

# 電化學加工製程之電解液流場方向切換研究

## A study on reversible flow direction in electrochemical machining electrolyte system

許志成、張振暉、洪榮洲\*

Chih-Cheng Shiu, Chen-Hui Chang and Jung-Chou Hung\*

財團法人金屬工業研究發展中心 區域研發服務處 智慧技術組  
Regional R&D Service Department  
Metal Industries Research & Development Centre (MIRDC), Taiwan  
E-mail\* : jchung@mail.mirdc.org.tw

### 摘要

電化學加工程序中，電極刀具與工件之間存在的微小加工間隙，與進給速度、電壓、電解液流動等各加工參數構成相互影響之複雜關聯性，並決定整體加工精度。本論文將針對電解液流向特性於電化學加工中之影響進行探討，其研究方式係採用流向切換式電解液系統將電解液進口與出口在不同時間下不斷地進行切換，以解決後段加工區與前段加工區在不同時間皆有潔淨的電解液通過與大面積前後段加工區電化學加工不均之現象。

**關鍵字詞：**電化學加工、流向切換式、電解液流場

### Abstract

During the electrochemical machining (ECM) process, gap between tooling cathode and workpiece anode is dynamically and mutually influenced by kinds of machining parameter, which include machining voltage, feed rate, electrolytic flow rate, and others. This paper will discuss the effect between normal and reversible electrolyte flow mode during electrochemical machining process. The research method uses the reversible electrolyte system to switch the electrolyte import and export depending on different machining time to solve the non-uniform machining phenomenon after electrochemical machining.

**Keywords:** Electrochemical machining; Reversible electrolyte flow mode; Electrolyte flow

## 1. 前言

電化學加工 (Electrochemical Machining, ECM) 係屬於一種非傳統之微細加工，其加工之基本原理為利用1834年法拉第所提出的電解現象，將待加工之工件做為陽極，工具電極做為陰極，於兩極間給予穩定電壓，並以電解液當傳導介質。工件於電化學溶解反應時，因電解作用所析出之金屬離子及反應所生成的氫氣泡，由電解液的流動帶離加工區，加上工具電極有一進給速率，將工具電極逐漸向工件方向移動，使工件被加工成與工具電極反轉之外形，如圖1所示。微電化學加工擁有多種異於放電加工的特色，包括：工具電極不易損耗、以解離方式去除被加工物等，更可適用於超精密加工。電化學加工和放電加工也有諸多相似之處，相較於放電加工，電

化學加工擁有加工速度快及加工表面平滑度佳的優勢，沒有毛邊殘留之情形，且加工稜邊為小圓角。整體電化學加工過程中，由於沒有剪切等切削力及高溫作用的影響，因此工件表面不會有變質層及殘留應力產生。

電化學加工裝置通常包括加工電源、電解液輸送單元及加工治具，其中電解液輸送單元連通於加工治具，加工電源連接於加工治具內之工件及電極，藉由輸送電解液及提供電源以進行電化學加工。然而，利用電化學加工仍具有一些缺點，如圖2所示，為習知技術之大面積電解液鈍化示意圖，當進行大面積電化學加工時，由於電解液於電極及工件間流動時，該電解液通過其間之時間愈久，因電解液參與反應之時間愈久之緣

故，導致距離電解液流入口端越遠處之電解液，其鈍化愈趨嚴重，即產生之生成物愈多，因此於加工一段時間後易產生電解液流入口端之工件表面呈加工深度較深之情形，而離電解液流出口端之工件表面則反之，導致進行電化學加工後之工件有前後段加工區加工不均勻之現象，如此影響加工產品之精度及品質。因此，為了加速電解液之更新速度有人提出了利用超音波[1]、電極旋轉模式[2]來輔助清除加工生成物，並利用噴嘴將潔淨電解液帶入加工區，而將鈍化電解液帶離加工區，或者是利用馬達帶動曲軸機構[3]、壓電晶體[4]等方式帶動主軸以上下振動形式進行電化學加工，以加速電解液之更新速度，提高加工品質。因此，本論文將針對電解液流向特性於電化學加工中之影響進行探討。

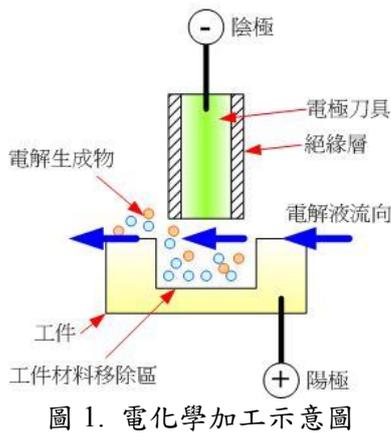


圖 1. 電化學加工示意圖

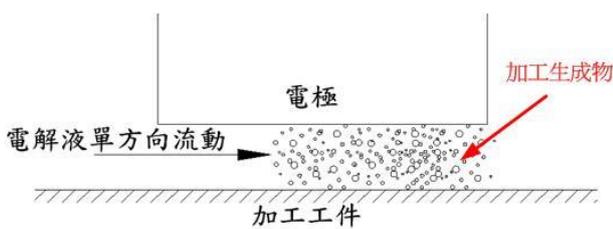


圖 2. 大面積電解液潔淨度示意圖

## 2. 流向切換式電解液加工系統

電化學加工由於沒有切削力及高溫作用的影響，因此工件表面不會有變質層及殘留應力產生，常被應用於高品質表面或他種機械難以加工之場合，然而加工面上會有如圖二所示之後段加工區域與前段加工區域電解液潔淨度的問題，因而影響表面的加工品質。因此，本論文係採用流向切換式電解液系統將電解液進口與出口在不

同時間下不斷地進行切換（電解液流向如圖二與圖三所示之不斷地切換），以解決後段加工區與前段加工區在不同時間皆有潔淨的電解液通過與大面積前後段加工區電化學加工不均勻之現象。

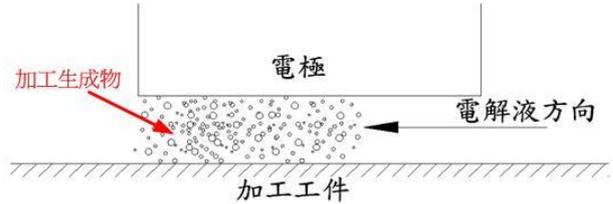


圖 3. 切換電解液流動方向

### 2.1 系統架構

本論文之流向切換式電解液系統架構示意圖如圖 4、圖 5 所示，使用金屬工業研究發展中心之精微電化學加工設備，其電解液循環系統模組包含有電解液儲存槽、過濾裝置、增壓泵浦與電解液流向切換閥門。利用閥門的切換造成電解液流動方向的改變，圖 4 中電解液由加工治具 A 端進入加工區域，使電解液由左到右方向流動；當閥門切換後，電解液則由加工治具的 B 端進入加工區域，使電解液由右到左方向流動。在不同的加工電壓、電解液流動速率與加工間隙...等加工條件，搭配不同的閥門切換頻率以達成良好的加工均勻性與表面品質。實驗流程如圖 6 所示，藉由外部數位式計時器來設定電解液流向切換之時間，當到達所設定之時間時，觸發電解液切換閥門以完成電解液流向改變之動作。

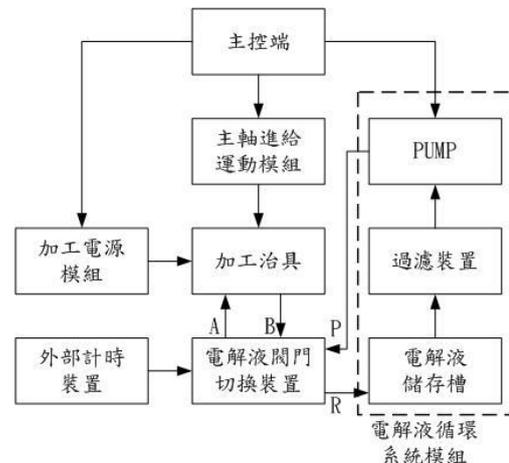


圖 4. 實驗系統架構示意圖

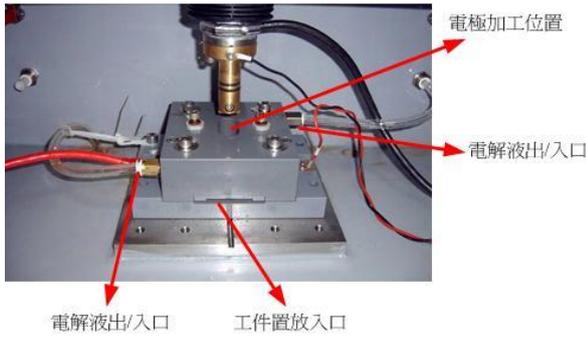


圖 5. 加工治具實體圖

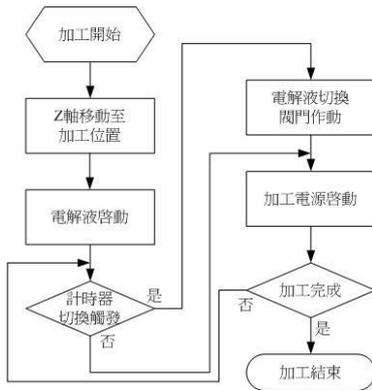


圖 6. 實驗加工流程圖

## 2.2 系統優點

由於工件之固定區域於電解液出口端長時間處於鈍化之電解液加工狀態，導致加工後產生缺點；因此利用流向切換的方式以改變電解液出入口端，如此可改善工件之固定區域長時間處於鈍化電解液加工狀態，因此提升加工均勻性、並且改善加工表面之品質，增加產品之價值，進而提高此一產品之競爭力。

