

## 鋁鋅複合噴覆塗層對 AZ31 鎂合金表面性質之影響

邱六合<sup>1\*</sup>、陳俊欽<sup>1</sup>、賴文欽<sup>1</sup>、張家華<sup>2</sup>

### Effect of Aluminum / Zinc Double-Layer Spray Coating on the Surface Properties of AZ31 Alloy

L. H. Chiu<sup>1\*</sup>, C. C. Chen<sup>1</sup>, W. C. Lai<sup>1</sup>, C. H. Chang<sup>2</sup>

#### 摘要

本研究探討鋁鋅複合塗層對鎂合金 AZ31 板材表面結構、腐蝕特性及機械性質等之影響。以火焰熔射披覆上一層純鋅 (80  $\mu\text{m}$ ) 再以電弧噴覆披覆上一層鋁塗層 (170  $\mu\text{m}$ )，以形成三明治之結構，並研究加壓處理及鋁陽極處理等後處理之影響。由實驗結果可知AZ31鎂板經鋁鋅噴覆後，其在 3.5wt% NaCl 水溶液下極化曲線之腐蝕電流密度由  $2.00 \times 10^{-6} \text{A/cm}^2$  升高至  $1.00 \times 10^{-4} \text{A/cm}^2$ 。但經 298K 下 2000MPa 壓力處理之試片，其變形率約為 7.07%，表面粗糙度為 2.9  $\mu\text{m}$  及腐蝕電流密度降低至  $6.58 \times 10^{-7} \text{A/cm}^2$ ，可發現加壓處理有效使表面鋁鋅噴覆層緻密化，減少溶液經孔洞直接接觸鎂基材而造成伽凡尼腐蝕效應，以利後續之陽極處理。鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經 298K 及 2000MPa 壓力施壓 10 分鐘後，進行 7wt% 草酸陽極處理，能在鋁塗層表面形成氧化鋁膜，其試片之腐蝕電流密度為  $1.05 \times 10^{-8} \text{A/cm}^2$ ，顯示鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經加壓及陽極處理後，能有效提升抗蝕性。

關鍵詞：鎂合金；鋁鋅覆層；加壓處理；極化曲線。

#### ABSTRACT

The influence of aluminum / zinc double-layer spray coating, pressing and anodizing treatment on the corrosion resistance of AZ31 magnesium alloy has been investigated. From the experimental results, the optimal pressing condition, conducting in the 2000 MPa at 298K, resulted in the combination of the deformation strain of 7.07 %, the surface roughness value of 2.9  $\mu\text{m}$  and the corrosion current density of  $6.58 \times 10^{-7} \text{A} / \text{cm}^2$ . The electrochemical test shows the pressing treatment can improve the corrosion resistance of aluminum / zinc double-layer sprayed AZ31 specimen. When the aluminum / zinc double-layer sprayed AZ31 plate was pressed and then anodized, an anodized layer was formed in the specimen and its corrosion current density of the anodized specimen in a 3.5wt % NaCl solution was further decreased to  $1.05 \times 10^{-8} \text{A/cm}^2$ .

Keywords: Magnesium alloy; Al-Zn double layer; Pressing; Potentiodynamic polarization curve.

1 大同大學材料工程學系

Department of Materials Engineering, Tatung University

2 中山科學研究院化學研究所

Chemical System Research Division, Chung-Shan Institute of Science & Technology

\* 連絡作者 (lhchiu@ttu.edu.tw)

## 1. 前言

鎂及鎂合金具有低密度、良好的比剛性、比強度以及制震能力佳等優點<sup>[1]</sup>。若用於 3C 可攜式產品外殼件之薄壁工件上則由於鎂合金為金屬在散熱性、電磁波遮蔽性上的考量更具有極大的優勢<sup>[2]</sup>。但由於鎂之活性大、抗腐蝕性不佳，限制其工程上的發展<sup>[3]</sup>，因此，鎂合金之表面處理技術顯得格外重要。

目前鎂合金表面處理技術包含有化成處理<sup>[4]</sup>、陽極處理、電鍍處理及金屬覆層處理<sup>[5]</sup>。化成處理、陽極處理以鉻酸鹽系統之效果較佳，但鉻酸鹽處理有著環保上之問題。但目前非鉻酸鹽處理其性能抗蝕性及可靠性仍難以與鉻酸鹽處理相比<sup>[6-8]</sup>。電鍍處理其前處理步驟十分複雜，且防蝕效果仍待驗證<sup>[9]</sup>。金屬覆層則可達成防蝕及增加表面機械性質、硬度之雙重目的，如：2000 年 Shigematsu<sup>[10]</sup> 利用鋁粉包覆於鎂合金基材上於 450°C 惰性氣體下進行擴散，產生介金屬化合物層，可使 AZ91 合金大幅提高硬度由 80HV 至 160HV。Chiu<sup>[11]</sup> 等人曾對鋁噴覆 AZ31 鎂合金施以熱壓處理，發現可提高其抗蝕性，但熱壓溫度較高。

