



雷射拋光製程發展及應用

Developments and Applications of Laser Polishing Processes

蔡武融

工研院雷射中心
積層製造技術組
積層創新部

陳園迪

工研院雷射中心
積層製造技術組
積層創新部

蔡宗汶

工研院雷射中心
積層製造技術組
積層創新部

劉松河

工研院雷射中心
積層製造技術組
積層創新部
副組長

關鍵詞(Keywords)

- 雷射拋光 Laser Polishing
- 製程 Manufacturing Process
- 表面粗糙度 Surface Roughness

摘要(Abstract)

在邁向工業 4.0 數位生產之際，相對於車削、銑削、放電加工等自動加工製程，拋光製程屬自動化生產落後的一環。精密模具及機械元件目前主要仍依賴人工進行拋光，因工時久而導致交期不易縮短外，也容易影響品質的穩定性，另也有人力傳承及培養不易的問題。有別於傳統拋光製程利用摩擦顆粒移除工件表面突起，雷射拋光使

用能量光束熔融表面材料，使熱熔材料因表面張力流動，填補表面波谷而達到表面平整的作用，可提供精密元件的自動化拋光解決方案。本文說明雷射拋光技術的作用機制、發展歷程及應用，另也介紹工研院投入雷射拋光領域的研發現況，以及全球雷射拋光機台的發展現況。

As the manufacturing industry enters the Industry 4.0, compared to such automatic manufacturing processes as turning, milling, and EDM, the polishing processes are falling far behind in automatization. Currently, most polishing processes for precision molds and mechanical components are performed manually, which causes the difficulty of reducing the required time to customers, and affects the stability of the product qualities, as well as making the cultivation of



technicians for polishing rather difficult. Unlike conventional processes in which abrasive particles are used for smoothening component surfaces, laser polishing remelts the surface materials with energy beams. Surface tension causes the remelt materials to flow and fill cavities, which smoothens the component surface. Thus, laser polishing provides an automatic polishing solution for precision components. This article describes the mechanisms, development processes, and applications of laser polishing technology. Then the current R&Ds of laser polishing in ITRI South are also introduced, as well as global developments of the laser polishing machines.

1. 前言

表面粗糙度對產品的特性及品質有顯著的影響，包含功能尺寸、磨潤特性、抗磨損及腐蝕能力、光學特性、外觀及觸感等。目前精密模具、刀具及夾治具等工具元件的拋光製程主要仰賴手工進行，拋光流程的速率偏低，使得 30-50% 的整體製程時間需分配於拋光工序，造成生產力提高的瓶頸；另也使表面品質的穩定性不易控制，以及造成拋光人員培養及傳承不易的問題。另一方面，由於光電元件及半導體封裝模具等精微模具的加工尺度越來越小，且表面形貌越來越複雜，使得傳統機械或人工拋光技術，在加工品質控制與加工效能上，已難以滿足需求。因此，亟需建立精密自動拋光關鍵技術，提昇拋光精度及品質

穩定度，降低人員經驗依賴度，縮短交貨時間(time to customer)，協助提高精密加工產業的全球競爭力。

雷射拋光基本原理為在工件表面產生薄的熔融層，藉由表面張力使得熱熔材料由波峰流向波谷，拉平工件表面的粗糙起伏。有別於傳統拋光以拋光磨粒去除工件表面突起的製程，雷射拋光利用雷射光束能量的調控，使表面材料重新分配，基本上未移除表面材料。雷射拋光的優點可歸納如下[1, 2]：

- (1) 雷射拋光技術可與精密機械整合，可進行自由曲面高度自動化生產。
- (2) 雷射拋光的製程速率快，對模具鋼拋光的單位面積所需時間可小於 1 min/cm^2 ，相較於傳統人工拋光方法(單位面積所需時間約 $10\text{-}30 \text{ min/cm}^2$)，可提升製程速率至少 10 倍以上。
- (3) 雷射拋光為非接觸拋光技術，無需使用拋光工具、拋光磨粒及化學磨削液，可節省耗材及降低環境污染。另對生醫器具及植體等對化學殘留敏感的元件，提供無化學污染的拋光方法。
- (4) 雷射藉由調變光束可改變聚焦光點大小，使其能進行微小或局部區域的拋光。
- (5) 雷射光束藉由導光元件、光纖的導引，可導入深凹槽內部(例如模具的母模或深搪孔)，進行人工製程不易進行的深槽側壁及底部拋光。
- (6) 雷射拋光適用於軟性及硬脆等難拋光材料。傳統拋光流程需施加外力於拋光區域，以便磨除材料的突起，易使軟質材料變形或使硬脆材料拋光產生破裂，雷射拋光屬非接觸拋光

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】395期・105年2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

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw