扣件參數化設計及成形負荷快速評估系統

Parametric Design and Forging Load Prediction System for Fasteners

吳國鼎 [1*]、張婉琪 [2]、許進忠 [3]、余征誠 [4]

[1] 金屬工業研究發展中心 金屬製程研發處 金屬成形組 副工程師

[2] 金屬工業研究發展中心 金屬製程研發處 金屬成形組 工程師

[3] 國立高雄科技大學 模具工程系 特聘教授

[4] 國立高雄科技大學 模具工程系 博士後研究員

摘要：本文提出扣件多道次製程設計及成形負荷預估方法，以快速評估產品成形負荷並提供成形曲線以做為調模參考。經由上界限法與厚壁圓環理論建立扣件成形負荷及模具應力預測，依據不同螺栓類產品幾何參數，自動產生標準成形製程並比較各道次負荷，由模具應力預估進行應力環最佳干涉量設計。以 M6 螺栓鍛造為例，經由 FEM 分析比較負荷估算誤差皆小於 10%，並可快速預測各道次成形負荷及最佳應力環設計參數，可提供適當的機台選用參考，本系統可提供設計工程師快速評估製程設計，累積成形設計經驗，縮短設計的時程，提升產品開發速度。

Abstract：Methods of the multi-pass forming process design and forging load prediction are proposed in this paper to predict the forming load and to provide load curve as die adjustment for fastener industry. The forming load and the die stress analysis were generated via the upper bound method and the thick-walled cylinder theory, respectively. The standard forming process and load predictions were generated automatically according to the specified bolt geometry, and the optimum interference amount of the compression ring was calculated. A M6 bolt was taken to present the proposed system. The comparison of the load predictions with the FEM simulation results showed 10% deviation which is good enough for industry applications to estimate load requirement in the compression ring design. The proposed methods and the developed system were capable of helping engineers to evaluate new process design, build up forming experience, and shorten the product development time.

關鍵詞：快速評估系統、上界限法、厚壁圓環理論

Keywords：Fast evaluation system, Upper bound theory, Thick wall cylinders theory

前言

螺栓製程為一種連續的螺栓成形方式，一般分為下料、頭部預成形、頭部成形等依成品增減道次數，利用盤元或棒材為基材，先將金屬切斷，並運用各道次沖頭衝壓，將材料擠至模具內，再進行熱處理、電鍍等表面工序。

於成形模擬、上界限法、應力環設計、快速評估的相關文獻 : 1. 成形模擬 : Sheth 等人 [1] 運用 FEM 與理論的方式進行鍛造負荷預估，再將結果與實驗進行比較，FEM 運用 LS-DYNA 預估鍛造負荷，理論則運用切片法計算，最後理論與 FEM 相較下理論成形負荷預估較 FEM 高，但仍然在可接受範圍內。Sheu 等人 [2] 使用二維、三維有限元素分析及形狀複雜度預測在剖面上材料的流動以及鍛件的變形細節。2. 上界限法分析 : C. H. Lee 等人 [3] 推導出用於考慮鼓脹量的圓環壓縮試驗速度場。R. Ebrahimi 等人 [4] 提出用於有鼓脹量的圓

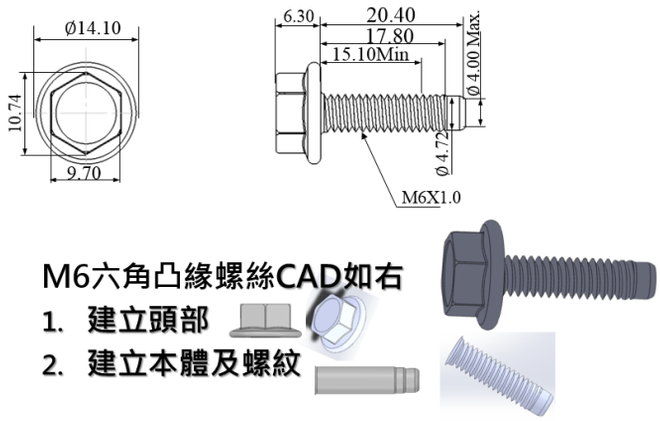


圖 1 產品尺寸與規格

柱壓縮試驗上界限分析，並推導出在各式摩擦條件下所對應的鼓脹量最佳化。3. 應力環設計 : 應力環設計常使用厚壁圓環理論為基礎預估應力環干涉面直徑與干涉量 [5]。一般透過 Tresca 降伏準則可預估出模具的最大承受內壓力，預估適當的干涉面直徑與干涉比，作為設計應力環之依據 [6]。Frater[7] 以厚壁圓環理論與有線元素軟體模擬的結果作比較，研究結果顯示，在平面應力狀態時可以準確地預測模具應力狀態。4. 快速評估系統 : Gangopadhyay 等人 [8] 開發基於電腦軟體運算與模糊理論的專家系統來預測鍛造負荷與軸向應力的趨勢，測試的結果與現有文獻中的實驗相比較後結果相當。Donzella 等人 [9] 考慮室溫與鍛件、模具的彈性與彈塑性後對拔模力進行研究，並基於上述條件建立一拔模力理論模型與實驗比對，結果顯示僅有 7% 的誤差。Myung 等人 [10] 藉由機械零件中的參數模型建置以及專家系統設計出整合系統，此系統有著專家系統的外部運算，再將設計資料庫以及參數模型作為核心。

本文以六角凸緣螺栓作為研究對象，以螺栓成形負荷、模具應力預估、應力環設計作為研究目的，進行各道次螺栓設計及理論解模型建立。

螺絲產品、成形工法參數化設計

1. 產品幾何

本研究產品為具凸緣之六角螺栓，其尺寸為 M6x20.40 mm，六角對邊寬度 9.70 mm，凸緣直徑 14.10 mm，六角頭端和凸緣高度合 6.30 mm，螺栓直徑 6 mm 及端部長度 20.40 mm，產品設計具與規格如**圖 1** 所示。

2. 道次設計

由**圖 1** 將載具進行各道次鍛胚預成形設計，分為：(1) 下料 (2) 頭部預成形 (3) 頭部成形 (4) 頭部六角成形 (5) 凸緣成形，等共五個道次，如**圖 2** 所示。再以體積不變 (1015.97 mm^3) 進行設計，模

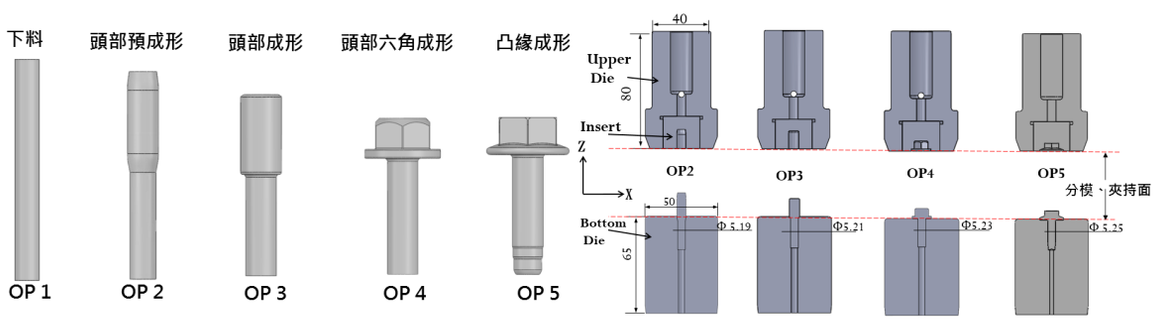


圖 2 螺栓成形道次設計與模具剖面圖

更完整的內容

詳見 ▌機械工業雜誌 ▌ • 441 期 • 108 年 12 月號

機械工業雜誌·每期 220 元·一年 12 期 2200 元

線上訂購網址：https://www.automan.tw/magazine/orderMag.aspx

▌付款方式▌

1. 郵局劃撥—戶名：財團法人工業技術研究院機械所　帳號：07188562
   請於劃撥單的通訊欄寫明：購買期數、金額等
2. 匯款資料—兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)
   帳號：203-07-02288-0　戶名：財團法人工業技術研究院
3. 信 用 卡—請填寫信用卡訂購單

麻煩您將**繳款收執**或**信用卡刷卡單**傳真至(03)582-2011，我們會盡快處理您的訂單並開通權限，再次感謝您的支持與愛護。

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

機械工業雜誌 優/惠/訂/購/單

訂閱一年 12 期

$ 2200 / 續訂戶 $ 2000

好禮二選一

A 史欽泰墨寶帆布袋

B 工研院機械所無人車USB (8G)

訂閱紙本+電子雜誌

$ 3000 ~~原價 $ 4400~~

一年12期

贈送

A 史欽泰墨寶帆布袋

訂閱二年 24 期

$ 4000 / 續訂戶 $ 3600

好禮四選二

A 史欽泰墨寶帆布袋

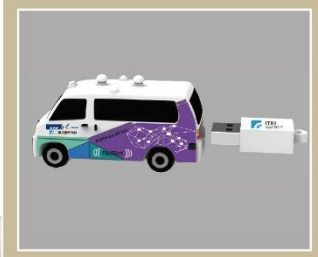
B 工研院機械所無人車USB (8G)

C 工具機叢書任一本

D 智慧機械人叢書任一本

限量專屬精品送給您

A



B

C

D