

放電參數對鎢鋼電火花加工表面品質之影響研究

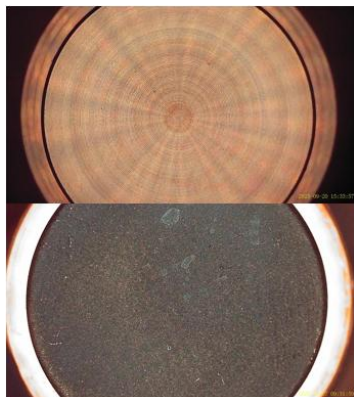
顏仲崑^{1*}、蔣昇育²、李子安³

^{1、2}義守大學機械與自動化工程學系碩士班

³龍巖企業股份有限公司

*E-mail:alden0113@gmail.com

鎢鋼 (Tungsten Carbide, WC) 兼具極高的硬度、優異的耐磨性與高熔點特性被廣泛應用於模具、切削刀具、精密量具與耐磨零件等領域，電火花加工 (Electrical Discharge Machining) 利用脈衝放電產生的高溫局部熔蝕作用來去除材料，不受材料硬度限制，成為鎢鋼精密加工的主要方法之一，放電加工成品品質高度依賴於放電參數設定，其中包含放電電流、脈衝時間、休止時間及極性組合的微小變化，皆顯著影響放電能量密度與瞬間熱分佈，進而影響材料移除率 (MRR)、電極損耗 (以圖一表示) 及表面品質 (以圖二、三表示) (R_a 、裂紋分佈)，著重於在效率與品質之間取得平衡，依照傳統加工者的經驗調整參數設定，結果不穩定且數據收集不易，以導致製程因子控制困難，透過系統化的參數統整與實驗設計 (Design of Experiments, DOE)，建立各放電因子對加工結果之關聯，以達加工流程優化與參數標準化，經由以鎢鋼進行放電過程中產生之熱效應、能量分布及表層變化的深入分析，本研究期望提出至關於兼顧高效率、低損耗與高表面品質的放電加工條件組合。



