

電物理及電化學製程之微細加工探討

Investigations on micro physical and chemical machining processes

劉鶴崗

精密機械研究發展中心
科技研發室
工程師

彭文陽

工研院機械所
智慧系統工程技術組
研發經理

關鍵詞

- 微細加工 Micro-Machining
- 微放電加工 Micro-Electro-Discharge Machining
- 微電化學加工 Micro Electrochemical Machining
- 微超音波加工 Micro Ultrasonic Machining
- 混合製程 Hybrid Micromachining Process

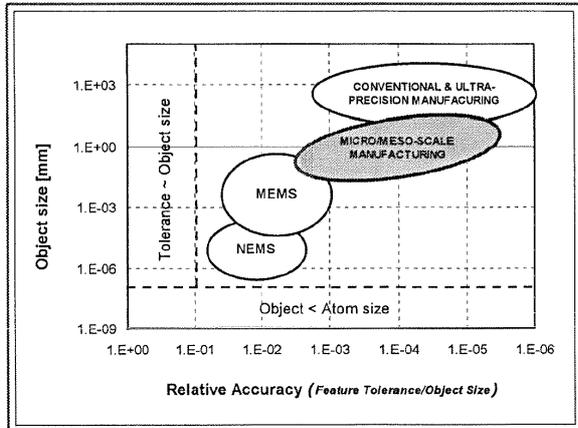
摘要

精密及微小化之精細元件在現代高科技產業中已愈顯重要，其輕、薄、短、小的特性不但節省空間、節省能源、節省材料及提高附加價值外，還可以在製造技術成熟時，以量產方式生產降低成本，故未來的加工技術必朝向精密化及微細化元件發展。此外，由於元件的微小化，其製造方式也和傳統製造方式有所不同，除了機械切削外，以電物理和電化學製程方式製作微細零件也扮演很重要的角色。本文將廣範圍就目前發展的電物理和電化學的微細加工技術狀況做一探討，期望讀者對微切削製程外的其它微細加工製程有一基本了解。

一般微細加工(micro-machining)分類介紹

一般而言，微細加工的定義是加工尺寸介於 $1 \mu\text{m}$ 到 $999 \mu\text{m}$ 之間[1]，但此種定義方式並無說明與加工精度之關係。因此，在 2000 年的美國國家科學基金會(National Science Foundation, NSF)之微機械製造(Micro/Meso Mechanical Manufacturing, *M*)研討會上，與會人員認為微製造(Micro/Meso-Scale Manufacturing)的加工尺寸(Object Size)與相對精度(Relative Accuracy)關係(如圖一所示[2])，應為加工尺寸在 $10^2 \sim 10^4 \mu\text{m}$ 、相對精度(Relative Accuracy)在 $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 之數值範圍，此種定義對朝向微細元件量產目標具有參考指標作用。

一般微細加工製程的分類可由表一所示，而微細加工中電物理及電化學製程原理將在稍後文章內說明。一般微細元件的製作可藉由添加材料、改變形狀及材料移除等方式達成，添加材料成形的製程方式可分為層積(Lamination)和沉積(deposition)二種，典型的層積方式為快速原型(Rapid Prototyping)、快速製造(Rapid Manufacturing)、固體自由成形製作



圖一 微細加工的尺寸與精度範圍[2]

(Solid Freeform Fabrication)等；而典型的沉積方式為電鑄、微火花披覆(Micro-Spark Coating)等。

能量束(Energy Beam)加工製程可以很精準地將能量束聚焦至數 μm 直徑大小的目標點上，藉由熔融(ablation)或汽化(vaporiation)方式去除工件上的材料，以達到我們需求的形狀特徵。這種製程是非接觸式，但工件大小受其設備空間限制。因使用能量束的精準聚焦，故可得到良好的尺寸精度。目前能量束加工製程在微細加工中已愈顯重要，典型的能量束是雷射，這是因為雷射已廣範圍開發且應用在工業界。

平版印刷製程(Lithographic Method)已成熟建立在矽基微細加工及蝕刻上，然而這種製程有其先天限制，例如：材料的選用、產品的複雜性、投資成本大及須在潔淨室環境等。

一般近淨型(Near Net Shape)製程是建立在廣範圍材料(包含：金屬、塑膠及陶瓷)的塑性變形上。此種製程適合使用在量產上，並提供一有效且經濟的替代方法。對於聯結器接頭(connector pin)，此種製程特別具有競爭力，這是因使用其它的製程將產生高的材料消耗及生產時間，尺寸的影響(Size effect)在整個成型過程中扮演很重要的因素。典型的近淨型製程為沖孔、下料、摺彎、深引伸等。

在機械微加工製程中，刀具以機械力方式直接接觸工件表面，因此可獲得好的幾何形狀。此種製程的特點是大的金屬移除率及獲得好的2D和3D微結構特徵，而它的缺點是難切削材加工較困難及不適合大量生產。典型的微機械加工製程有車削、銑削、鑽削等。

電物理及電化學之微切削製程

電物理及電化學(Electro-physical and chemical, EPC)製程其工具與刀具是不接觸的，因此無機械製程中有塑性變形、振動、斷裂(breakage)等問題發生，

表一 微細加工製程一般分類

微 細 加 工					
添加製程	電物理及化學製程	能量束製程	平版印刷製程	機械製程	近淨型製程
物理蒸鍍(CVD)、化學蒸鍍(PVD)、銲接、膠合(Gluing)、電鍍、燒結	放電加工、電化學加工、超音波加工、光化學加工、電漿加工、混合加工(Hybrid Process)	雷射加工(LBM)、離子束加工(IBM)、電子束加工(EBM)	光學微影、紫外光微影、電子束微影、離子束微影、X-ray 微影、立體光刻(Stearo Lithography)	車削、鑽削、銑削、鉋削、化學機械拋光、磨料水噴射加工	擠伸、衝壓、鍛造、射出成型、鑄造、壓凸紋(Embossing)



更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】328期・99年7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