

微孔放電加工參數對碳化鎢加工表面形貌真圓度影響之研究

曾信智、陳依剛

南台科技大學機械工程系所

摘要

由於精微加工技術日益精進發達，許多具有優越性質的材料已被廣泛的使用，例如 TFT-LCDs 之 Cell 段製程中的框膠塗佈膠針零件微細加工。對於加工這些微細零件而言，傳統以力學切削方式所進行的機械加工，所遭遇到的困難將日益增加，尤其是在進行微細錐孔加工。其不僅受到材料機械性質之限制，更受到孔深比(H/D)的影響。本篇研究主要目的為解決目前加工技術瓶頸，尤其是針對目前微細錐孔 0.25mm 以下且硬度高之碳化鎢材料做微放電加工之研究。

關鍵字:碳化鎢、微放電加工

1. 前言

近年來，在日新月異的科技發展潮流下，隨著各式產品的加工需求，製程技術日益精進，各種精微研拋技術與非傳統加工法中的電子束、雷射、蝕刻、電化學加工及放電加工在微細加工應用方面都有不錯的成效，許多具有優越性質(高韌性、高硬度和高融點等等)的材料已被廣泛的使用。而對於加工這些材料而言，傳統以力學切削方式所進行的機械加工，遭遇到的困難將日益增加；尤其是在進行微孔加工過程中，面臨的是微細孔或是錐孔。如孔徑在 $\phi 0.3\text{mm}$ 以下時[1]，不僅受到材料機械性質之限制，更易受到孔深比(H/D)的影響，當以鑽削或搪孔方式來進行既細小且較深的孔加工，將面臨切屑堆積阻塞，造成切削力集中積熱且不易散熱等問題，使得鑽孔加工往往無法順利地進行。目前非傳統精密加工技術包括有：微細放電加工、光蝕刻、微細超音波加工與雷射鑽孔加工等。然而，對於非傳統加工中的放電加工(Electrical Discharge Machining, EDM)是替代傳統鑽削加工，

以解決孔加工最佳且適當方法之一。

2. 實驗設備與方法

2.1 實驗設備

本實驗所使用的放電加工機，係利用旋轉的碳化鎢電極(0.5mm) 對被加工物進行放電鑽孔的加工。對於微放電加工機而言，其介電液主要為煤油，經由迴路通過電極進行加工時所需的噴流及介電液的供給。主要裝置包括如下：電源供應系統、加工參數設定系統、介電液循環過濾系統及機械本體結構。本實驗所使用的機器設備其可供調整的參數為放電電流(I_p)、放電電壓(V)、放電開啟時間(T_{on})、放電休止時間(T_{off})、放電電容(C)、間隙電壓(V)及伺服速度(%)等參數，其定位精度為 $1.0\mu\text{m}$ 。另外，機台上加裝與金屬工業中心合作所研發的線放電機構(WEDG)，所使用的線材為銅線(0.15mm)，故電極經過線放電機構修整後，可直接在試片上作加工動作，不會有二次加工偏心度的問題產生，而可供設定之加工參數範圍。

2.2 電極製作

本實驗是製作微小孔，所以要先修整出小尺寸的微細電極，而這修整電極的方法則是利用 micro-EDM 上的線加工切割出需要的加工尺寸。本研究所使用的工具電極為碳化鎢，尺寸直徑為 $500\mu\text{m}$ 。加工進給分為三次，第一次及第二次加工進給量為 $100\mu\text{m}$ ，這時的電極尺寸為 $300\mu\text{m}$ ，第三次加工進給量為 $60\mu\text{m}$ ，即可加工到我們所需的尺寸直徑為 $240\mu\text{m}$ 的電極。

2.3 實驗規畫

如圖一所示，為本研究之實驗流程，實驗規劃主要探討碳化鎢之放電加工行為。在試件材料方面，選取碳化鎢為加工材料，電極材料則為碳化鎢電極，而電極尺寸是以線放電加工法（WEDG）加工出所需的尺寸，電極尺寸以 $240\mu\text{m}$ 為主。在PIN材上方要放電出一個 $240\mu\text{m}$ 的圓孔，尺寸誤差不能超過 $5\mu\text{m}$ ，放電深度為 $300\mu\text{m}$ 。修整工具電極時，工具電極設為正極，銅線電極設為負極；進行試件的微孔放電加工時，試件設為正極，工具電極設為負極。