圖一：電極使用

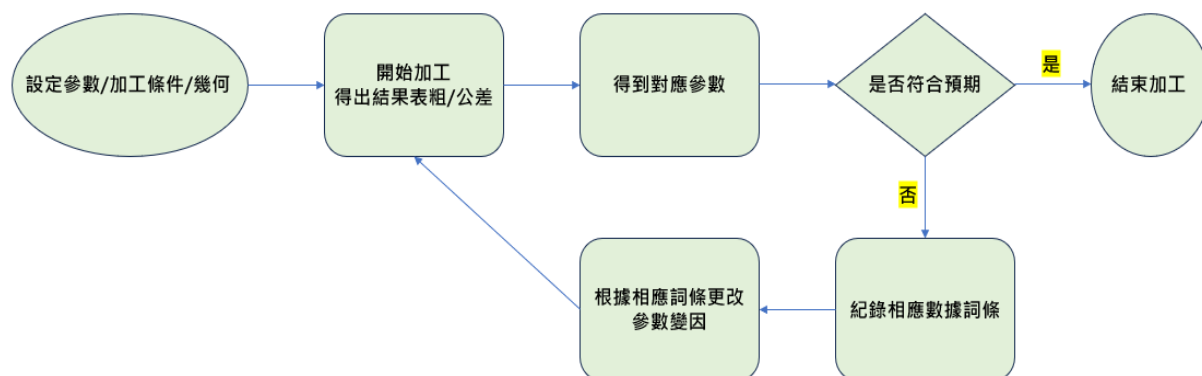


圖二：加工結果測試



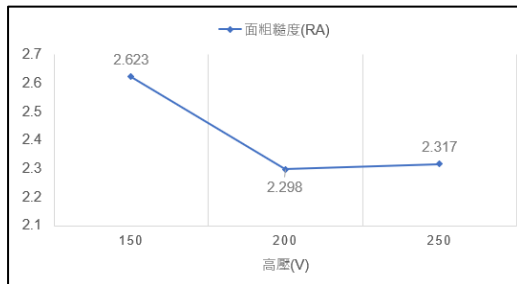
圖三：表面粗糙度結果

本研究以鎢鋼 (Tungsten Carbide, WC) 為加工材料，探討放電參數對其加工表面品質之影響，加工實驗採用聯盛CNC-430 放電加工機進行，使用紅銅 (Cu) 作為電極材料，放電加工油 (EDMOF) 作為介質，電極接觸端面以車床切削處理，降低初始表面粗糙度對結果的干擾，主要探討低壓電流 (I_p)、放電幅 (T_{on}) 與休止幅 (T_{off}) 三項主要參數，量測項目包含表面粗糙度 (R_a)、材料移除量、電極損耗量最終根據實驗結果歸納出最佳化參數組合，作為鎢鋼放電加工流程改善與穩定化之依據 (以圖四表示)。

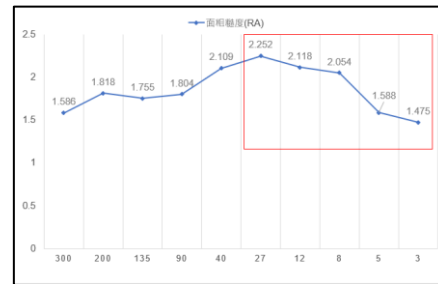


圖四：研究方法

根據圖五的結果顯示，當高壓由150 V提升至200 V時，表面粗糙度 (Ra) 由2.623 μm 降至2.298 μm ，表示適度提高放電電壓可使放電更穩定、熔蝕更均勻；當電壓進一步提升至250 V時，Ra略升至2.317 μm ，顯示過高電壓可能導致成果微坑增粗，造成表面平整度下降。圖六顯示在固定低壓3 A的條件下，隨著放電幅的逐步降低，表面粗糙度先上升後下降，考慮到實驗中電極端面未經重新整修，連續使用導致端面形貌變化與局部磨損，使放電間隙分布不均，在高放電幅下更易產生不穩定放電現象，在放電參數較低的27 us至3 us區段，遵守其「放電幅縮小，表面粗糙度 (Ra) 也會隨之遞減」的特性，可見即使在電極狀態不理想的條件下，透過合理的放電參數搭配，仍能有效改善放電穩定性與表面品質。



圖五：高壓_表面粗糙度



圖六：放電幅_表面粗糙度

本研究以鈎鋼為加工材料，透過系統化的放電參數實驗，建立放電電壓與放電幅對表面品質的關聯模型，指出能量輸入條件可有效兼顧加工穩定性與表面平整度，在實務應用層面提供具體參數優化依據，藉由此研究結果，工程師可根據材料特性與加工需求在電流、電壓及脈衝時間的組合間進行有效調整以提升製程可控性、降低電極損耗並縮短加工時間，透過全面地探討各放電參數之交互作用，並建立數學化的最佳化模型，發展具自我調整能力的智慧放電控制系統，此技術可即時修正不穩定放電行為，進一步提升製程一致性與再現性。

關鍵字：鈎鋼、電火花加工、放電參數、表面粗糙度

參考文獻

1. J.Simo,H.G.Lee ,D.K.Aspinwall, R.C.Dewes and E.M.Aspinwall“Workpiece surface modification using electrical discharge machining”, International Journal of Machine Tools and Manufacture,Vol.43,2003,pp.121 -128.
2. Talla, G., Gangopadhyay, S., & Biswas, C.K. (2016). Modeling and optimization of micro-EDM process parameters for machining tungsten carbide by response surface methodology. Materials and Manufacturing Processes, 31(13), 1703–1712.
3. Chiang, K.T., & Chang, F.P. (2006). Optimization of the EDM process using the Taguchi method and Grey relational analysis. Journal of Materials Processing Technology, 180(1–3), 96–101.