

# 工具機結構溫昇熱變形測試與分析

朱佑泰、吳政憲

E-mail: 9018984@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

近幾年來，工具機朝向高速化、高精度化的發展趨勢，為了達到此目的，工具機主軸轉速與進給速率勢必提高，但速度提高時，所造成的溫昇熱變形，會直接地影響到加工件的加工精度，故本研究首先將使用最佳化設計中的田口實驗計畫法，建立陶瓷軸承主軸以油氣潤滑的最佳供油參數。在進給系統方面，本研究將對於螺桿預加適當的拉應力，以抵抗導螺桿因受熱所產生之熱變形，故在實驗方面將改變進給速率與導螺桿的預拉量，進而討論預拉量與進給速率改變時，導螺桿的溫昇熱變形與床台的定位精度之關係。最後本研究將針對商用型龍門加工中心機，在不同的主軸轉速與進給速率，量測主軸與進給的溫昇熱變形，討論主軸與進給之溫昇熱變形是否相互影響，並且建立主軸熱誤差模型，提高加工件精度。

關鍵詞：油氣潤滑主軸、進給系統、龍門加工中心機、田口實驗法、溫昇熱變形

## 目錄

第一章緒論--P1 1.1 前言--P1 1.2 1.2 文獻回顧--P4 1.3 1.3論文架構--P8 第二章陶瓷軸承主軸以油氣潤滑方式之測試與分析--P11 2.1前言--P11 2.1.1油氣潤滑主軸--P11 2.1.2陶瓷斜角滾珠軸承--P12 2.2影響供油穩定性之參數評估--P13 2.3建立陶瓷軸承主軸之最佳供油參數--P14 2.3.1田口實驗法概論--P15 2.3.2直交表的特性與配置--P16 2.3.3 SN比的意義與目的--P16 2.3.4變異數分析--P18 2.3.5確認實驗--P18 2.3.6實驗結果之分析與討論--P19 2.4陶瓷軸承主軸最佳供油參數之單變數實驗--P20 2.4.1每次噴油量對主軸溫昇影響之實驗--P20 2.4.2噴油間隔對主軸溫昇之實驗--P21 2.4.3空氣壓力對主軸溫昇之實驗--P21 第三章進給系統溫昇熱變形測試與分析--P37 3.1進給系統簡介--P37 3.1.1支持軸承--P37 3.1.2線性滑軌與滑塊--P38 3.1.3滾珠導螺桿與螺帽--P39 3.1.4聯軸器--P39 3.2滾珠導螺桿溫昇熱變形實驗設備--P40 3.3滾珠導螺桿溫昇熱變形量測方法--P41 3.4滾珠導螺桿溫昇熱變形結果與討論--P41 3.3.1無預拉之導螺桿溫昇熱變形結果--P41 3.3.2預拉為150kg-cm之導螺桿溫昇熱變形結果--P42 3.3.3預拉為300kg-cm之導螺桿溫昇熱變形結果--P43 第四章龍門加工中心機溫昇熱變形測試與分析--P62 4.1龍門加工中心機簡介--P62 4.2龍門加工中心機溫昇熱變形量測--P62 4.2.1溫度量測系統--P62 4.2.2熱變形量測系統--P63 4.3龍門加工中心機溫昇熱變形實驗方法--P64 4.4龍門加工中心機溫昇熱變形結果與討論--P66 4.4.1主軸旋轉溫昇熱變形實驗結果--P66 4.4.2進給運動溫昇熱變形實驗結果--P66 4.4.3冷卻系統溫昇熱變形實驗結果--P67 4.4.4主軸旋轉且進給運動溫昇熱變形實驗結果--P67 4.5多變數線性迴歸--P69 4.5.1多變數線性迴歸原理--P69 4.5.2多變數線性迴歸模型--P71 4.6模擬補償--P71 4.7龍門加工中心機溫昇熱變形量測結果與討論--P72 第五章結果與討論--P85 5.1陶瓷軸承主軸以油氣潤滑方式實驗結果與討論--P85 5.2進給系統溫昇熱變形實驗結果與討論--P87 5.3龍門加工中心機溫昇熱變形實驗結果與討論--P88 參考文獻--P89