## 3. 結果與討論

本論文將以不銹鋼 SUS304 為基材，針對(1)長方形流道溝槽加工；(2)燃料電池雙極板微流道加工，進行切換電解液流動方向是否對加工成品之加工均勻性與表面品質有所改善之研究。

### 3.1 長方形流道溝槽加工

本實驗之基材尺寸為25X9mm。以30V之電壓進行加工試驗。加工後的表面品質如圖7所示，由加工後基材表面之文字頭影清晰度比較結果可以得知流向切換式電解液的加工表面有較光亮的加工品質。如圖八所示，分別於在基材上

量測1、2、3位置之加工深度，由量測之結果可以得知有切換電解液流向者，較能獲得加工上深度的一致性。

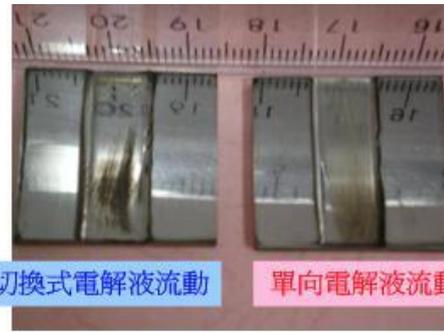


圖 7. 長方形流道溝槽加工實驗加工結果

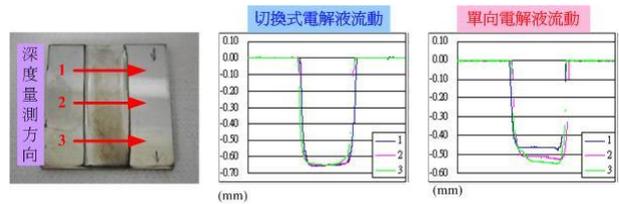


圖 8. 長方形流道溝槽加工深度結果比較

### 3.2 燃料電池雙極板微流道加工

本實驗之基材尺寸為 25X25mm。如圖 9 所示，使用 30V 電壓進行加工，單流向電解液加工後的流道深度變化範圍大(約 90 $\mu$ m)，流向切換式電解液加工之流道深度變化範圍明顯較小(約 30 $\mu$ m)，因此，可以得知流向切換式電解液之加工可以得到較均勻的深度分佈，及較為光亮之表面品質。

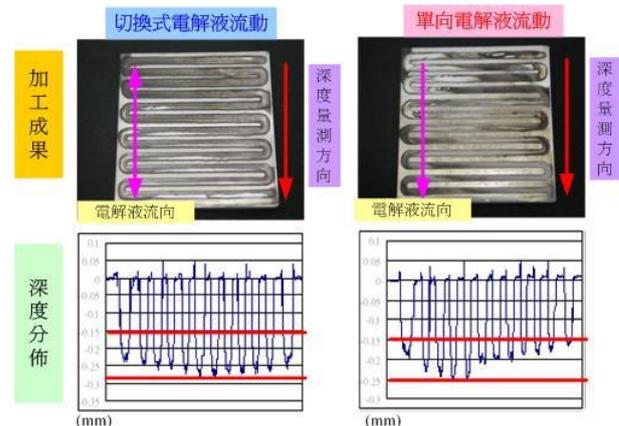


圖 9. 燃料電池雙極板微流道實驗加工結果

## 4. 結論

流向切換式電解液系統解由不斷的切換電

解液供應流向，使得在電化學加工中，工件之後段加工區與前段加工區在不同時間皆有潔淨的電解液通過與大面積下前後段加工區電化學加工不均勻之現象，而在表面品質方面亦可得到較光亮之表面，唯流場效應造成的流痕破壞了表面品質的呈現，因此，建議以高頻高電流的脈衝電源來降低流痕的產生。

## 6. 參考文獻

1. 賀陳弘，電化學拋光方法及其裝置，發明專利說明書，台灣，2003。
2. 賀陳弘，具有空心外形工具電極的電化學拋光方法及其裝置，發明專利說明書，台灣，2001。
3. 菲利浦電子有限公司，採用雙極性脈衝的電化學加工方法，發明專利說明書，中國，1997。
4. 北京理工大学，高頻群脈沖微小型電化學加工機床，發明專利說明書，中國，2007。