

國立台灣大學／ 延富科技股份有限公司

氣中放電加工機之研發計畫

❖ 公司小檔案

- ★ 成立日期：民國96年5月17日
- ★ 負責人：張聖楠
- ★ 資本額：新台幣500萬元
- ★ 員工人數：7人
- ★ 經營理念：

延富公司以管理知識與產業知識為基礎，結合單機自動化系統之研發經驗，以及整線自動化之整合技術，多年來始終秉持著提升產業自動化之信念，達到機械設備之功能分析、整合與規劃之目的，並以生產符合市場與顧客需求之產品為延富公司之研發目標。

❖ 計畫緣起

放電加工 (Electrical Discharge Machining, EDM) 是利用電極與工件間隙中瞬間絕緣破壞形成火花放電行為，瞬間產生高溫對材料熔融與蒸發而使材料被移除，近年來由於環保意識高漲，放電加工中切削液的使用與污染回收問題也倍受關注重視，傳統放電加工液在加工過程中易因高溫汽化產生有毒氣體甚至引起火災，嚴重威脅到操作員健康與工安，且在製程後處理更是對環境造成汙染。

有鑑於此，本計畫利用空氣取代傳統放電加工液可有效減少環境汙染與危害健康問題、廢液處理成本及不易引起火災，並具有高材料移除率與低電極消耗特性等優點。此外，氣中放電加工製程不牽涉到切削作用力，其機台結構可作Desk-Top設計，且具環境因素控制容易及操作簡單等因素，精度易維持微米等級，而有效降低生產成本。

❖ 新產品簡介

本計畫所開發的氣中放電加工機之規格如表1所示，在機台設計方面則以省空間、環保等理念來考量，採pc based控制操作簡單，具有三軸伺服控制功能，可經由三維路徑來製作出形狀複雜之模穴製程機能，節省製作複雜電極的成本，整機操作簡單又無加工廢液污染與處理的問題。由於氣體的介電強度低容易造成電弧，且放電間隙極小容易造成電極與工件接觸形成短路，因此機台的運動精度與響應穩定性都必需較一般放電加工機要求高，因此採用人造花崗岩新材料作為機台底座，並三軸位置控制加裝解析度1 μ m光學尺以進行精密位置控制，提昇移動及定位精度。氣體輔助供應模組則藉由正負壓真空幫浦設計可提供吸氣與噴氣兩種供應方式，加工平台則採用圓形槽體，使氣體流動順暢均勻。

表1 機台功能規格

項次	項目	功能規格
1	放電脈衝控制迴路種類	RC/電晶體
2	放電輸出能力	1mA0A
3	引弧電壓	50V00V
4	放電脈衝持續時間控制切換速度	$\leq 1\mu s$
5	放電間隙檢測模組	頻率檢出/電壓檢出
6	放電間隙檢測反應時間	500ns
7	輔助氣體供應方式	inlet/outlet

8	旋轉放電主軸轉速	500500rpm
9	旋轉放電主軸旋轉精度	$\leq 0.005mm$
10	機台行程 (x×y×z) mm	180×180×80mm
11	XY 軸直角度	$\leq 0.005mm$
12	ZY 軸直角度	$\leq 0.005mm$
13	機台移動解析度	$\leq 0.001mm$
14	機台移動最小設定精度	$\leq 0.001mm$
15	機台重複定位精度	$\leq 0.003mm$
16	馬達規格	AC 伺服馬達 400W
17	運動控制支援	PC based
18	運動控制能力	三軸同動



圖1 主機台及控制箱



圖2 附1 μ m解析度光學尺之運動模組



圖3 氣體輔助供應模組



圖4 軸控與IO模組



圖5 放電迴路及放電能量出力板

放電迴路採取雙電壓迴路設計，利用高電壓的提昇迫使介電質的絕緣破壞以提高放電頻率，同時輔以低電壓高電流電源給予足夠放電能量產生材料移除。並將搭配 LTAX 系統晶片設計出具脈衝控制訊號與回饋間隙電壓功能之放電迴路，且具有雙迴路放電電路之出力板，藉由 Power MosFET 將脈衝放電控制迴路與放電出力迴路結合，形成脈衝放電迴路；利用此脈衝放電集中能量特性輔以偵測間隙電壓回饋至控制系統，形成一封閉控制迴路如圖 5 所示的放電出力板實體圖。此電路將突破傳統放電脈衝迴路使用單晶片處理速度不夠快的限制與易受訊號干擾之缺點，改善系統穩定性。圖 6 顯示吸入式氣中放電加工之狀態，放電火花在電極周圍均勻形成，圖 7 則顯示噴流式氣中放電加工，放電火花噴濺在工件表面。



