

切削殘留應力預測與量測技術

Technology for Prediction and Measurement of Residual Stress Arisen from Cutting Process

林彧甫^{1*}、洪正翰¹、蔡銘芳¹、黃昆明²、張皓鈞³、李榮宗⁴

¹ 金屬中心 精微成形研發處 模具組

² 金屬中心 執行長特助

³ 國立中山大學 機械與機電工程學系

⁴ 國立中山大學 機械與機電工程學系 教授

前言

工件在製造過程中，因為鑄造 / 沖鍛成形、焊接或切削加工等程序，往往會在工件內部形成殘留應力的存在，而該應力的存在，容易造成工件的尺寸精度變差、疲勞強度降低及表面容易產生微龜裂的現象。此議題普遍在業界中皆被公認為很重要的議題，但卻往往不知道該如何去避免及量測掌控工件的殘留應力。

切削殘留應力預測與量測技術

金屬中心針對工具機產業較常使用的 FC300 灰鑄鐵材料，探討其加工過程的行為模式，透過電腦輔助工程 (Computer Aided Engineering, CAE) 的分析技術，來進行加工殘留應力的數學模型建構，並使用 X-Ray 儀器來進行鑄件的非破壞式殘留應力量測，經由反覆修正數學模型與量測數據回饋，建構出更具準確度的模擬預測系統。

加工殘留應力的模擬預測模型建構：

工具機鑄件的加工製作，通常會在精加工道次之前，進行殘留應力的消除製程 (消除手法不外乎使用溫度循環或者機械震動兩種方式)，而進入到精加工的程序後，如何掌控與避免精加工製程所產生的加工殘留應力為本技術開發的重點。本技術主要探討研磨加工過程中，因為不同的切削行為 (切削速度、加工深度與冷卻方式) 會對被加工件產生不同熱量之輸入影響，透過數學計算

模型的建構，來描述這些加工熱源行為模式，進而完整掌握材料於被加工過程所發生的變化。

在磨削加工時，利用每單位體積極高能量去移除材料的表面層，加工時大部分能量轉換為熱量，這些熱量集中在砂輪與工件相互作用的研磨區域，導致產生不均勻的高溫並造成固態相變態，這種快速加熱和冷卻的結果造成包括熱影響區 (Heat Affected Zone, HAZ) 的形成、殘留應力的產生、材料的可能收縮或破裂。大多數材料的相變態會引進體積改變，相變態之塑性變化和機械性質的改變，當有效應力超過降服強度時，局部塑性流動會發生，所有這些因素相互作用並最終導致改變材料內部的應力 / 應變場。

研磨切削的行為過程，因砂輪為多刃隨機分布且不可描述的特性，故本技術採用單刃磨粒切削的方式來簡化複雜的研磨切削行為，建構一個探討 FC300 灰鑄鐵在磨削過程中發生的內部應力分佈的有限元素模型，該模型考慮了與雪明碳鐵相關的變態應變以及與溫度有關的材料性質，分析 Peclet (Pe) 數、無因次熱流係數 (H) 和輸入熱通量 (Q) 對溫度分佈及對微觀組織和殘留應力狀態的影響。由初步模型建構與模擬計算的結果得知：本技術所使用的有限元素模型與 Jaeger's 移動熱源理論的誤差在可接受的範圍內見圖 1 所示。

殘留應力的非破壞式量測：

機械加工殘留應力的存在，不僅影響工件的加工精度，且影響其性能和壽命。充分了解殘餘

更完整的內容

詳見 ■ 機械工業雜誌 ■ · 426 期 · 107 年 9 月號

機械工業雜誌 · 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

匯款帳號：兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)，帳號/ 203-07-02288-0

訂書專線：03-591-9339

傳 真：03-582-2011

機械工業雜誌 · 官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌 · 信箱：jmi@itri.org.tw