## 參考文獻

[ 1] 何俊龍, "高精度車床熱誤差及補償研究", 國立中興大學碩士論文,1998 [ 2] MAURER,T.J. P.L. JEAKLE AND C. WILLNER, "SPINDLE LUBRICATING SYSTEM",U.S.PATENT:3, 939,944 [ 3] AOYAMA,T.AND I. LNASAKI, "STUDY OF OIL-AIR LUBRICATION OF HIGH-SPEED BALL BEARING SYSTEM FOR MACHINE TOOL APPLICATION", NAMRCXV PROCEEDINGS 1987,PP.558-564 [ 4] 高志忠, "高速球軸承在油氣潤滑系統下之性能研究", 國立中正大學碩士論文,1995 [ 5] 郭慶祥, "工具機高速主軸之性能測試與分析", 大葉大學碩士論文, 1999 [ 6] 趙相松, "陶瓷軸承主軸單元動特性的實驗研究", 中國機械工程,VOL.10,1999 [ 7] OKUSHIMA, K. ,"COMPENSATION OF THERMAL DISPLACEMENT BY COORDINATE SYSTEM CORRECTION", ANNALS OF THE CIRP,VOL. 24/1/1975,PP.327-331 [ 8] MOSHE BARASH, "THERMAL EFFECTS ON THE ACCURACY OF NUMERICALLY CONTROLLED MACHINE TOOLS", ANNALS OF THE CIRP , VOL.35/1.1986, PP.255-258 [ 9] OPTIZ, H. AND R. NOPPEN, "A FINITE ELEMENT PROGRAM SYSTEM AND ITS APPLICATION FOR MACHINE TOOL STRUCTURAL ANALYSIS" MTD, VOL.13,1972,PP55-60 [10] BRYAN, J., "INTERNATIONAL STATUS OF THERMAL ERROR RESEARCH" , ANNALS OF CIRP , VOL. 39/2/1990 [11] WECK M. AND L. ZANGS, "COMPUTING THE THERMAL BEHAVIOR OF MACHINE TOOLS USING THE FINITE ELEMENT METHOD POSSIBILITIES AND LIMITATIONS", MTD, VOL.16,1975, PP185-194 [12] ARAMAKI ET.AL, "THE PERFORMANCE OF BALL BEARING WITH SILICON NITRIDE CERAMIC BALLS IN HIGH SPEED SPINDLE FOR MACHINE TOOLS" ASME , JOURNAL OF TRIBOLOGY , VOL.110,1988 [13] CHEN, J.S. , "COMPEMSATION OF THERMAL DISPLACEMENT BY COORDINATE SYSTEM CORRECTION " , ANNALS OF THE CIRP , VOL.24 1975 , PP.327-331 [14] NAKAMURA AND

KAKION, "A PERFORMANCE EVALUATION OF PRELOAD SWITCHING SPINDLE" JOURNAL OF JAPAN SOCIETY OF PRECISION ENGINEERING , VOL.60.NO.5 , PP688-692 , 1994 [15] 王榮邦, "CNC工具機加工精度與熱誤差之研究", 國立台灣大學碩士論文, 1996 [16] YUN, W.S., "THERMAL ERROR ANALYSIS FOR CNC LATHE FEED DRIVE SYSTEM" , INT. J. TOOLS MANUFACT. VOL.39 , 1999 [17] 鄧應揚, "工具機進給系統之熱傳分析", 中正大學碩士論文, 2000 [18] 孟令人, "高精度工具機熱變形補償控制技術", 國立台灣大學碩士論文, 1997 [19] 吳政憲、郭慶祥、朱佑泰、余俊德, "工具機油氣潤滑主軸之性能測試", 中國機械工程學會 第十七屆學術研討會論文集, 1999 [20] 田口玄一著, "田口式品質工程概論", 中國生產力中心出版, 1980 [21] 田口玄一著, "田口式品質設計的實驗計畫法", 中國生產力中心出版, 1981 [22] 黎正中譯, "穩健設計之品質工程", 台北圖書公司, PP.63-67 , 1993 [23] 吳宗正, "迴歸分析", 三民書局, PP.75-92 , 1992 [24] 陳景堂, "統計分析:SPSS FOR WINDOWS入門與應用", 儒林書局, 1999 [25] 吳明隆, "SPSS統計應用實務", 松岡電腦圖書資料股份有限公司, 2000