為 10，代表塗膜表面完全無銹點。9.8 為 1 至 4 點輕微銹蝕、9.5 後銹蝕依數值越小越多，至 6.0 完全生銹。原 JIS Z 2371

表 5. 田口法對 B 處理劑鋁散熱片之塗膜特性評估。

Table 5 Taguchi methods for the film characters of treatment B.

| 評估項目 \ 無銹處理劑及試驗代號 |               | B-t4      | B-t5      | B-t6      |
|-------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| 1. 初期親水性          | 接觸角           | 4.8       | 4.5       | 4.3       |
| 2. 實用親水性          | 5 cycles 接觸角  | 22.3      | 21.7      | 21.4      |
|                   | 10 cycles 接觸角 | 26.5      | 25.5      | 24.9      |
|                   | 15 cycles 接觸角 | 37.5      | 36.9      | 36.1      |
| 3. 耐蝕性            | 500 hrs RN 值  | RN = 10.0 | RN = 9.8  | RN = 9.8  |
|                   | 750 hrs RN 值  | RN = 9.8  | RN = 9.5  | RN = 9.5  |
| 4. 耐濕性            | 500 hrs 色差    | ΔE = 2.3  | ΔE = 2.1  | ΔE = 1.8  |
|                   | RN 值          | RN = 10.0 | RN = 10.0 | RN = 10.0 |
|                   | 720 hrs 色差    | ΔE = 7.9  | ΔE = 7.7  | ΔE = 7.1  |
| 5. 耐鹼性            | 3% NaOH 30"   | 淺藍色不變     | 淺藍色不變     | 淺藍色不變     |
|                   | 3% NaOH 60"   | 淺藍色不變     | 淺藍色不變     | 淺藍色不變     |

表 6. 田口法對 C 處理劑鋁散熱片之產品特性評估。

Table 6 Taguchi method for the film characters of treatment C.

| 評估項目 \ 無銹處理劑及試驗代號 |               | C-t7      | C-t8      | C-t9      |
|-------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| 1. 初期親水性          | 接觸角           | 4.7       | 4.5       | 4.4       |
| 2. 實用親水性          | 5 cycles 接觸角  | 21.7      | 20.9      | 20.5      |
|                   | 10 cycles 接觸角 | 27.9      | 27.5      | 26.3      |
|                   | 15 cycles 接觸角 | 36.3      | 34.4      | 32.2      |
| 3. 耐蝕性            | 500 hrs RN 值  | RN = 9.8  | RN = 9.8  | RN = 9.8  |
|                   | 750 hrs RN 值  | RN = 9.3  | RN = 9.3  | RN = 9.3  |
| 4. 耐濕性            | 500 hrs 色差    | ΔE = 7.3  | ΔE = 6.7  | ΔE = 6.3  |
|                   | RN 值          | RN = 10.0 | RN = 10.0 | RN = 10.0 |
|                   | 720 hrs 色差    | ΔE = 17.6 | ΔE = 15.1 | ΔE = 13.3 |
| 5. 耐鹼性            | 3% NaOH 30"   | 淺藍色不變     | 淺藍色不變     | 淺藍色不變     |
|                   | 3% NaOH 60"   | 淺藍色不變     | 淺藍色不變     | 淺藍色不變     |

規範對照 RN 值標準圖，對銹點粗細程度進一步作細分，如 9.8-2、9.8-3，9.8-3 顯示銹點較細，較多。整體而言，塗膜鋁散熱片之耐蝕性皆符合高耐蝕產品品質標準。

(4) 耐溼性

耐溼試驗為溫度 50 °C、溼度 98%，500 及 720 小時之測試，所作成之塗膜散熱片表面無銹蝕、RN 值=10。色差小於 2 顯示肉眼無法分辨，C 無鉻處理劑產品色差較大，有色澤變異顧慮。測試結果如表 4~ 表 6 所示。

(5) 耐鹼性

以 5% 氫氧化鈉(NaOH)溶液浸泡 30 秒、60 秒，觀察所作成之塗膜散熱片，是否脫落、變色。詳如表 4 ~ 表 6 所示。產品試片皆無脫落、不變色；符合耐鹼性規格標準。

試驗結果以 A、B 等兩種無鉻處理劑較佳，C 無鉻處理劑塗膜耐濕性色澤變異大，詳如表 6，所以不建議採用。

### 3.3 品質影響因素分析

品質要因分析，針對親水性與耐蝕性，表 7、表 8 實驗結果分析之 S/N 比值回應<sup>[8]</sup>，S/N 比代表訊

號雜因比，親水性屬望小特性；表 7 顯示，塗膜親水性受無鉻處理劑種類濃度影響最大，處理劑操作使用溫度影響居次，其餘因素影響較小。耐蝕性 S/N 比屬望大特性，表 8 顯示，耐蝕性的變因受無鉻處理劑種類濃度影響最大，其餘因素影響小。經以上試驗結果 S/N 比值回應表總結，無鉻處理劑種類濃度對散熱片塗膜品質影響最大，親水性以無鉻處理劑 C 表現最佳，耐蝕性以無鉻處理劑 A 最佳。整體而言，使用上述合格無鉻處理劑，經實驗計劃法要因分析，可以了解藥劑特性、製程條件等重要因素對產品品質的影響，確實有利於達成產品目標。

## 4. 結論

無鉻前處理對預塗散熱鋁片表面特性影響之研究，篩選了合格的無鉻處理劑，並可產製環保無鉻、品質合格的塗膜鋁散熱片，達成高耐蝕、親水性佳之塗膜鋁片。以實驗計劃法，完成相關因素對塗膜特性品質影響之探討。綜合結論如下：

1. 5 廠家藥劑，其中有 3 種無鉻型處理劑，經評估特性符合標準，可作為高耐蝕塗膜鋁散熱片之前處理無鉻處理藥劑。

表 7. 鋁散熱片關鍵因子親水性之 SN 比回應表。

Table 7 Hydrophilic factors response table of signal to noise ratio for aluminum fin stock.

|          | 處理劑濃度  | 處理劑溫度  | 處理劑反應時間 | 前處理與塗漆間隔 |
|----------|--------|--------|---------|----------|
| 1        | -31.42 | -30.68 | -30.43  | -30.33   |
| 2        | -30.03 | -30.43 | -30.33  | -30.48   |
| 3        | -29.81 | -30.15 | -30.49  | -30.45   |
| Δ(相對顯著)* | 1.61   | 0.53   | 0.16    | 0.15     |
| 影響排行     | 1      | 2      | 3       | 4        |

\* Δ 值越大，表示越顯著。

表 8. 鋁散熱片關鍵因子耐蝕性之 SN 比回應表。

Table 8 Corrosion resistance factors response table of signal to noise ratio for aluminum fin stock.

|         | 處理劑濃度 | 處理劑溫度 | 處理劑反應時間 | 前處理與塗漆間隔 |
|---------|-------|-------|---------|----------|
| 1       | 19.74 | 19.56 | 19.49   | 19.49    |
| 2       | 19.54 | 19.49 | 19.56   | 19.49    |
| 3       | 19.23 | 19.46 | 19.46   | 19.53    |
| Δ(相對顯著) | 0.51  | 0.10  | 0.10    | 0.04     |
| 影響排行    | 1     | 2     | 2       | 3        |

\* Δ 值越大，表示越顯著。

2. 塗膜鋁散熱片之實驗計劃法評估結果，A、B 等兩種無鉻處理劑合格；C 無鉻處理劑耐濕試驗色差大，有變色顧慮。
3. 經由實驗計劃法，塗膜特性量測之 S/N 比值分析顯示：塗膜親水性受無鉻處理劑種類濃度影響最大，處理劑操作使用溫度影響居次，其餘因素影響較小；耐蝕性的變因受無鉻處理劑種類濃度影響最大，其餘因素影響小。
4. 依據本研究製程操作條件對鋁散熱片塗膜品質影響探討結果：以 A 無鉻處理劑低濃度、處理劑操作使用溫度之 50 °C、處理藥劑浸泡時間 5 秒、塗漆間隔時間 10 分，為達成塗膜品質的最適條件組合。

## 誌謝

試驗用鋁片底材經由中鋁公司研發人員提供，耐蝕試驗結果，也經中鋁研發相關技術人員，依據 JIS Z2371 表面銹蝕等級 RN 值共同判定。特對該部門人員之協助，表達誠摯感謝。

## 參考文獻

1. Directive 2002/96/EC of EU parliament and of the councilor WEEE, 27 Jan. 2003.
2. DC-1903R MSDS GE BETZ, Inc. 11 Nov. 2002.
3. Guy Lorin, in: "Phosphating of metals", P:79-86 Finishing Publications, 1974.
4. Ole Knudsen, in: "Chromium-free pretreatments", SINTEF Material Tech. 2002.
5. Roman Milczarek, in: "Aluminum Chrome-free Pretreatment - SAM Process", Chemetall GmbH March 18, 2002
6. Nagashima, Nihon Parkerizing Co, Ltd. EP 0949353 Oct.1999.
7. US Patent 5969019, Nippon paint, Oct.19, 1999.
8. Phillip J. Ross, in: "Taguchi Techniques for Quality Engineering", McGRAW-Hill, International Editions (1989) pp. 172 ~ 176.

收到日期：2006年8月17日  
修訂日期：2006年12月14日  
接受日期：2007年3月23日