本研究除擬以鋁金屬披覆於鎂合金 (AZ31) 基材上，在鋁金屬與鎂合金 AZ31 基材間加入鋅來探討其差異性，並以熱壓處理及陽極處理提高表面機械性質及防蝕性，並進行表面結構及腐蝕特性等分析。

## 2. 實驗步驟

### 2.1 實驗材料

本研究之實驗材料為厚 2.2mm、寬 50mm 之 AZ31 擠製成形鎂合金板材，其化學成分經 EPMA 元素定量分析為 Mg-3.02Al-1.59Zn。

### 2.2 火焰熔射

將厚 2.2mm 之 AZ31 裁成 100mm X 50mm 大小之板片，先經由 #40 金剛砂進行噴砂處理，再進行

火焰熔射純鋅。其熔射參數為：(1) 壓縮空氣壓力：0.48MPa (70psi)，(2) 壓縮空氣流量：0.36MPa (52psi)，(3) 熔噴時乙炔壓力：0.10MPa (15psi)，(4) 熔噴時乙炔流量：0.27-0.28MPa (39-40psi)，(5) 熔噴時氧氣壓力：0.19-0.21MPa (28-30psi)，(6) 熔噴時氧氣流量：0.30MPa (44psi)。

### 2.2 電弧噴覆

將火焰熔射純鋅後之板材進行電弧噴覆，其電弧噴覆參數為：(1) 空氣霧化壓力：0.34MPa (50psi)，(2) 線材進給速度：0.14MPa (20psi)，(3) 電流：120A，(4) 電壓：26V。

### 2.3 熱壓處理

使用 36 噸冷熱壓成形試驗機對試片進行熱壓處理。改變其熱壓溫度分別為 298K，373K，423K。分別以 800 MPa、1600 MPa、2000 MPa 之壓力進行熱壓。並設定持壓時間為 600 秒。

其程序為：(1) 測量試片原尺寸。(2) 預熱：將試片置於熱壓模板預熱 900 秒。(3) 持壓：施加單軸向壓應力，並持壓 600 秒。(4) 冷卻：將試片取出於空氣中冷卻。(5) 測量試片壓後尺寸。

### 2.4 陽極處理及封孔處理

將試片於 20°C 之 7wt% 草酸溶液中 PH 1.3，通以直流電，以 0.04A/cm<sup>2</sup> 電流密度進行 1800 秒之陽極處理。並以 95±2°C 熱水進行 1800 秒封孔處理。

### 2.5 電化學測試

使用 EG&G Model 273 恆電位儀進行測試。試驗溶液為 3.5wt% NaCl 水溶液，試片以銅導線連結試片為工作電極。以飽和氯化銀電極 (SSE) 為參考電極，白金電極為輔助電極。試驗前溶液靜置一段時間再進行開路電位 (Open Circuit Potential) 試驗，再以 1mV/sec 之掃瞄速率進行極化曲線測試。

### 2.6 表面型態分析

以 JSM5600 型掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electron Microscope) 觀察試片表面型態、橫截面狀態。

### 3. 結果與討論

#### 3.1 AZ31 鎂材以火焰熔射及電弧噴覆後之效果

圖 1 為純鋁板、AZ31 鎂板、鋁噴覆 AZ31 鎂板以及鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板在 3.5wt% NaCl 水溶液的極化曲線圖，由極化曲線圖所得之腐蝕電流密度、腐蝕電位所示，鎂合金 AZ31 板材與純鋁板在 3.5wt%NaCl 水溶液中的腐蝕電流密度分別為  $2.00 \times 10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup> 及  $7.12 \times 10^{-7}$  A/cm<sup>2</sup>，其抗蝕性相當接近，而腐蝕電位值分別為 -1.42V 及 -0.66V，表示鎂之活性雖遠大於鋁，但只要鎂之純度夠純，則鎂仍具有不錯的抗蝕性。

將 AZ31 鎂板經電弧噴覆鋁塗層後，發現腐蝕電流密度升高為  $2.00 \times 10^{-4}$  A/cm<sup>2</sup>，抗蝕性反而比 AZ31 鎂板差，而其腐蝕電位值為 -1.35V，由圖 2a 其橫截面之微觀結構發現，電弧噴覆之鋁塗層其結構並不緻密，有許多空隙及孔洞，因此電解液經由這些空隙及孔洞接觸到鎂合金基材，因其標準電位不同，造成伽凡尼電池效應，而且由於鋁孔洞壁提供的陰極面積大，而鎂板的孔洞下方面積相對較小，因此在小陽極大陰極的作用下而加速鎂合金基材腐蝕。

