

# 應變計式三軸力感測器之設計分析與最佳化

林福全、劉勝安

E-mail: 9224293@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

切削力是精密機械加工技術中，重要之定量分析數據。蒐集這些切削力數據，對開發刀具、選用刀具、設定加工最適切削條件、設計夾治具或設計機台結構等等各方面皆有甚大助益。本文提出兩種不同形式之三軸力感測器來蒐集這些切削力資料，感測體一為門柱型，另一為十字柱型。本文並對這兩種應變計式三軸力感測器進行最佳化設計。本文使用電腦輔助工程分析軟體之有限元素法及最佳化法作為輔助工具，分析彈性體應力、應變分布及位移情形，決定應變計黏貼之最適位置與方向，推導力與應變的關係矩陣，以期模擬切削用三軸力感測器所能感測負載力大小，並預期感測器之各項特性，期設計產品兼具理論與實際需求而具有實用性。

關鍵詞：應變計，惠斯登電橋，力感測器，最佳化分析，切削力、有限元素

## 目錄

第一章 緒論	1.1 前言	1.2 研究動機與目的	2
1.3 研究目標與內容	2	第二章 理論基礎	2.1 基本力學理論
5.2.2 應變計及惠斯登電橋原理	7	2.2.1 應變計	7
電路	9	2.2.2 惠斯登電橋	7
2.3 有限元素法	15	2.3.1 有限元素所分割之元素	15
2.3.2 有限元素分析處理器	15	2.3.3 有限元素法的優、缺點	16
化理論	19	2.4 最佳化	18
2.4.1 最佳化數學模式	19	2.4.2 最佳化種類及方法	20
2.4.3 最佳化之收斂	21	2.5 感測器之特性指標	24
2.5.1 校準矩陣	25	2.5.2 條件係數	25
2.5.2 靈敏度	26	2.5.3 靈敏度	26
27 第三章 三軸力感測器之模擬分析	3.1 三軸力設計基本構想	3.2 門柱型感測器之設計	28
3.2.1 門柱型感測器彈性體之原型	31	3.2.2 門柱型三軸力感測器分析程式及結果	33
3.2.3 門柱型三軸力感測器性能分析	33	3.2.4 門柱型三軸力感測器設計原型	43
3.3 十字柱型感測器之設計	49	3.3.1 十字柱型三軸力感測器彈性體之原型	49
3.3.1 十字柱型三軸力感測器分析程式及結果	50	3.3.2 十字柱型三軸力感測器設計原型	64
3.3.3 十字柱型三軸力感測器性能分析	50	3.4 三軸力感測器設計結果探討及發現	64
3.4 三軸力感測器設計結果探討及發現	64	4.1 結論	66
4.2 未來展望	68	4.2 未來展望	68
69 附錄A：門柱型彈性體前處理器、解題、後處理器程式	70	69 參考文獻	69
圖示及列示程式	77	72 附錄B：門柱型彈性體最佳化程式、圖示及列示程式	77
77 附錄C：十字柱型彈性體前處理器、解題、後處理器程式	77	78 附錄D：十字柱型彈性體最佳化程式、圖示及列示程式	85
85			

## 參考文獻

- [1] 賴豐言，應變計式壓力感測器最佳化設計，大葉大學碩士論文1998年6月 [2] 王洪業編，傳感器工程，國防科技大學出版社，1997 [3] 卓鴻隆，金屬應變計式六分量力感測器之研究，大葉大學碩士論文，2001年6月 [4] Liu, Sheng A.; Tzo, Hung L., A novel six-component force sensor of good measurement isotropy and sensitivities, Sensors and Actuators A: Physical Volume: 100, 2002 [5] 阮志鳴，具十字柱型結構之六軸力感測器之設計與最佳化研究，大葉大學碩士論文，2002年6月 [6] Kim, Gab-Soon; Kang, Dae-Im; Rhee, Se-Hun, Design and fabrication of a six-component force/moment sensor, Sensors and Actuators A: Physical Volume: 77,1999 [7] Kazuhiro okada, wacoh, Japan, Flat-Type Six-Axial Force-Sensor, <http://www.wacoh.co.jp/paper>. Technical Digest of 11th sensor symposium 1992 [8] 賴明福，人體步態週期運動時雙足受力量測，逢甲大學碩士論文，1996 [9] 雷文邦，輪型六分量力感測器於汽車行進車輪受力量測，逢甲大學碩士論文，1997 [10] 趙魯平，有限元素法於六分量力感測器之形狀最佳設計，國科會研究，1997年7月 [11] ANSYS Element Reference, ANSYS 6.1 Documentation, ANSYS Inc, 2002 [12] 川井忠彥譯，應用有限元素解析，丸善會社，昭和62年 [13] Tirupathi R.Chandrupatla Ashok D. Belegundu, Introduction To Finite Elements In Engineering, Third Edition, Prentice Hall, 2002 [14] Micro sensor technology, SHOWA Measuring Instrument INC. Japan, <http://www.showa-sokki.co.jp/TechnicalNote>, 2003 [15] Strain Gages & Accessories, Vishay Intertechnology, Inc., USA, <http://www.vishay.com>, 2003 [16] 鷺津久一郎、宮本博、山田嘉昭、山本善之、川井忠彥等共編，有限元素法手冊基礎編，培風館，1989 [17] D.j.Dawe著，Matrix and finite element displacement analysis of structures, 劉偉源譯

，結構體的有限元素法，國立編譯館，1992 [18]陳精一，ANSYS6.0電腦輔助工程分析，全華科技圖書公司，2002年11月 [19]陳丁再編譯，機電感測器應用手冊，全華科技圖書公司 [20]夸克工作室編著，有限元素分析基礎編，ANSYS與Matlab，知城數位科技公司，2001 [21]鋁及鋁合金基本特性，AA規格7075，群智鋁業股份有限公司，<http://www.ptm.com.tw/production.htm>，2003