



研磨條件對薄板工件平行度之影響

The Effects of Grinding Conditions
on Parallelism of Thin Workpieces



江浩寧

國立成功大學
機械工程學系
研究生

陳以中

國立成功大學
機械工程學系
研究生

王俊志

國立成功大學
機械工程學系
教授

關鍵詞

- 研磨條件 grinding conditions
- 薄板工件 thin workpiece
- 工件厚長比 thickness -length ratio of workpiece
- 工件平行度 parallelism

摘要

薄板工件研磨製程中，常面臨到難以掌握工件翹曲程度之困難。本文以平行度描述薄板翹曲程度，並以樑變形理論為基礎，結合一無因次化因子—工件厚長比，建立一套薄板工件平行度變化量預測模式。實驗以氧化鋁砂輪研磨碳鋼薄板工件為例，在一般研磨條件與深切緩進條件下，探討工件加工面幾何、工件厚長比與薄板工件平行度變化量之關係。由理論模式發現，在研磨加工熱影響下，

薄板工件平行度工件厚長比呈現平方反比的關係，實驗結果也呈現相同的趨勢。

前言

薄形板件是常用且重要的組合部件如精密模座之組合與真空設備之組裝等。一組精密模座多由數個平板所組成，各別平板組件之誤差將會累積，因而造成最後總公差無法達到要求之規格標準，其中，平行度最常用以描述薄板工件規格之重要幾何公差。然而，薄板工件平行度在製造程序中難以掌握與預測，製造業者為達成幾何及尺寸公差要求，多憑既有之經驗調整製程參數，對於沒有經驗之業者將大幅增加其製造時間成本，甚至無法製作出規格較為嚴格之零件。為提升國內製造加工業者之競爭力，極需建立一套預測薄板工件平行度之方法以利對研磨製程參數及工件平行度之瞭解。

平面研磨加工過程中，工件熱變形是影響薄板



工件平行度的重要因素之一，尤其在加工薄板或細長工件時，會產生顯著的翹曲變形，對精密零組件的尺寸及幾何精度造成嚴重的影響。為了定量描述薄板的翹曲程度，本文採用一般業界常使用之平行度加以描述。

關於薄板工件受加工熱變形之研究，Brinksmeier[1]及 Matuo[2]等人以實驗方法指出氧化鋁砂輪乾式研磨 S50C (annealed)薄板鋼板，研磨後工件表面殘留張應力而呈現凹翹曲變形，嚴重影響工件尺寸精度。Okuyama[3]則以有限元素法模擬乾式研磨 S45C 鋼板因研磨熱而膨脹變形，使研磨處之工件底面脫離磁力拘束，其位移軌跡的最大值隨著來回研磨的次數增加，使得工件中央的熱變形愈大進而造成實際切深增加，研磨後表面凹陷程度也隨之嚴重。

除了殘留應力[1]、磨削熱[2]、砂輪及工件間接觸變形[4]等因素的影響之外，工件尺寸也是重要影響因素之一。隨著工件厚度減少或長度增加，常面臨到難以掌握工件翹曲程度之困難，因此探討不同研磨條件下薄板工件尺寸對平行度之影響，將為本研究之重點。

由於使用有限元素法無論在建模或模擬上都相當耗時，因此本文設計一實驗方法量測工件的翹曲程度，並建立一薄板平行度變化量分析模式，在不同的研磨條件下進行實驗，探討不同工件厚長比對薄板工件平行度之影響。

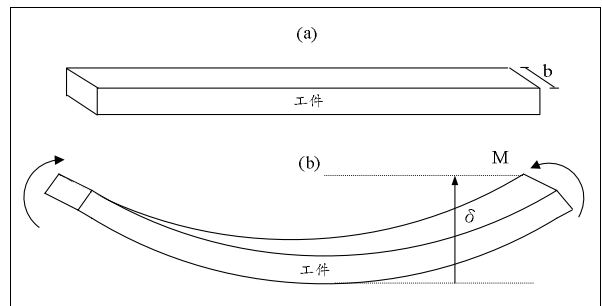
薄板工件平行度預測模式之建立

假設長度為 l 、厚度為 h 、寬度為 b 之樑受外在彎矩 M 影響後會產生翹曲變形(圖一)，假設工件中心點位置不變，工件翹曲的程度(δ)可由力矩面積法(moment-area method)求得：

$$\delta = \left(\frac{l}{4}\right) \left[\left(\frac{M}{EI}\right) \left(\frac{l}{2}\right) \right] = \frac{Ml^2}{8EI} \quad (1)$$

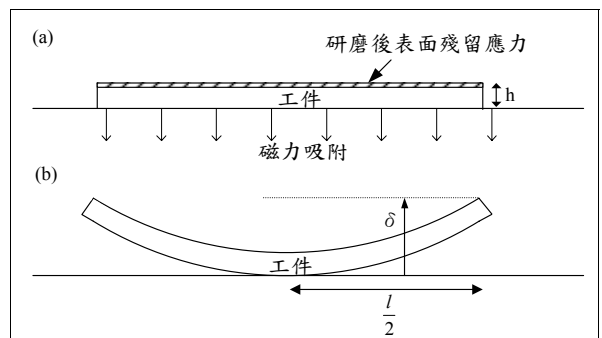
其中 E 為工件之楊氏模數， I 為慣性矩。

薄板工件受研磨後加工面會產生表面殘留應力，此時若移除被研磨之工件拘束條件，此殘留應力會使工件變形，工件變形的狀況可視為兩端面受到一等效彎矩 M 而翹曲，如圖二所示：



圖一 薄板工件(a)無拘束條件(b)受彎矩 M 翹曲

假設 σ 為加工後變質層 z_0 深度下之殘留應力，且研磨加工移除拘束條件後工件平行度變化量主要受殘留應力所影響。



圖二 磁力吸附對加工後工件平行度之影響：(a)有磁力(b)磁力釋放

又工件表面下深度(z)變化之殘留應力 σ 之等效力矩 M 可表示為[1,2]：



更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】324 期・99 年 3 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