圖一 實驗流程圖

3. 參數規畫與設定

3.1 參數規劃

放電加工之加工結果，通常會因所選用的加工參數改變而有所不同，因此如何兼顧材料移除率、電極消耗率及提升加工材料的精度，就必須對加工時所選用的參數做適當選擇。因為加工時所提供的能量和型式，會直接影響加工表層特性，唯有搭配適當的加工參數，才会有良好的加工效益。而在放電加工的參數裡，影響較大的參數主要為放電電流、電壓、脈衝時間、脈衝休止時間與衝擊因子等；現將上述參數之影響扼要簡述如下：

3.1.1 放電電流 (Peak current, I_p):

在加工的過程中，放電電流通常係指在正常放電的情況下，所能達到的最大電流值，故又稱峰值電流，為影響放電結果與能量的主要因素，而如果選擇的電流值過大，則會造成電流密度過高，造成加工時呈現不穩定之狀態，影響材料加工之效果。

3.1.2 開路電壓 (Open voltage, V_o):

為在放電過程中電源系統所提供的電壓，發生原因為當工具電極與被加工物間產生放電後，其伺服系統會利用其間的電位，使兩極間保持在一定的間隙，以得到持續放電的結果。而當所使用的開路電壓愈大時，則會形成兩極間的間隙加大，排渣情況雖然會變好，但也會造成加工間隙過高，使放電電流及加工效率降低。

3.1.3 脈衝時間 (Pulse duration time, τ_{on}):

放電脈衝時間為電流由電極透過加工液流向工件，而形成的通路，其應用原理為將所產生的高熱能將材料熔融、移除，其數值約為數微秒至數千微秒之間，而當脈衝時間增長時，會使放電能量增加，但隨著所選用的脈衝時間過長時，則會使電弧柱擴大，使加工單位面積所能承受的能量反而降低，因此脈衝時間的長短會造成不同的加工效應，也會影響其加工速率的快慢。

3.1.4 脈衝休止時間 (Pause off time, τ_{off}):

脈衝休止時間係指放電脈衝結束後，直到下一次脈衝所產生的間隔時間，其主要作用是使工作物有時間產生熔融凝固，並由加工液將放電屑沖出排渣，而控制放電休止時間可使加工效率有效地提升，使加工能夠順利進行；反之，脈衝休止時間過短則不利加工，因此需搭配不同的放電參數。

3.2 參數設定

藉由自行設定六組實驗組參數，找尋其中真圓度

最高之參數進行微調，以求得最好之參數組。

實驗參數設定 1：脈衝時間0.5 μ s、脈衝休止時間0.5 μ s、放電電流0.3A、開路電壓120V。

實驗參數設定 2：脈衝時間0.5 μ s、脈衝休止時間2 μ s、放電電流0.3A、開路電壓90V。

實驗參數設定 3：脈衝時間0.5 μ s、脈衝休止時間15 μ s、放電電流0.5A、開路電壓160V。

實驗參數設定 4：脈衝時間10 μ s、脈衝休止時間20 μ s、放電電流0.3A、開路電壓120V。

實驗參數設定 5：脈衝時間10 μ s、脈衝休止時間20 μ s、放電電流0.5A、開路電壓120V。

實驗參數設定 6：脈衝時間20 μ s、脈衝休止時間20 μ s、放電電流0.1A、開路電壓160V。

4. 實驗結果與討論

4.1 實驗結果

以設定實驗參數1~6所得到的真圓度結果，如表二所示。

表二 實驗組參數真圓度分析結果

組別	真圓度
1	0.894
2	0.881
3	0.998
4	0.988
5	失敗
6	0.853

由圖七可知，碳化鎢PIN本身射出過程中表面粗糙度高，PIN端面無法使用傳統研磨方式來加工，須使用放電加工來做端面修整。由圖八可知放電參數在脈衝時間0.5 μ s、脈衝休止時間15 μ s、放電電流0.5A、開路電壓160V、可得較穩定之真圓度。

4.2 驗證實驗

以參數為脈衝時間0.5 μ s、脈衝休止時間15 μ s、放電電流0.5A、開路電壓160V，重覆實驗是否此參數可

得最佳真圓度。

碳化鎢PIN端面使用放電加工搖動程式，將端面放電至平整，可得不錯之端面形貌。並驗證參數(脈衝時間0.5 μ s、脈衝休止時間15 μ s、放電電流0.5A、脈衝時間160V)，可知此參數可得不錯之圓孔。

