

內藏式主軸冷卻流道設計研究

Design and Research of Cooling Channel for Built-in Spindle

李坤穎*、魏士傑、羅世杰、廖彥欣

工研院智慧機械科技中心 智慧機械技術組 工作機械技術部

前言

主軸為工具機的核心元件，主軸的性能如熱穩定、剛性、結構設計...等，影響著最終的加工精度表現。近年來，隨著內藏式主軸轉速的提昇，使得主軸內部的軸承摩擦扭矩也隨之增加，軸承發熱變大；而在主軸高速運轉時，主軸馬達的輸出功率變大，馬達的鐵損及銅損也隨之增加，馬達發熱亦跟著變大，故內藏式的主軸主要熱源來自於軸承的摩擦熱及馬達的功率損耗。內藏式主軸的軸承元件及馬達是設計在密閉式的系統中，散熱不易，現行的方法都是使用冷卻機進行內部散熱的動作，所以如何散熱或有效將熱源移除將是重要的一門學問。本研究建立高精度的多重物理耦合分析去比較不同的內藏式主軸冷卻水套型式對於主軸內部溫昇狀況及主軸變形量，然後利用實驗設計方法 (Design of Experiment, DOE) 進行尺寸最佳化的分析，找出冷卻流道尺寸最佳的設計型式，達到冷卻流道設計最佳化的目的，其溫度降低 25.9°C，冷卻效率可以提昇 57.6%。

工具機內藏式主軸冷卻流道設計研究

在現行的主軸上，大多採用油冷流道的方式，而國外對此流道的設計也成為了減少熱誤差的主要技術項目之一。為了降低主軸的熱源，國外許多的研究是透過主軸冷卻水套設計或使用模擬分析方法優化主軸冷卻水套尺寸，甚至考慮到冷卻

水套內壁表面粗糙度增加熱傳導的方式來提昇主軸冷卻效率，降低熱源的影響來提昇主軸精度。本研究利用模擬分析軟體進行尺寸最佳化的分析，針對前軸承的三圈並聯式冷卻水道的尺寸，在相同的冷卻流量、溫度及流體傳熱係數時，其前軸承冷卻流道尺寸最佳的設計型式，達到冷卻流道設計最佳化的目的。將內藏式主軸的前軸承冷卻水套後並簡化其模型以利分析後，再定義出冷卻水套的寬度及高度尺寸為關鍵設計參數，**圖 1(a)** 為前軸承水套關鍵尺寸及最佳化分析結果，主要為並聯式冷卻水套的流道寬度 (W) 及高度 (H) 定義。

最後得到的前軸承冷卻水套最佳化尺寸的結果比較如**圖 1(b)** 所示，透過尺寸最佳化的設計，冷卻水套壁溫比原廠設計水套降低 25.9°C、比單純水套流道改善更降低了 7.1°C。

結論

本研究針對內藏式主軸的冷卻水套進行多重物理耦合模擬分析並利用實驗方法設計冷卻水套的關鍵尺寸達到最佳化設計目的，分析結果主軸水套壁溫能有效改善，透過冷卻水套的設計比較後，前軸承的水套壁溫的溫度減少 18.8°C、30.7%，而馬達的水套壁溫的溫度減少 7.5°C、14.7%；而在冷卻水套的最佳化設計中，利用實驗設計方法 (DOE) 使用中央合成設計實驗 (CCD,

更完整的內容

詳見 | 機械工業雜誌 | • 442 期 • 109 年 1 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