由於鎂合金活性比鋁大，因此形成伽凡尼電池效應時，鎂合金為陽極，因此於鎂合金 AZ31 板材上先以火焰熔射一層純鋅，在於鋅層上噴覆一層純鋁形成三明治結構，如圖 2b 所示，雖然純鋅活性小於鎂合金 AZ31，同樣地純鋅活性也小於純鋁，因此當形成伽凡尼電池效應時，最外層之鋁層相對於鋅就變成為陽極。由圖 2b 可看出覆鋁鋅 AZ31 鎂板橫截面之微觀結構，其中鋁層厚度為  $170 \mu\text{m}$ ，鋅層厚度為  $80 \mu\text{m}$ ，以火焰熔射處理的鋅層其結構上比較緻密，外層鋁塗層依然存有許多空隙及孔洞。圖 1 中，鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板其腐蝕電流為  $1.00 \times 10^{-4}$

A/cm<sup>2</sup>，較鋁噴覆 AZ31 鎂板低，抗蝕性增加幅度不大，而其腐蝕電位值則提升至 -1.14 V。

#### 3.2 AZ31 複合塗層熱壓處理

將鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板置於夾板中，分別在 298K、373K、423K 之溫度持溫 900 秒後，在經不同壓力持壓 600 秒。其變形量如圖 3，可以發現鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經熱壓處理在 298K 至 423K 範圍中，溫度愈高變形量愈大。鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經施壓後由整體變形量來看，在 298K 下 2000MPa 其變形量仍在 7.04% 以下，熱壓溫度 373K 時，熱壓壓力由 800MPa 升至 2000MPa，變形量由 4.48% 升至 15.33%，熱壓溫度 423K 時，熱壓壓力由 800MPa 升至 2000MPa，變形量由 4.65% 升至 19.23%，由實驗中觀察發現，當熱壓溫度為 423K 而熱壓壓力為 1600 MPa 及 2000 MPa 時，會造成 AZ31 基材變形。

圖 4 為鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經不同熱壓處理後其覆鋁層微硬度值之變化，可以發現鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經熱壓處理在 298K 至 423K 範圍中，隨著溫度及壓力的升高，鋁塗層從原本未熱壓處理前之微硬度  $54.0 \pm 3\text{HV}$  升高至 80~90HV 之間，而鋅塗層硬度則如圖 5 所示，只隨著施壓壓力的增加而增加，當在熱壓溫度 373K 及熱壓壓力 2000MPa 下，微硬度從未熱壓處理前之微硬度  $16.5 \pm 2\text{HV}$  升至 40~50HV，但當熱壓溫度升至 423K，鋅塗層之微硬度反而降至 25~40HV 之間，此硬度降低可能原因在於其工作溫度已明顯高於 Zn 的再結晶溫度 (346K) 很多，故此溫度熱壓對 Zn 有如熱作，且發生再結晶，因此硬度下降。

圖 6 為 298K 下經不同壓力加壓鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板之橫截面 SEM 微觀結構，對鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板而言，298K 下加壓壓力愈大表面愈平整而鋁鋅噴覆層也愈緻密，且由圖中發現，隨者熱壓壓力的增加，覆鋁層厚度的變形量不大，都在  $135 \mu\text{m}$  以上，而覆鋅層的厚度約為未熱壓處理前的一半，顯示出在 298K 下，加壓壓力對覆鋅層的影響遠大於覆鋁層，此正印証了覆鋅層硬度較低較易變形。由圖 7 的 SEM 橫截面觀察，當熱壓溫度升至 423K

時，除了熱壓壓力愈大表面愈平整而鋁鋅噴覆層也愈緻密外，熱壓壓力為 800MPa 時，覆鋁層變形量已經明顯增加許多，當熱壓壓力升至 1600MPa 及 2000MPa 時，覆鋁層及覆鋅層厚度分別約為 50  $\mu\text{m}$ ，由此可證明，當熱壓溫度範圍在 423K 以下，熱壓溫度對覆鋁層變形量之影響原大於熱壓壓力，相反地熱壓壓力對覆鋅層之影響則原大於熱壓溫度。

圖 8 是 423K 熱壓溫度之鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板在不同熱壓壓力下的 SEM 表面型態觀察。鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板在不同熱壓溫度下，隨著熱壓壓力愈大表面愈平整，其表面粗糙度 Ra，隨熱壓壓力增加而降低，由圖 9 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經不同熱壓處理條件後表面粗糙度之變化曲線圖可看到，在相同熱壓溫度下，Ra 值隨熱壓壓力增加而降低，且相同熱壓壓力下，Ra 值也隨熱壓溫度增加而降低。鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板從未熱壓處理前 Ra 值為 20.8  $\mu\text{m}$ ，隨熱壓壓力升至 2000MPa 其 Ra 值降低至 2.9  $\mu\text{m}$ 。當熱壓壓力 2000MPa，熱壓溫度 373K 及 423K 時，其 Ra 值分別降低至 1.3  $\mu\text{m}$  及 0.6  $\mu\text{m}$ 。

