

# Structural improvement and thermal displacement compensation of vertical machining centers

沈建文、吳政憲

E-mail: 9419876@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

Mold industry developed prosperously because of great demand of Taiwan 3C products. It takes much time to cut a mold. Thermal displacement of a machine, which affects machining accuracy of a mold, has always been an important research topic. Design change to reduce thermal displacement will take much time and money. In this research, Finite Element thermal displacement analysis and thermal displacement testing layout had been developed. Both thermal behavior testing and ANSYS thermal analysis had been applied to a vertical machining center, which had established an effective thermal displacement compensation model. Without any design change of machine structures measures of improving mold making accuracy had been proposed. Meanwhile, some improvement recommendations on machine 's spindle headstock design had been given. Before and after design change, machine 's thermal displacement had been measured which was used to verify the effect of given recommendations. The different effect of both experiment model compensation and design change on a vertical machining center had been compared. The result of this paper, which may offer a solution of machine tools thermal displacement.

Keywords : Finishing, Thermal Displacement, Compensation

## Table of Contents

目錄 封面內頁 簽名頁 授權書 iii 中文摘要 v 英文摘要 vi 誌謝 vii 目錄 viii 圖目錄 x 表目錄 xiii 第一章 緒論 1.1前言 1 1.2研究問題概述 1 1.3研究動機與目的 3 1.4文獻回顧 5 第二章 熱變位量測 2.1實驗設備 12 2.2實驗設計 17 2.3實驗步驟 23 2.4測試條件 24 2.5測試結果 28 2.6分析與討論 34 第三章 數值分析 3.1數值分析流程 38 3.2熱分析的基本概念和理論 39 3.3有限元熱模型的建立 46 3.4邊界條件設定 47 3.5數值分析結果 53 3.6分析與討論 55 第四章 加工中心機熱變位建模與補償 4.1立式加工中心機結構特色與熱源分析 57 4.2溫度點佈置 59 4.3數學模型建立 62 4.4熱變位補償模組介紹 67 4.5實機補償驗證 75 第五章 主軸箱體改善之差異分析 5.1主軸箱熱分析 79 5.2新式主軸箱之整機測試與分析 82 5.3差異分析 90 5.4分析與討論 93 第六章 結論 6.1結論 95 6.2建議與未來研究方向 96 參考文獻 97

## REFERENCES

- [1] and Limitations, MTRD, 1975, Vol.16, pp185~194.
- [2] 張立燕, 基於神經網路的數控機床熱誤差補償系統的研究, 北京工業大學, 2004.
- [3] 王建彬, 大陸模具行業發展綜述, 機械月刊, 2004, 第348期pp66~80.
- [4] HAVOR油冷卻機系列操作說明書。
- [5] 王輔仁, 姜維明, 許文憲, 李文陽, 線性馬達工具機用高精度冷卻系統之溫度控制裝置研發, 機械工業, 2005, 第262期, pp221~227。
- [6] 張銘謙, 使用類神經網路之工具機恆溫控制, 長庚大學碩士論文, 2003。
- [7] 孟令人, 高精度工具機熱變形補償控制技術, 台灣大學碩士論文。1997 Bryan, J.B. International Status of Thermal Error Research. Manufacturing Technology (Annals of the CIRP), 1990, Vol.39, (2), pp645~656.
- [8] 朱佑泰, 工具機結構溫昇熱變形測試與分析, 大葉大學碩士論文, 2001。
- [9] 杜正春, 批量數控機床熱誤差實時補償關鍵技術研究, 上海交通大學, 博士後研究報告, 2002。
- [10] Weck M. and L. Zangs, Computing the Thermal Behavior of Machine Tools Using the Finite Element Method possibilities.
- [11] 日本MORI SEIKI NX2000H型錄。
- [12] 陳亮嘉, 電腦輔助切削中自動量測與補償系統研製, 台灣大學機械系碩士論文, 1990。
- [13] 張銘雄, 工具機溫昇熱變形及補償之控制研究, 中原大學碩士論文, 2003。
- [14] 湯耀期, 改善後機台進行主軸溫升熱變位實機測試, 財團法人精密機械研究發展中心成果資料, 2003。
- [15] Okuyama, Shigeki, Okuda, Hiroki, Iwaya, Takeshi, Kawamura, Suehisa, Journal of the Japan Society for precision Engineering, 1997, Vol.63, pp76~80.
- [16] 王榮邦, CNC 工具機加工精度與熱誤差之研究, 台灣大學碩士論文, 1996。
- [17] Yun, W.S., Thermal error annals is for CNC lathe feed drive system, Int. J. Tools Manufacture, 1999, Vol.39.

[18] 亞崴機電股份有限公司提供。

[19] 簡志賢，模具鋼微潤滑切削技術研究，大葉大學碩士論文，2004。

[20] ASME，ASME B5.54-1992:Methods for Performance Evaluation of Computer Numerically Controlled Machining Centers。

[21] www.apisensor.com [22] 方景亮，湯耀期，主軸溫升熱變形補償實機測試報告，財團法人精密機械研究發展中心成果資料，2001。

[23] 張右龍，溫升熱變位補償模組使用說明書，財團法人精密機械研究發展中，2003。

[24] 羅煥茂，感測器，電子技術出版社，2000。