圖 6 吸入式氣中放電加工之狀態



圖 7 噴出式氣中放電加工表面

計畫創新重點

氣中放電技術開發是放電加工的一個新技術領域，具有高材料移除率與低電極消耗特性，不像傳統油中放電使用放電油作為介電液，可降低工過程中產生的有害物質，減少加工廢液處理成本，且不易引發火災的產生。目前國內外放電加工機台的粗加工材料移除率 (MRR) 都差不多約在 100mm³/min (25A Peak Current)。而國內外機台主要的加工性能差異是在精細加工的部份，目前國外機台在精修加工 3A Peak Current 的材料移除率 (加工速度) 已可達約 9 mm³/min、電極消耗率則約 20%，而國內機台還落後不到 6 mm³/min。本計畫中放電加工機的加工性能將達加工速度 12 mm³/min 以上、電極消耗率則可控制在約 15% 以下。



圖 8 花崗岩平台

本計畫中為求加工過程之穩定性與抗震性，在機台結構部份我們不用鑄鐵床台採用穩定性高的花崗岩平台，其具有動態與靜態剛性佳、不易變形、吸震性佳等優點，實體圖如圖 8 所示。

放電主軸除了中空管狀可讓介電流體流經，還必須帶動電極旋轉達成均勻放電的高精度加工效果，透過馬達與時規皮帶的傳動設計並配合旋轉接頭的使用來達成目的。另外由於放電加工使用高壓電源作為加工能量，因此為了避免造成感電傷害，也利用陶瓷軸承與塑鋼絕緣材料搭配使用。此旋轉主軸的旋轉偏擺量目前在伸出長度 30mm 以內可控制在 3um，主軸 3D 示意圖與實體圖如圖 9 所示。如圖 10 所示。



圖 9 主軸實體及其示意圖



圖 10 主軸圖

將現有放電迴路系統改良，提出雙迴路放電電路，如圖 11 所示，分別提供高壓引弧電路與低壓電流出力電路使其隔離，利用 Power MosFET 做為高速切換開關，分別送入 I-Duty 與 V-Duty 做開關控制，且在兩迴路中加入限流二極體，防止高壓電路電壓逆衝破壞低壓放電電路。運用此電路可完全將高壓引弧電路與低壓電流出力電路分開，藉此可突破電源因功率限制使得電壓與電流成反比，利用高壓引弧但不放電進而獲得較大放電電流，改善氣中放電的加工效率。此外由於氣體介電係數較低，在放電過程中易產生電弧，嘗試在電極與工件中並聯一限流二極體，達到消除電弧之功能。

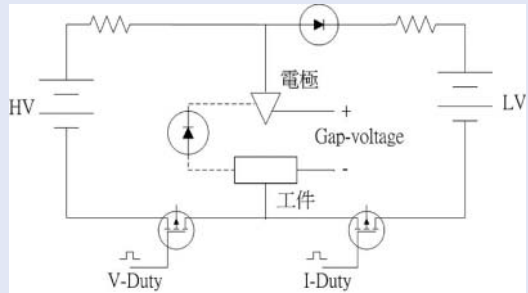


圖 11 電路簡圖

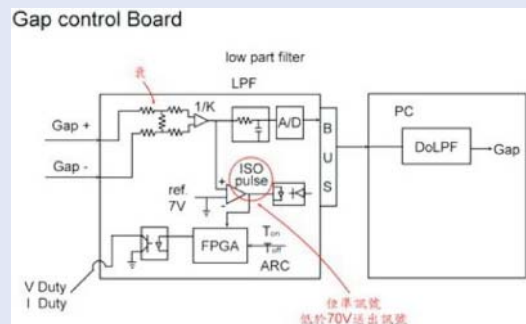


圖 12 間隙電壓控制簡圖

產學研各界之技術移轉及合作效益說明

此計畫之執行除提升延富科技之研發能量，同時對於新聘人力技術之養成與訓練，亦達到預期之成果。因此於本計畫結束後，延富科技仍繼續聘用計畫新聘人力，並承接氣中放電加工之相關技術，完成氣中放電加工機商品化之工作，預計於 99 年銷售 2 台之目標。

新聘人力與效益

新聘人力透過計畫之執行與訓練，已具備基本之設計能力，因此本案結束後，延富科技將續聘本計畫所新聘人力 2 人。另外，透過本計畫之執行，已建立在校與學校新聘人力之氣中放電加工相關技術實務經驗與能力。本計畫期約屆滿後，除將有 1 人力繼續留任學校，協助相關技術延續之研究工作的進行，另 2 人力已有電控科技公司廠商有意願聘用，將轉職放電加工業界培養電控與機械設計能力。

研發成果及衍生效益

1. 完成 100% 自製國產化之氣中放電加工設備。
2. 解決放電加工電極消耗及加工速度慢的問題。並擁有環保之綠色加工製程，提昇國內放電加工技術。
3. 開發之機台預估售價 250 萬元 98 年。98 年產值為 250 萬元；99 年預估可賣 2 台，99 年產值為 500 萬元。