



拓樸結構生成技術 於高性能工具機設計

The Structural Analysis of Topology Optimized Technology
for Machine Tools Design

鄔詩賢

國立中興大學
機械工程研究所
教授

徐淑玲

國立中興大學
機械工程研究所
博士班

邱顯宗

國立中興大學
機械工程研究所
碩士班

廖建智

工研院機械所
智慧機械技術組
工作機械技術部

羅佐良

工研院機械所
智慧機械技術組
研發經理

關鍵詞(Keywords)

- 拓樸 Topology
- 虛擬工具機 Virtual Machine
- 最佳化 Optimization

摘要(Abstract)

2011 年台灣為全球工具機出口國第 4 名，產值為 42 億美元，然而在產品等級上，由於控制器、結構穩定度、剛性/精度問題，仍落居日本、德國，因此不易導入高階市場，因此單機價格亦無法大幅提升。過去工具機結構設計承襲與累積了前人智慧經驗的傳承，師徒制與經驗法則為工程結構設計之主力方法。然而台灣工具機欲邁向 A+等級

追德趕日，則設計理念必然需要有一個徹底的改變。科學導入設計已是必然的趨勢。2012 年工研院機械所執行之工業基礎技術~虛擬工具機技術即整合虛擬切削、拓樸結構生成技術、機電整合多體動力模擬形成一個完整之工具機科學設計法則。本文即在此基礎下建立工具機專屬拓樸分析與自動生成技術之理論與軟體研析。預計 2013 年整體虛擬工具機技術完成後，可以大幅提升國內工具機設計技術與質量的整體改變，期將台灣工具機設計水準提升至國際一級水準。

Export of machine tools of Taiwan is about 4.2 billion U.S. dollars in 2011 and ranked 4 in the world. However, rigidity and quality of machine tools are far behind those produced from both Japan and Germany. Therefore, price of Taiwanese machine tools can not be significantly increased.



And, especially, Taiwanese machine tools are hard to access into the high-tech market in the world. Thus, application of scientific technology to design procedure properly is urgently necessary. In 2012 ITRI/MSL proposal, we contribute a PC-based project to generate design modules on Virtual Machine tools simulation with virtual controller, virtual machining, topology optimization and structural analysis. It is highly expected to complete all modules by 2013, and to obtain a set of useful and technological

1. 拓樸結構生成理論與軟體技術

拓樸最佳化是最佳設計問題中的一門科技，這門科技主要是用來設計結構能發揮最好功效的拓樸型態。拓樸最佳化的目標係針對結構尺寸以及形狀兩者。過去這二十多年來，拓樸最佳化的相關研究成果見諸甚多。綜其源頭，主要是由 M. P. Bendsoe 與 N. Kikuchi 在 1988 年首先提出的拓樸最佳化理論[1-4]，然後有關的數值分析法以及應用的方法也陸續隨風起舞，至今不斷[5-12]。直至今日，拓樸最佳化設計問題的重心都是置於材料分佈的原則上。其間，比較具有代表性的方法有 homogenization method (HM) 以及 variable density method (VDM) 兩種。

HM 的策略是先設定一塊區域裡有許多極小的格子(Cell)，然後使用 homogenization 理論計算出每一個小格中的材料特性。最後經由這些材料分佈來解出最佳的拓樸型態。但是由於 HM 只是

處理材料中的近乎質點的問題，並無法產生結構製造所期的型態。因而在工程界上就取其精髓而研發出了 VDM。

VDM 並不考慮結構分子，而把最佳化的重點置於材料分布密度與特性的關聯上。由於 VDM 的基本理論與公式簡單易懂，對工程界來說是一個很吸引人的方法。在眾所發表的成果中，尤其有一種稱為 Power-law approach 的分析過程，在實際結構設計上廣為工程研發人所採用。到目前為止，VDM 已經被研發到可以接受多束制、多材料、以及多負載的地步，使得這個方法的實用價值變的更高。

在工程結構設計方面，當我們把 VDM 加上 Power-law approach 並且導成有限元素數值公式，使用有限元素法的解析過程，再加上適當的設計過濾以及靈敏度分析兩大過程，最後就產生了時下非常有名的結構最佳化演進法 (Evolutionary Optimization of Structures, EOS)。

在工程結構中，通常會希望結構能輕量化，以降低製造成本增加利潤。在此要求下結構系統又必須滿足各種限制條件。如果依據傳統的設計經驗進行結構設計，很難同時達到各種限制條件的需求。目前最佳化設計的理論發展已經相當成熟，且已經應用到各個設計領域。在工程結構設計的領域中，尺寸、形狀以及拓樸最佳化是最具代表的最佳化設計方法和技術，其中拓樸最佳化能自動計算出最佳結構的外型，此外型往往突破傳統的設計理念，可啟發設計人員的思維來建立最佳性能的結構。

從物理學的觀點上來說，勢能 (potential energy) 是當一個物體或是一個系統產生變形或是

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】360期・102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

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw