



非導電硬脆材料微電化學放電加工 應用研究

Application of Electrochemical discharge machining technology
on non-conductive brittle materials

鄭志平

工業技術研究院
機械所
智慧機械技術組
數值控制部

麥朝創

工業技術研究院
機械所
智慧機械技術組
數值控制部

顏炳華

國立中央大學
機械工程學系
教授

許玉山

國立中央大學
機械工程學系
研究生



關鍵詞

- 電化學放電加工 Electrochemical Discharge Machining
- 磁流體對流 Magneto Hydrodynamic
- 非導電硬脆材料 Non-conductive Brittle Materials

摘要

電化學放電加工為近年較受矚目的非傳統製程技術之一，由於不受限於加工材料的導電性，因此極有潛力應用於非導電硬脆材料上。一般而言，電化學放電的產生是在劇烈的電解過程中，由於刀具電極(陰極)受到電解氣泡聚集而成的氣膜所包覆，造成電極表面的電流密度激增引發放

電火花。放電能量與產生頻率將直接取決於氣膜的結構特徵與包覆穩定性，同時也被視為影響製程精度、表面品質與材料移除率的主要關鍵因子。然而在實際加工系統內，刀具電極所處之環界面更為複雜，導致氣膜結構控制不易及加工區內電解液循環困難。故對於的應用上，實為一必需審慎正視及克服的研究課題。本研究中擬導入磁流體對流技術，藉以維持整體電極表面上氣膜結構之穩定性與增進電解液在加工區之循環效能，使放電能量釋放均一與加工效率提昇。

Electrochemical discharge machining (ECDM) is a non-traditional manufacturing technique that has attracted much attention in recent years. With its performance unaffected by the conductivity of machined materials, ECDM is a promising technique with great potential for application to machining non-conducting brittle materials. In ECDM,



electrochemical discharge occurs under intense electrolysis when gas bubbles produced accumulate and form a gas film on the tool electrode (cathode). As a result, current density on the tool electrode surface increases, thus producing discharge sparks. Both the energy of the discharge sparks and the frequency they are produced are directly determined by the characteristics and stability of gas film, which in turn are critical factors affecting the machining accuracy and material removal rate.

In fact, the environment of the tool electrode in an ECDM system is complex, posing problems to quality control of gas film structure as well as smooth circulation of electrolyte. Hence, how to overcome these problems when applying ECDM to the process is worth further investigation. In this study, the technique of magneto hydrodynamic (MHD) convection is employed in the ECDM system to maintain stability of gas film structure and enhance circulation of electrolyte, both of which contribute to achieve even discharge energy and enhance machining efficiency.

前言

隨著材料製程技術的進步，其應用主軸已由結構用材料轉向功能形材料，因此各類非導電性硬脆材料逐步成為微機電系統的主要基底材料之一，如光學玻璃、石英、藍寶石及工程陶瓷等。然而作為一項與傳統工業存在較大差別的新興領

域，加工製程決定了產品本身的結構特徵及應用範圍，而在材料的選擇與製程技術之間依存的關係亦更為密切。然而隨著產品壽命周期不斷的縮短及微利化的時代來臨，研究發單位無不設法縮短產品開發時程。在開發的過程中，經常需要修改結構的設計以獲得最佳的效能表現。但大部份的非導電硬脆材料由於其晶體結構的敏感性，常因加工設備或外在的影響導致材料去除量局部突增，使得加工難度大增，因此很難實現高精度、高效率、高可靠性的加工，特別是微元件製作更是困難。因此有別於傳統的機械加工模式，對於非導電性硬脆材料其高附加價值與高產值的加工技術正迅速崛起，以因應各類功能性產品之製造需求。目前以非傳統加工方式，利用熱能、光能、電能與化學能來達到傳統機械製造方法所不及之精度與加工尺寸，儼然已成為非導電硬脆材料精密加工的主流。

目前非導電硬脆材料之微加工尚未有標準的製程體系，且在同一產品結構特徵要求下往往存在多種製程方案。目前較有可能應用於非導電硬脆材料微形元件之製程技術有蝕刻加工(Etching Machining)、雷射加工(Laser-beam Machining)、超音波加工(Ultrasonic Machining)等非傳統加工方法。上述各方法的加工機制不同，其加工穩定度與適用範圍也各有不同。蝕刻加工製程技術可藉由大量試驗資料的統計與最佳化，即可符合不同刻蝕深度及表面品質的需求，並解決了高刻蝕速率與高刻蝕表面品質並存的難題。然對於大面積與複雜的三維結構較難達成，不僅製作成本高，且對環境的清潔度之要求甚高。此外在產品的開發及小量試產的過程中，恐失其成本優勢。雷射

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】337期・100年4月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw