

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

降低研磨及拋光過程中之力量變化

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 89 - 2212 - E - 032 - 030 -
執行期間： 89年 08月 1日至 90年 10月 31日

計畫主持人：劉昭華
共同主持人：

本成果報告包括以下應繳交之附件：
赴國外出差或研習心得報告一份
赴大陸地區出差或研習心得報告一份
出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：淡江大學機械系

中 華 民 國 90 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

降低研磨及拋光過程中之力量變化

Reducing Grinding and Polishing Force Variation

計畫編號：NSC 89 - 2212 - E - 032 - 030 -

執行期限：89 年 08 月 1 日至 90 年 10 月 31 日

主持人：劉昭華 淡江大學機械系

一、中文摘要

本研究係針對模具的研磨與拋光，在研磨方面，作者設計出力量控制系統，係將手持研磨機架設在 CNC 加工中心上。此系統以力量感測器量測研磨接觸力；以力量控制程式將力量的誤差值轉換為主軸的位置；再利用外部機械原點漂移技術及光耦合介面，將位置以序列脈波信號方式傳輸至 CNC 控制器內，驅動主軸升降，完成整個力量控制程序。

實驗的過程，首先利用田口法從事實驗參數設計並進行實驗，探討進給率與力量期望值對於表面粗糙度的影響。結果顯示進給率愈慢或力量期望值愈大可得到較佳的表面粗糙度。另外，由研磨一斜度工件的實驗結果，證實了力量控制在研磨過程中能有效地降低研磨力的變化。

在拋光方面，作者設計並製作出撓性夾持機構，此夾持機構可以藉由不同彈簧產生不同程度之撓性，此夾持機構將手持研磨機加在 CNC 工具機主軸上，利用手持研磨機來驅動拋光環轉動，以進行拋光。為了要進行拋光力量的量測，作者在工件下方放置了力量感測器。

作者使用田口法來決定各參數對於表面粗糙度與力量變化的影響：其參數有進給率、彈簧常數、手持研磨機轉速、磨料顆粒大小、以及拋光環(塑膠環或是銅環)。由實驗結果顯示，撓性工具夾持機構可以降低表面粗糙度，而且在彈簧常數的一定限制範圍內，隨著彈簧常數的增加，工件表面粗糙度與拋光力量之變化亦隨之降低。

關鍵詞：研磨與拋光、力量控制、表面粗糙度。

Abstract

This research deals with grinding and polishing of molds and dies. For grinding process, a force control system is developed

which includes a hand grinder mounted on a CNC machine center, a force sensor to measure normal grinding force, and a force control system to adjust grinding depth. The vertical movement of the CNC spindle is produced by utilizing a function called "external machine zero point shift".

Taguchi's parametric design is used to determine an ideal combination of horizontal feed rate and desired force for control. Also, grinding is performed on an inclined surface, result shows that the force control technique may indeed reduce average grinding force and grinding force variation.

For polishing process, a tool compliance holder designed by the author is used in the polishing system. Polishing tools utilized are polishing rings driven by a rotary electric hand grinder, which are held by the compliance holder attached to the spindle of a CNC machine center. A force sensor is used to measure force variation.

Taguchi's method is used to determine effects of the following factors: horizontal feed rate, spring constant, rotation speed of the hand grinder, abrasive particle size, and type of rings (plastic or brass). Results show that surface roughness can be reduced by imposing compliance in the tool holder of a polishing system, and that up to their limits both force variation, and surface roughness, reduce with increasing spring constants.

Keywords: grinding and polishing of molds and dies, force control, surface roughness.

二、緣由與目的

在模具的研磨(grinding)或拋光(polishing)過程中，研磨力量的變化可能嚴重影響研磨或拋光品質，使工件表面出現不一致的表面粗糙度。研磨拋光力量變化原因包括工件本身的形狀變化、研磨路徑改變方向時容易發生力量變化[1]、以及外界的干擾等。

本研究的目的，在拋光方面，李伯益[2]的研究結果顯示撓度可降低工件表面粗糙度，但是至今國內外並未有力量量測結果發表。本計畫因而期望進行拋光力量量測，探討撓度是否降低拋光力量變化，以澄清撓度、拋光力及表面粗糙度之間的關

係。至於在研磨方面，李伯益[2]的實驗結果顯示撓度對研磨品質的改善非常有限，本計畫因而期望採取主動式力量控制，以降低研磨過程中的力量變化。方法是由動力計量測出每個瞬間的研磨力量，透過計算以求出力量修正值 以及工具機主軸的位移量。

三、研磨過程中之力量控制

本研究之研磨系統如圖一所示，其中 Force sensor 所量測到的力量值，與期望值比對之後，將工具機主軸高度之期望值，經過光耦合介面，以序列脈波信號傳輸至 CNC 控制器內，利用原點漂移技術，驅動主軸升降，完成力量控制，其程序如圖二所示。有關控制器的設計及起始研磨深度的估計請參閱[3]。

四、研磨實驗設計

研磨實驗設計採用田口法 $L_9(3^4)$ 直交表，如表一所示，實驗參數僅工具機平移速度，及力量之期望值兩項。研磨結果 表面粗度 R_a 之 SN 比值亦顯示於表一，經變異數分析可知最值之實驗參數組合為工具機平移速度 20 mm/min 及力量期望值 0.5N。

最後，本系統在斜面上研磨，研磨路徑是 30mm 長的直線，斜面落差為 0.1mm，實驗結果如表二所示，由此表可知本力量控制系統可顯著的減少力量之標準差值。而其他實驗結果請參閱[3]。

五、使用撓性挾持機構降低拋光力量變化

本研究所使用的拋光系統如圖三所示，其中帶有撓度的拋光機挾持系統固定於工具機主軸之上，在拋光過程中以 Force sensor 從事力量量測。其中帶撓度夾具的詳細設計請參閱[4]。實驗參數採用 L_{18} 田口法設計(請參閱表三)，拋光參數包括工具機平移速度，彈簧常數，拋光機轉速，磨料顆粒直徑，及拋光環種類(銅環或塑膠環)，實驗結果包括拋光力的標準差，及表面粗度 R_a ，亦顯示在表三。這些實驗數據經歸納之後，可得到以下幾點有關表面粗度(R_a)及力量變化的標準差(S_F)的共同

趨勢：(1) R_a 及 S_F 都隨著工具機水平速度減小而降低。(2) R_a 及 S_F 都隨著拋光機轉速增加而減小。(3) R_a 及 S_F 都隨著磨料顆粒直徑減小而降低。(4)在某範圍之內 R_a 及 S_F 都隨著彈簧常數增加而減小，但超過範圍之後兩者都隨著彈簧常數增加而增加。(5) 塑膠環產生較低之力量變化，但銅環產生較低之表面粗度。其他之實驗細節及結果請參閱[4]。

六、結論

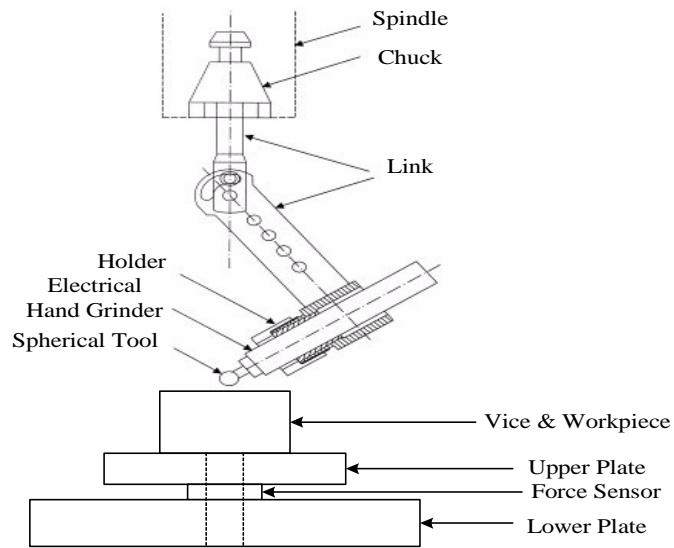
本研究針對模具的研磨及拋光，研磨部分所發展出的力量控制系統係利用工具機原點漂移技術，能夠有效的維持固定的研磨力量。而在拋光方面本研究所設計出的撓性拋光系統，能夠找出最佳的拋光參數，實驗結果得到 5 個有關降低表面粗度及力量變化的趨勢；一般而言，加上適當撓度的確可降低拋光表面粗度及力量變化量。

七、計畫主持人自評

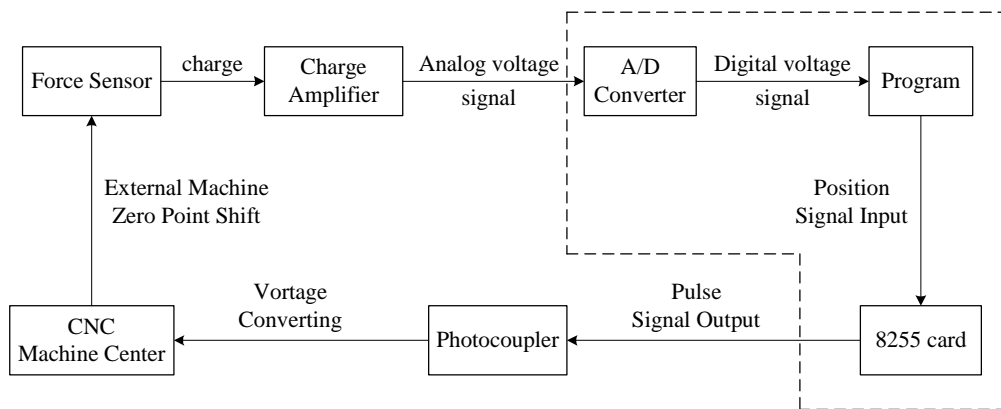
本計畫設計出了研磨力量控制系統，及帶有撓度之拋光力量測系統，並以此兩個系統進行實驗，得到良好效果，此研究計畫產生兩篇碩士論文，研究成果並以投至國際學術期刊發表，研究目標已完全達成。

八、參考文獻

- [1] 林嘉彥，“ 模具研磨過程中之三維力量量測 ”，淡江大學機械工程學系碩士論文，1999。
- [2] 李伯益，“ 撓性挾持機構應用在研磨與拋光之研究 ”，淡江大學機械工程學系碩士論文，1999。
- [3] 陳俊成，“ 研磨過程中之力量變化 ”，淡江大學機械工程學系碩士論文，2000 年 7 月。
- [4] 黃健勝，“ 使用撓性挾持機構以降低拋光力量變化 ”，淡江大學機械工程學系碩士論文，2000 年 6 月。



圖一 研磨力量控制系統



圖二 力量控制程序

圖三 有撓度之拋光力量量測系統

No	Horizontal Feed Rate (mm/min)	Desired Force (N)	Average Force (N)	Standard Deviation of Grinding Force (N)	Surface Roughness R_a (μ m)	SN Ratio for R_a \mathcal{Y}_i

1	20	0.2	0.208	0.116	0.34	9.37
2	20	0.3	0.293	0.173	0.33	9.62
3	20	0.5	0.501	0.256	0.29	10.75
4	40	0.2	0.216	0.216	0.37	8.64
5	40	0.3	0.306	0.187	0.35	9.12
6	40	0.5	0.490	0.227	0.32	9.89
7	60	0.2	0.212	0.131	0.41	7.74
8	60	0.3	0.315	0.183	0.38	8.40
9	60	0.5	0.496	0.246	0.33	9.62

表一 研磨力量控制實驗—實驗設計及實驗結果

Feed Rate (mm/min)	Average Force (N)		Standard Deviation (N)	
	Force Control	Without Control	Force Control	Without Control
20	0.57	1.17	0.38	1.13
40	0.66	1.20	0.41	1.58
60	0.69	1.29	0.49	2.03

表二 沿斜面研磨力量量測結果

Factor Exp. No.	A Pre-Load Depth (mm)	B Feed Rate (mm/min)	C Rotation Speed (RPM)	D Spring Constant (N/mm)	Surface Roughness Ra (-m)	ΔV Ratio
1	0.1	100	15000	0.3	0.15	16.48
2	0.1	70	20000	1.4	0.133	17.52
3	0.1	30	25000	2.45	0.1	20.00
4	0.2	100	20000	2.45	0.117	18.64
5	0.2	70	25000	0.3	0.167	15.55
6	0.2	30	15000	1.4	0.117	18.64
7	0.3	100	25000	1.4	0.1	20.00
8	0.3	70	15000	2.45	0.167	15.55
9	0.3	30	20000	0.3	0.133	17.52

表三 拋光力量量測—實驗設計及實驗結果