圖 10 為鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板在 298K 下以 800MPa、1600MPa 及 2000MPa 不同壓力持壓 600 秒後之極化曲線圖，由此圖可看到  $i_{\text{corr}}$  隨著壓力增加而降低。對於鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經不同後處理，由極化曲線所得之腐蝕電流密度、腐蝕電位來看，鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經不同溫度熱壓處理其腐蝕電流密度相較於鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板 (as-sprayed)，呈現明顯下降之趨勢，在不同熱壓溫度條件下，壓力增加明顯有效降低腐蝕電流密度而增加其抗蝕性，觀察微觀結構發現，鋁鋅噴覆層隨著熱壓壓力的增加，表面愈平整而鋁鋅噴覆層也愈緻密，避免電解液直接接觸鎂合金 AZ31，造成伽凡尼腐蝕效應，因此有效降低腐蝕電流密度。就腐蝕電流密度來看，當熱壓壓力為 2000MPa 時，不同熱壓溫度所得之腐蝕電流密度約相同，腐蝕電流密度約  $6.58 \times 10^{-7} \text{A/cm}^2$ ，可見當熱壓溫度分別為 298K、373K 及 427K 時，熱壓壓力 2000MPa 為最佳熱壓壓力處理條件，可知當熱壓壓力為 2000MPa，不同之熱壓溫度所得之腐蝕電流密度約相同，顯示熱壓

處理溫度對鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板其影響不大，其主要影響取決於熱壓壓力。

因此綜合腐蝕電流密度及工件變形量之考慮，鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板最佳熱壓溫度條件為 298K，且熱壓壓力為 2000MPa 時為最佳。

### 3.3 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板先熱壓再經陽極處理

由圖 11 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經 298K 下不同壓力持壓 600 秒後，再經陽極處理所得極化曲線圖可見，鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經 298K 熱壓後以 7wt% 草酸、電流密度  $0.04 \text{A/cm}^2$  進行陽極處理，相較於未陽極處理前試片之極化曲線圖，如圖 10，可知經陽極處理後之試片，其腐蝕電流都有大幅度之降低。由圖 12 可發現，鎂合金 AZ31 經鋁鋅噴覆處理製程後，腐蝕電流密度由原本鎂合金 AZ31 板材  $2.00 \times 10^{-6} \text{A/cm}^2$  提高  $1.00 \times 10^{-4} \text{A/cm}^2$ ，而腐蝕電位也由 -1.42V 提升至 -1.14V，因表面鋁鋅噴覆層結構多孔性，造成基材與覆鋅層及覆鋁層間之伽凡尼腐蝕效應，不但沒有增加抗蝕性，達到保護之效果，反而讓腐蝕電流密度提高。因此，嘗試以熱壓處理，希望經由單軸向壓應力改善表面鋁鋅噴覆層結構多孔性，形成較緻密之鋁鋅噴覆層，並能進行後續之陽極處理，由圖 12 中可瞭解到經由 298K 下熱壓壓力 2000MPa 之最佳化熱壓處理條件可有效提升抗蝕性，使腐蝕電流密度由鎂合金 AZ31 板材的  $2.00 \times 10^{-6} \text{A/cm}^2$  降低至  $6.58 \times 10^{-7} \text{A/cm}^2$ ，而腐蝕電位 -1.42V 提升至 -1.02V，其表面腐蝕行為與商用純鋁板相接近，腐蝕電流密度相近似。

鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經 298K 下 2000MPa 熱壓處理，進行陽極處理可得厚度約 8  $\mu\text{m}$ ，硬度約  $350 \pm 20 \text{HV}$  之陽極膜。鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經 298K、2000MPa 熱壓處理與陽極處理之試片，其腐蝕電流密度  $1.05 \times 10^{-8} \text{A/cm}^2$ 、腐蝕電位 -0.66V 與商用純鋁板經陽極處理之腐蝕電流密度  $1.41 \times 10^{-8} \text{A/cm}^2$ 、腐蝕電位 -0.73V 相接近，顯示鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經 298K 下熱壓壓力 2000MPa 熱壓處理及進行 7wt% 草酸陽極處理，能有效提升抗蝕性及硬度，以達到

保護鎂合金基材之目的。

### 3.4 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板熱壓處理再經陽極處理之氧化膜 ESCA 能譜圖

由圖 13 純鋁板及鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經不同條件處理之試片，所得 Al2p 軌域其鍵結束縛能化學位移 ESCA 能譜圖，純鋁板經 7wt% 草酸陽極處理後，其鋁原子 Al2p 軌域其鍵結束縛能約在 75.5eV 的位置，鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經 298K 壓力 800MPa 與 2000MPa 熱壓處理後再以 7wt% 草酸陽極處理後，其 Al2p 軌域鍵結束縛能與純鋁板經 7wt% 草酸陽極處理後相同。顯示鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經 298K 熱壓處理後再以 7wt% 草酸陽極處理後，其表面鋁產生氧化，與鋁草酸陽極處理相似。

由圖 14 純鋁板及鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經不同條件處理之試片，所得 O1s 軌域其鍵結束縛能化學位移 ESCA 能譜圖，純鋁板經 7wt% 草酸陽極處理後，其鋁原子 O1s 軌域其鍵結束縛能約 531.6eV 的位置，鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經 298K 壓力 800MPa 與 2000MPa 熱壓處理後再以 7wt% 草酸陽極處理後，其 O1s 軌域鍵結束縛能介在 531.6~532.5eV 的位置。根據 Gredrlj 等人<sup>[12]</sup> 對氧化鋁膜分析，由 Al2p 及 O1s 所得之 ESCA 能譜圖，可知此陽極膜為氧化鋁膜。

## 4. 結論

1. 對鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板施以熱壓處理，能有效使鋁鋅噴覆層緻密化，提高覆鋁層及覆鋅層之硬度，並降低表面粗糙度，且減少溶液經孔洞直接接觸鎂基材而造成伽凡尼腐蝕效應，以提高其抗蝕性並有利於後續之陽極處理。
2. 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板在 298K 溫度下以 2000MPa 熱壓後，並以 7wt% 草酸加以陽極處理，能在覆鋁層表面上形成厚度 8  $\mu\text{m}$ 、硬度 350  $\pm$  20HV 之氧化鋁膜，且由 ESCA 證明其為氧化鋁膜。
3. 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板在 298K 下以 2000MPa 熱壓後加以陽極處理，其腐蝕電流密度  $1.05 \times 10^{-8}$

A/cm<sup>2</sup> 與商用純鋁板材經相同條件陽極處理之腐蝕電流密度  $1.41 \times 10^{-8}$  A/cm<sup>2</sup> 相近，顯示鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經熱壓及陽極處理後，能有效提升抗蝕性。

4. 雖然在鋁層及 AZ31 鎂板中加入一層鋅層，使鋁層成為犧牲陽極，但其抗蝕性增加幅度不大。不過相較於鋁噴覆 AZ31 鎂板，能降低熱壓處理時的溫度。

## 致謝

感謝行政院國家科學委員會對本研究（計畫編號：NSC 92-2216-E-036-013）經費上的提供及協助，在此特表感謝。

## 參考文獻

1. B. L. Mordike and T. Ebert, Mater. Sci. Eng. A302 (2001) pp. 37~45.
2. A. K. Sharma, R. U. Rani, and K. Giri, Metal Finishing, 95 (1997) pp. 43~51.
3. G. L. Song, A. Atrens, X. L. Wu, and B. Zhang, Corros. Sci., 40 (1998) pp. 1769~1791.
4. S. Ono, K. Asami, and N. Masuko, Mater. Trans., 42 (2001) pp. 1225~1231.
5. A. Yamamoto, A. Watanabe, K. Sugahara, S. Fukumoto, and H. Tsubakino, Mater. Trans., 42 (2001) pp. 1237~1242.
6. D. Hawke, D. L. Albright, and Metal Finishing, 93 (1995) pp. 34~38.
7. A. K. Sharma, R. Uma Rani, A. Malek, K. S. N. Acharya, M. Muddu, and S. Kumar, Metal Finishing, 94 (1996) pp. 16~27.
8. A. L. Rudd, C. B. Breslin, and F. Mansfeld, Corros. Sci., 42 (2000) pp. 275~288.
9. A. K. Sharma, M. R. Suresh, H. Bhojraj, H. Narayanamurthy and R.P. Sahu: Metal Finishing

- 96(3) (1998) 10-18.
10. I. Shigematsu, M. Nakamura, N. Stitou, and K. Shimojima, *Journal of Materials Science Letters*, 19 (2000) pp. 473~475.
  11. L. L. Chiu, H. A. Lin, C. C. Chen, C. F. Yang, C. H. Chang, and J. C. Wu, *Materials Science Forum*, 419-422 (2003) pp. 909~914.
  12. S. Gredelj, A. R. Gerson, S. Kumar, and G.P. Cavallaro, *Applied Surface Science*, 174 (2001) pp. 240~250.

收到日期：2003 年 7 月 7 日  
 接受日期：2003 年 11 月 11 日

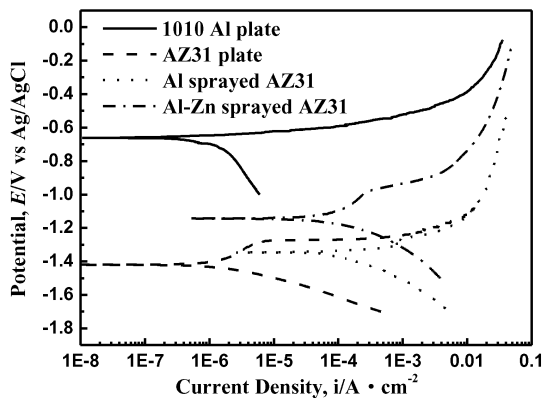
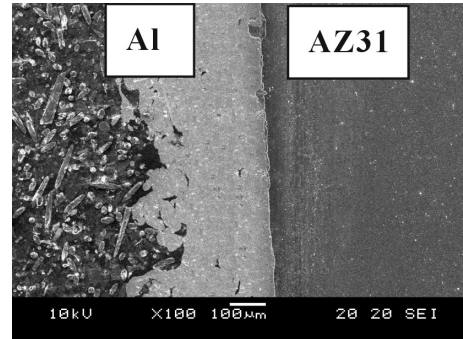
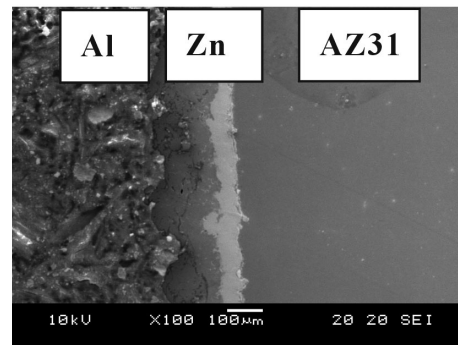


圖1. 純鋁板、AZ31 鎂板、鋁噴覆 AZ31 鎂板以及鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板在 3.5wt%NaCl 水溶液的極化曲線圖  
 Fig.1 Potentiodynamic polarization curve of pure Al plate, AZ31 plate, Al sprayed AZ31 specimen and Al-Zn sprayed AZ31 specimen in the 3.5wt% NaCl solution.



(a)



(b)

圖2. (a) 鋁噴覆 AZ31 鎂板及 (b) 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板其橫截面之 SEM 微觀結構圖  
 Fig.2 Microstructures of (a) Al sprayed AZ31 specimen; (b) Al-Zn sprayed AZ31 specimen.

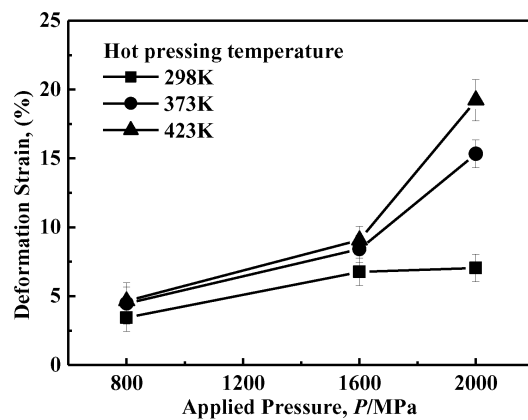


圖3. 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經不同熱壓處理後其試片變形量  
 Fig.3 The deformation strain of Al-Zn sprayed AZ31 specimens hot pressed at given condition.

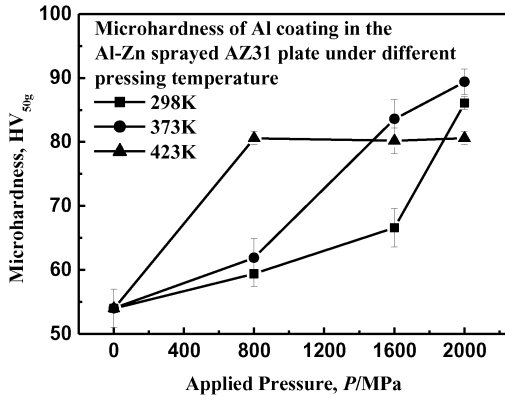


圖4. 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經不同熱壓處理後其覆鋁層微硬度值之變化

Fig.4. The microhardness of Al coating in the Al-Zn sprayed AZ31 specimens under different pressing temperature.

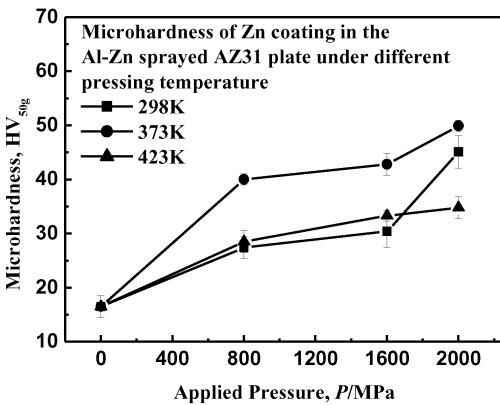


圖5. 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經不同熱壓處理後其覆鋅層微硬度值之變化

Fig.5 The microhardness of Zn coating in the Al-Zn sprayed AZ31 specimens under different pressing temperature.

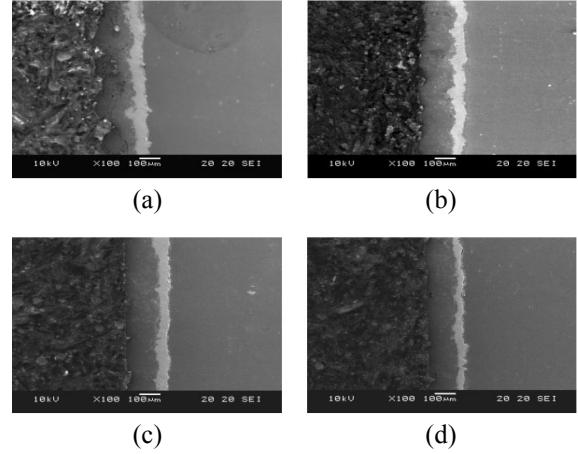


圖6. 在加壓溫度 298K 下經不同壓力加壓鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板之橫截面 SEM 微觀結構，(a) 未處理，(b) 800 MPa，(c) 1600 MPa，(d) 2000 MPa

Fig.6 Microstructures of Al-Zn sprayed AZ31 in different applied pressure pressing at 298K. (a) non-treated, (b) 800MPa, (c) 1600 MPa, (d) 2000 MPa.

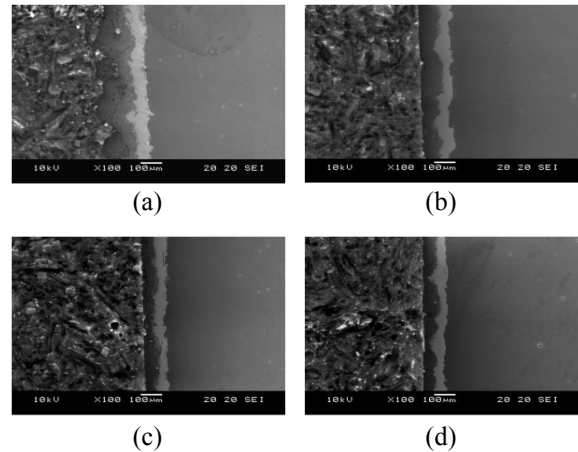


圖7. 在熱壓溫度 423K 下經不同壓力加壓鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板之橫截面 SEM 微觀結構，(a) 未處理，(b) 800 MPa，(c) 1600 MPa，(d) 2000 MPa

Fig.7 Microstructures of Al-Zn sprayed AZ31 in different applied pressure pressing at 423K. (a) non-treated, (b) 800MPa, (c) 1600 MPa, (d) 2000 MPa.

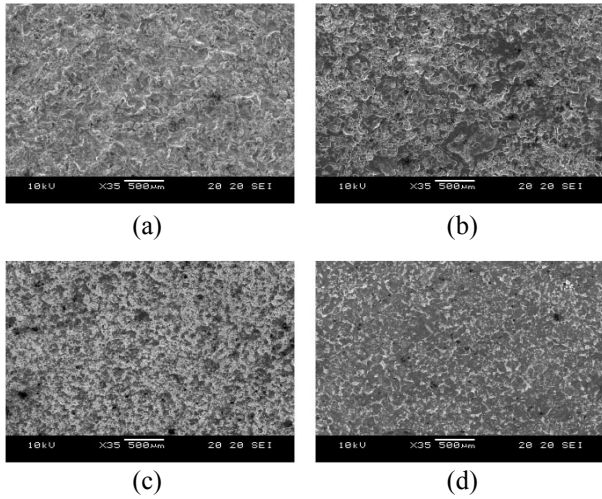


圖8. 在熱壓溫度 423K 下經不同壓力加壓鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板之表面型態 SEM 圖，(a) 未處理，(b) 800 MPa，(c) 1600 MPa，(d) 2000 MPa

Fig.8 The surface morphological of Al-Zn sprayed AZ31 in different press at 423K. (a) non-treated, (b) 800MPa, (c) 1600 MPa, (d) 2000 MPa.

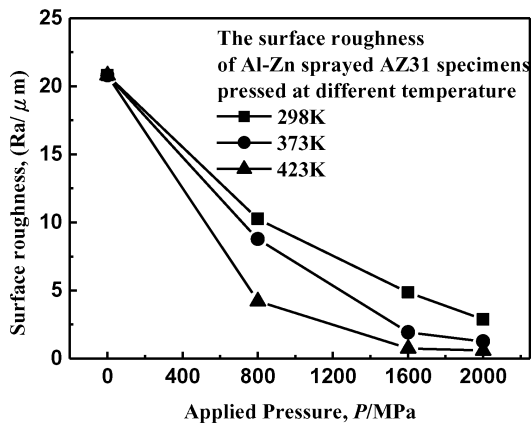


圖9. 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經不同熱壓處理後表面粗糙度之變化

Fig.9 The surface roughness of Al-Zn sprayed AZ31 specimens pressed at different temperature.

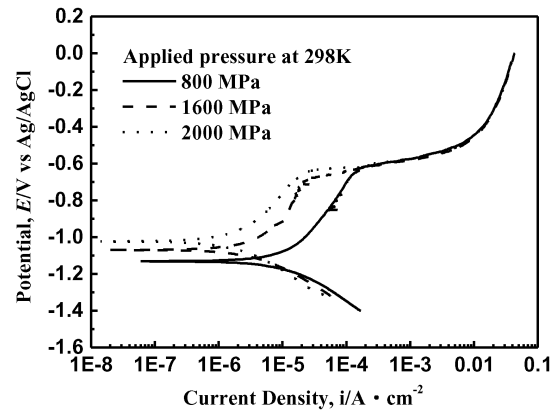


圖10. 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板在加壓溫度 298K 下以 800MPa、1600MPa、2000MPa 不同壓力持壓 600 秒後之極化曲線圖

Fig.10 Potentiodynamic polarization curves of Al-Zn sprayed AZ31 specimens pressed at 298K under different applied pressure for 600 seconds.

