

## 桂枝萃取液提升 SS304 不銹鋼耐腐蝕特性應用於燃料電池金屬雙極板

# Corrosion inhibition of SS304 steel and application of bipolar plates in fuel cell by *Cinnamomum cassia* exaction

黃清江<sup>1</sup>、萬傑豪<sup>2</sup>、許曉萍<sup>3</sup>  
Ching-Chiang Hwang<sup>1</sup>, Chieh-Hao Wan<sup>2</sup>, Xiao-Ping Xu<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 明道大學生物科技學系 教授

<sup>1</sup> Department of Biotechnology,  
Ming Dao University

E-mail: chingch@mdu.edu.tw

<sup>2</sup> 明道大學光電暨能源工程學系 副教授

<sup>2</sup> Department of ElectroOptical and Energ Engineering,  
Ming Dao University

E-mail: chiehhao@mdu.edu.tw

<sup>3</sup> 明道大學光電暨能源工程研究所

<sup>3</sup> Department of ElectroOptical and Energ Engineering,  
Ming Dao University

E-mail: g1106008@gmail.com

### 摘要

本研究擬探討中草藥-“桂枝”作為燃料電池金屬雙極板抗腐蝕材料應用之可行性。以 0.5M 硫酸模擬甲醇燃料電池環境，添加桂枝萃取液於電解液中，利用循環伏安法、極化曲線、腐蝕數據和電化學阻抗分析，測試不銹鋼 SS304 抗腐蝕行為，由結果顯示，萃取液吸附於金屬表面形成一鈍化層，使腐蝕電位提升，腐蝕電流降低，腐蝕阻抗增加，其中又以添加約 16%桂枝萃取液抑制腐蝕效果最佳。未來可應用於金屬雙極板抗腐蝕，解決燃料電池石墨板不易加工的問題。

**關鍵字詞：**桂枝、燃料電池金屬雙極板

### 1. 前言

隨著科技文明的蓬勃發展，人們對於能源的需求日益增加，由於石油濫採導致油田枯竭，油價上漲引發能源危機，並且大量的溫室氣體排放造成全球溫室效應，過度的開發使人類遭受環境汙染及氣候變遷。開發綠色能源以及提升能源效率成為全球各工業大國 21 世紀科技發展重點。

燃料電池結構簡單，能穩定產電，使得應用非常廣泛，近年來成為最受矚目的新興替代能源主流，目前已應用在太空船供電裝置、發電廠、3C 電子產品及汽機車等。

但燃料電池目前仍然存在許多瓶頸，有些種類的燃料電池內部環境為弱酸性及一定電位

下，金屬容易腐蝕，故雙極板多採用良導體的石墨材料，但石墨易脆且多孔，導致細緻流道製作困難，氣密性差，材料容易磨損消耗，以上加工花費佔電池堆成本一半以上。未來須提升金屬雙極板在燃料電池中抗腐蝕能力，期望降低燃料電池成本。

因環保問題，許多傳統化學腐蝕抑制劑皆被限制使用，轉而開發有機化合物作為腐蝕保護劑。天然植物萃取物(如香草或中草藥)無毒、可生物分解不會造成環境汙染，且大量取得方便，適合做為環保乾淨可再次使用之現有抗腐蝕抑制劑。

Abdel-Gaber 等人研究指出，使用洋甘菊、

香茅、小茴香及菜豆等萃取液對鋼在硫酸環境中可以達到不錯的抗腐蝕保護作用(A.M. Abdel-Gaber et al., 2006)。而 Lebrini 等人研究在鹽酸中不銹鋼 C38 使用 Oxandra asbeckii 萃取液具有良好的效果防腐蝕抑制效果。(Lebrini et al., 2011)許多研究皆顯示,其抗腐蝕效果的成因為萃取液在金屬表面上吸附形成保護膜,或與金屬反應形成金屬錯合物。

本研究擬探討中草藥-“桂枝”作為燃料電池金屬雙極板抗腐蝕材料之可行性,以 0.5M 硫酸給予一定電位模擬直接甲醇燃料電池弱酸環境,添加不同比例濃度桂枝萃取液,使用不銹鋼 SS304,以電化學循環伏安法、極化曲線及交流阻抗圖,分析其腐蝕行為及性質,期能解決金屬雙極板腐蝕問題。

## 2. 實驗方法

### 2.1 試片前處理

本次實驗使用厚度 0.1cm 鋁片及 0.08cm 不銹鋼 SS304。首先以 600、800 及 1200D 不同係數之砂紙循序研磨,磨去表面至密氧化層。試片裁切成約 3\*3cm 大小,使用 95%乙醇(試藥級)浸泡在燒杯中進行超音波震盪 10 分鐘脫脂,再以去離子水沖洗浸泡在燒杯中超音波震盪 10 分鐘,取出候用試鏡紙擦乾水分備用。