5. 結論

本研究利用碳化鎢材為放電加工材料，針對放電加工後形成的表面真圓度進行研究。

1. 工電極利用線加工方法把電極修整到所需的此吋直徑為240 μ m、長度為300 μ m。
2. 加工碳化鎢pin時先處理加工表面，利用搖動加工法把表面修平以得到良好的表面形貌。
3. 再以先前所設定之六組實驗參數作放電加工，找尋其中真圓度最高之參數進行微調。
4. 可知脈寬0.5 μ s、休止15 μ s、電流0.5A、電壓160V此組參數可得最佳值之真圓度0.999之圓孔。

6. 參考文獻

- [1]. E.J. Weller, Nontraditional machining Processes, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Michigan, USA. 2/e (1983).
- [2]. 郭佳儻，微放電加工技術於MEMS之應用，機械月刊第二十五卷第十一期 (1999) 304-313。
- [3]. 機械技術雜誌編輯部，二十一世紀的顯學：微機電系統--微放電精密加工，機械技術雜誌189期 (2000) 220-228。
- [4]. T. Tamura, Y. Kobayashi, Measurement of impulsive forces and crater formation in impulse discharge, Journal of Materials Processing Technology 149 (2004) 212-216.
- [5]. T. Masuzawa and T. Takawashi, "Recent Trends in EDM/ECM Technologies in Japan", Proceedings of the 12th International Symposium for Electromachining (ISEM-12), 1998, pp. 1-15.
- [6]. T. Shin, N. Mohri, H. Yamada, M. Kosuge, K. Furutani, Y. Fukuzawa and T. Tani, "Machining

Phenomena in EDM of Insulating Ceramics – Effect of Condenser Electrical Discharge ”, Proceedings of the 12th International Symposium for Electromachining (ISEM-12), 1998, pp. 437~444.

- [7]. Y. Fukuzawa, H. Katiugi, N. Mohri, K. Furutani and T. Tani, “ Machining Properties of Insulating Ceramics with an Electrical Discharge Machine – Machining of the Oxide Ceramics ”, Proceedings of the 12th International Symposium for Electromachining (ISEM-12), 1998, pp. 445~453.
- [8]. K.H. Ho, S.T. Newman, State of the art electrical discharge machining (EDM), International Journal of Machine Tools & Manufacture 43 (2003) 1287–1300.
- [9]. Xi-Qing Sun , T.Masuzawa , M.Fjino ,” Micro ultrasonic machining and its applications in MEMS”, Sensors and actuators, A57 , pp159-164 , 1996.
- [10]. Domoiniek Reynaerts , Paul-Henri’s Heeren , Hendrik Van Brussel , “Microstructuring of silicon by electro - discharge machining(EDM) Part I : theory “, Sensors and actuators , A60 , pp212-218 , 1997.
- [11]. Seong.S.Choi , Jung , D.W.Kim , M.A.Yakshin , J.Y.Park , Y.Kuk , “Frabrication and microelectron gun arrays using laser micromachining” , MicroelectronicEngineering ,41/42 ,pp167-170,1998.

A Study of Micro-EDM Parameters on the Surface Roundness for Tungsten Carbide

Hsinn-Jyh Tzeng¹ , Jen-ChouHsiung² , Yi-Gang Chen³

¹Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Southern Taiwan University.

²Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Cheng-Shiu University.

³Graduate, Department of Mechanical Engineering, Southern Taiwan University.

Abstract

As the microscopic processing technology has been increasingly developed, many materials which possess a excellent properties, have been widely used. For example, micro-machining parts of the box plastic coated plastic

pin in the manufacturing process of TFT-LCDs of the Cell section. As for the processing of these micro-parts, the conventional mechanical cutting method by mechanical processing is not enough, the difficulties encountered are also increasing, especially in machining micro-hole taper, not only by the limitation of mechanical properties of the materials but also by the hole depth ratio (H/D). Find the solution to the current bottleneck of the microscopic processing, especially for fine tapered bore 0.25mm below and the high hardness of tungsten carbide material by micro-EDM.

Key words: tungsten carbide, micro-EDM