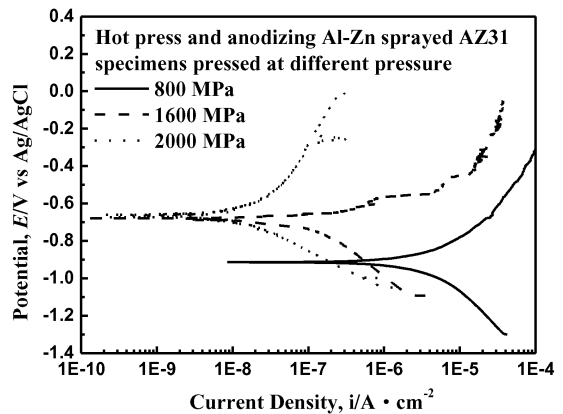


圖11. 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板在 298K 下以 800MPa、1600MPa、2000MPa 不同壓力持壓 600 秒後再經陽極處理所得極化曲線圖

Fig.11 Potentiodynamic polarization curves of Al-Zn sprayed AZ31 specimens, hot pressed at different pressure and then anodized.



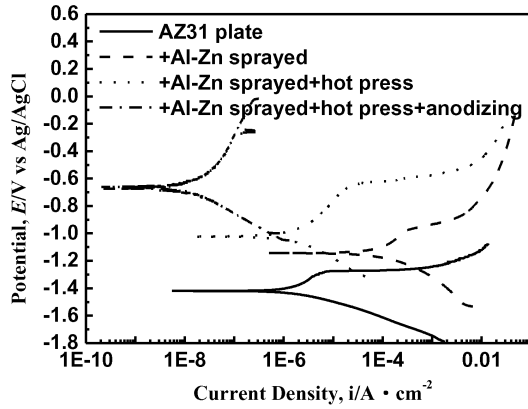


圖12. 鎂合金 AZ31 板材經鋁鋅噴覆處理、298K 2000MPa 熱壓處理、7wt% 草酸電流密度 0.04A/cm<sup>2</sup> 陽極處理不同製程步驟，各階段所得極化曲線圖

Fig.12 Potentiodynamic polarization curves of AZ31 specimens at given conditions.

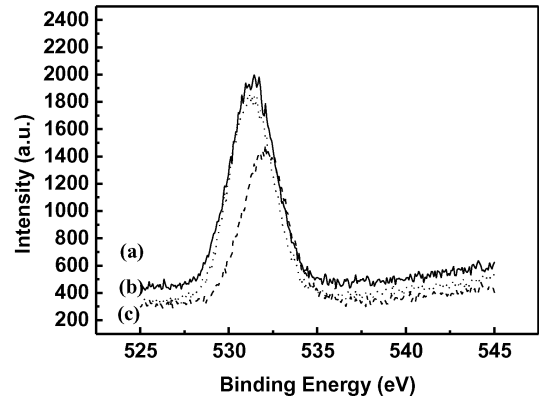


圖14. 純鋁板及鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經熱壓再經陽極處理之氧化膜其 O1s 軌域鍵結束縛能化學位移 ESCA 能譜圖，(a) 1010 Al plate，(b) 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板 298K、2000MPa 熱壓，(c) 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板 298K、800MPa 熱壓

Fig.14 The O1s binding energy of anodized specimens (a) 1010 Al plate, Al-Zn sprayed AZ31 specimens hot pressed at (b) 2000 MPa and (c) 800 MPa under 298K.

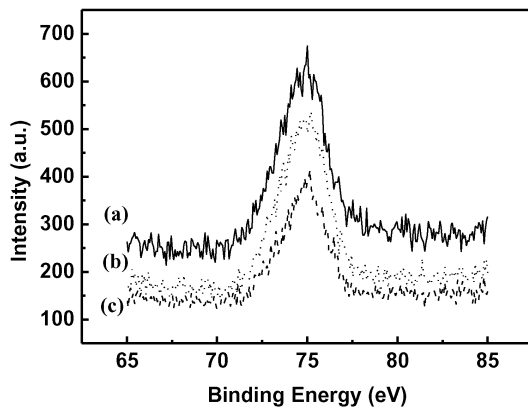


圖13. 純鋁板及鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板經熱壓再經陽極處理之氧化膜其 Al2p 軌域鍵結束縛能化學位移 ESCA 能譜圖，(a) 1010 Al plate，(b) 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板 298K、2000MPa 熱壓，(c) 鋁鋅噴覆 AZ31 鎂板 298K、800MPa 熱壓

Fig.13 The Al2p binding energy of anodized specimens (a) 1010 Al plate, Al-Zn sprayed AZ31 specimens hot pressed at (b) 2000 MPa and (c) 800 MPa under 298K.