### 2.2 桂枝萃取液製備

桂枝中藥細粉由一德藥品廠購入,以 1:5 比例混和 70%乙醇水溶液,倒入 500mL 三角錐形瓶中,密封後搖晃混和均勻,置入超音波震盪機震盪 15 分鐘,以 85°C 水浴加熱回流萃取 3 小時,降溫後使用 1 號濾紙抽氣過濾兩次,所得之萃取液冷藏保存於血清瓶中。

### 2.3 循環伏安法測量

使用的測量儀器為電化學工作站(Jiechan 5000 Electrochemical Workstation),採用循環伏安技術(cyclic polarization),以約 3\*3cm 鋁或不銹鋼 SS304 試片為工作電極,白金片為輔助電極,以銀/氯化銀(Ag/AgCl)為參考電極,設定掃描速率 50mV/S,掃描區間 -0.8~1.2V,掃描圈數分別為 5 圈、15 圈、35 圈三種以不同試片進行,溶液為桂枝-乙醇萃取液。

### 2.4 極化曲線

使用儀器為恆定電位儀 Jiechan 5000 Electrochemical Workstation,利用動電位極化實驗(potentiodynamic)進行腐蝕分析,電解液為 250mL 0.5M 硫酸水溶液,分別添加 25、50、75mL 桂枝萃取液,以鋁或不銹鋼 SS304 試片作為工作電極,試片暴露面積 3.14 cm<sup>2</sup>之半徑 1cm 圓形區域,參考電極為銀/氯化銀(Ag/AgCl)電極,輔助電極為白金。組裝裝置,先將試片與電解液穩定放置 10 分鐘,進行浸潤再進行測試。設定實驗參數掃描速率為 1mV/s,掃描範圍-0.8~+1.2V。掃描完成後所得之極化曲線利用 Tafe 法求得腐蝕電位(E<sub>corr</sub>)及腐蝕電流(I<sub>corr</sub>),並可由極化阻抗公式求得極化電阻(R<sub>p</sub>)。

$$R_p = \frac{\beta_a \beta_c}{2.3 I_0 (\beta_a + \beta_c)} \quad \text{公式 1.}$$

### 2.5 交流阻抗分析

由電化學工作站(Jiechan 5000 Electrochemical Workstation)與交流阻抗儀(HIOKI 3522-50 LCR)建構而成的交流阻抗系統進行分析。將待測之試片置於工作電極,而對應電極為白金,參考電極為銀/氯化銀(Ag/AgCl)電極。實驗溶液為 250mL 0.5M 硫酸水溶液添加 50mL 桂枝萃取液。設定實驗參數為定電壓 0.5V,掃描頻率 0.1~105Hz。

## 3. 結果與討論

### 3.1 循環伏安圖

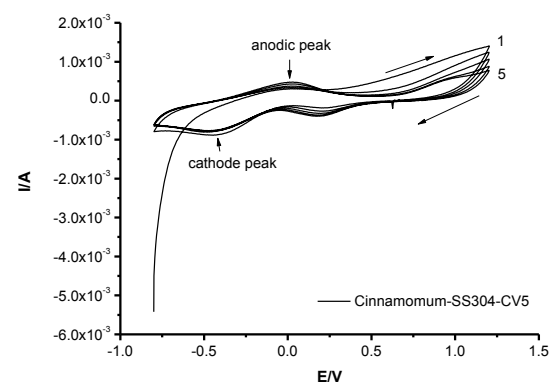


圖 1. 不銹鋼 SS304 於桂枝萃取液中循環伏安

5 圈

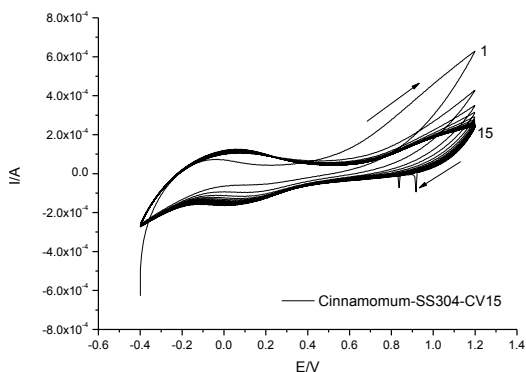


圖 2. 不鏽鋼 SS304 於桂枝萃取液循環伏安 15 圈

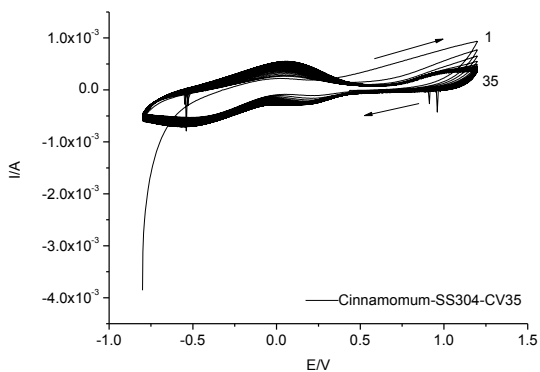


圖 3. 不鏽鋼 SS304 於桂枝萃取液循環伏安 35 圈

3.2 極化曲線

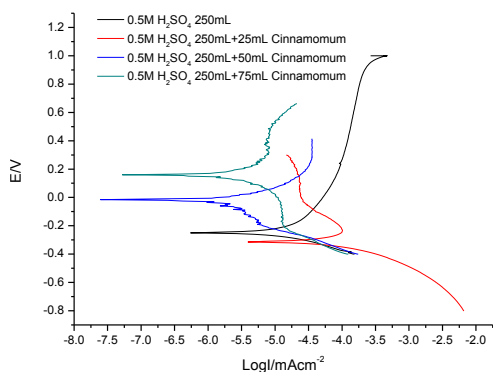


圖 4. 0.5M 硫酸 250mL 添加不同濃度桂枝萃取液對不鏽鋼 SS304 之腐蝕極化曲線

腐蝕液	$\beta_a/mv$	$\beta_c/mv$	$I_0/A*cm^{-2}$	$E_0/V$	$R_p/\Omega*cm$
0.5M 250mL 硫酸	9.76E-01	1.95E-01	2.77E-05	-0.24864	2559.351
0.5M 250mL 硫酸+25mL 桂枝	3.08E+00	2.08E-01	1.86E-04	-0.31329	454.8809
0.5M 250mL 硫酸+50mL 桂枝	1.48E-01	5.87E-01	3.03E-06	-0.015647	16997.55
0.5M 250mL 硫酸+75mL 桂枝	9.91E-01	5.88E-01	1.06E-05	0.16046	15149.41

表 1. 0.5M 250mL 硫酸添加不同濃度桂枝萃取液對不鏽鋼 SS304 之腐蝕數據

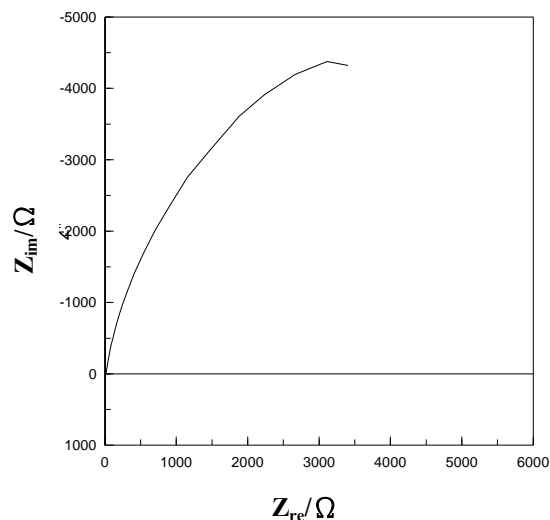


圖 5. 不鏽鋼 SS304 於 250mL 0.5M 硫酸添加 50mL 桂枝萃取液之 Nyquist plot 交流阻抗圖

4. 結論

由循環伏安圖得知，給予一定電位下，不鏽鋼 SS304 在桂枝萃取液中具有明顯的氧化還原反應，且在表面形成一鈍化膜，在測試 35 圈數下，此性質無輕易改變，有助於金屬抗腐蝕之效果。

以 0.5M 硫酸環境模擬直接甲醇燃料電池內部弱酸環境，添加不同濃度桂枝萃取液下，以添加 50 及 75mL 萃取液皆具有提升腐蝕電位，降低腐蝕電流，腐蝕阻抗變大，顯示腐蝕行為為越不易進行，腐蝕速率亦減緩，尤其以添加 50mL 桂枝萃取液效果為最佳。

以抑制效果最佳 0.5M 250mL 硫酸添加 50mL 桂枝萃取液進行交流阻抗分析。由 Nyquist plot 交流阻抗圖結果，不鏽鋼 SS304 金屬表面與腐蝕溶液發生電子轉移現象，推測具有化學吸附的可能性。

以上結果皆顯示，桂枝萃取液對不鏽鋼 SS304 具有良好的抗腐蝕保護效果，未來可進一步應用於直接甲醇燃料電池金屬雙極板的環保抗腐蝕抑制劑或鍍膜材料。

## 5. 參考文獻

1. M. Lebrini, F. Robert, A. Lecante and C. Roos, "Corrosion inhibition of C38 steel in 1 M

- hydrochloric acid medium by alkaloids extract from *Oxandra asbeckii* plant," Elsevier, Corrosion Science, Vol. 53, pp.687-695, 2011.
2. A.M. Abdel-Gaber, B.A. Abd-El-Nabey, I.M. Sidahmed, A.M. El-Zayady and M. Saadawy "Inhibitive action of some plant extracts on the corrosion of steel in acidic media," Elsevier, Corrosion Science, Vol. 48, pp.2765-2779, 2006.