

機體同溫制御綜合加工中心機

計畫目標

工具機的熱源主要來自於主軸、進給系統及周圍環境，三個熱源中通常以環境溫度對機器精度的影響最大。為了有效抑制環境溫度如輻射熱造成機器上半部與下半部的溫差，本計劃擬採用機體同溫制御冷卻系統，使基準面溫度控制在 $+0.2^{\circ}\text{C}$ 範圍，並有效地在主軸頭鑄件內部作循環冷卻，讓熱變位減至最小，確保穩定的加工精度。

執行成果

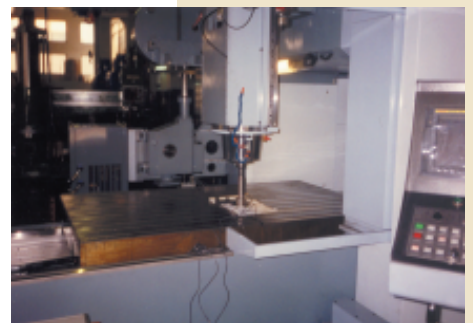
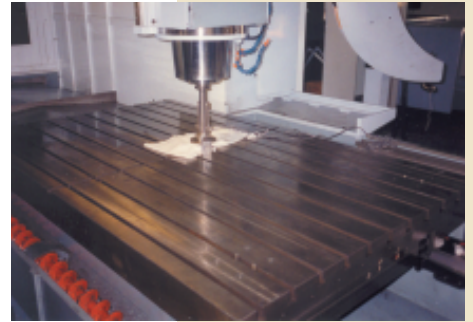
機體同溫制御加工中心機測試條件與規格說明

1. 空轉(依 ASME B.54 測試程序 B 之運轉條件)，以主軸最高轉速的 75% ，即 9000rpm 連續運轉八小時後，以位移計量測主軸溫昇熱變形量，目標值為 0.015~0.02mm 。
2. 切前(依 ASME B.54 測試程序 C 之運轉條件)切削前以主軸最高轉速的 75% 即 9000rpm 連續運轉 1 小時後，以位移計量測主軸溫昇熱變形量，目標值為 0.015~0.02mm 。
3. 行程及精度規格（以雷射干涉儀器量測）
X 軸行程：1940mm；定位精度 $\pm 0.0025\text{mm}$ ；重複精度 $\pm 0.0012\text{mm}$
Y 軸行程：1200mm；定位精度 $\pm 0.0025\text{mm}$ ；重複精度 $\pm 0.0012\text{mm}$
Z 軸行程：700mm；定位精度 $\pm 0.0025\text{mm}$ ；重複精度 $\pm 0.0012\text{mm}$

新產品 / 新技術簡介

由於製造與控制技術的進步，切削中心機的精度日益提昇，並強調其擁有的精確度與重複精度與控制器的精度補正功能，切削中心機其所依循的檢測規範卻多為機器在空載狀況(無切削與無工件負載)下動作的檢測結果。然而機器實際進行切削加工時，不僅要考量切削力與工件重量、工件與工作臺移動產生的慣性力、機件相互運動產生的摩擦力、迴轉產生的離心力、還有切削與機台運動時產生的熱、振動與週遭環境的影響等等多項複雜因素，均會影響到加工機器與工件的精度。因此單純的認為依循檢測規所得的檢驗結果與運用控制器的精度補正可以確保工具機加工時的精度是不符合現實的結果。

事實上機器的精確度應是來自於機台本身的基本結構，試想機器在重負載下欲維持高精度，所倚靠的便是機器本體的結構與精密的剷配與組裝技術所得的結果。而應用此一理念製造的工模搪床可以達到三度空間(三軸)的精確度，而切削中心機則較為困難。因此將傳統工模搪床結合高精密陶瓷軸承、高速內藏式主軸、油氣潤滑系統、中空冷卻的三軸滾珠螺桿、高解析度的伺服控制器等工具機精密組件並應用有限元素分析的結構動態最佳化設計與機體同溫的制御技術，再搭配自動刀具交換裝置，具有精密度、穩定性、可靠度與自動化等多項優異的性能，可應用於要求極高精度與穩定性的產品量產環境與提升生產力的切削加工場合。



■技術合作單位

技術合作單位名稱：無

技術合作項目：無

■成果應用領域

本產品具有以下的特點：

1. 切削加工應用範圍大(廣域的加工範圍)。
2. 機器的靜、動態精度高。
3. 機器長期運轉仍能維持極高的精度。
4. 機器運轉時穩定性良好。
5. 切削成品尺寸與表面精度高。
6. 可進行複雜曲面的加工(具 NURBS 曲面加工功能)。
7. 較高的加工效率。
8. 價格合理(較國外同級產品便宜 2 ~ 3 成)。

由於具備上述特點，本產品主要應用在模具與航太、工具機和相關產業精密產品的加工，而使用模具的產業則包含了電子及家電類的資訊硬體、半導體、消費性電子、家電產業，運輸工具類的汽機車、自行車產業以及塑膠、製鞋、醫療器材等等多項民生工業，均是我國發展極為蓬勃的產業，不僅應用範圍相當廣泛，關聯產值亦極為龐大。

此外，因應我國 3C 產業(Computer、Communication、Consumer electronic)的蓬勃發展，對於輕合金加工機與模具加工機等生產機具需求龐大，高明機體同溫制禦的加工中心機具有高速加工、高精度、高穩定性的優異性能與合理的價格，非常適合 3C 產業的加工需求，對國內廠商又可提供便捷的售後服務與技術支援。應可提高國內廠商採購與使用意願。



■專案執行重要心得

1. 學習到的新技術:熱源的掌控

對於熱源的掌控技術確實不是那麼的單純，除了機器本身運轉所產生的熱源(包含主軸的運轉、三軸進給系統的快速移動)及組裝的平行度、垂直度、定位精度都有相互影響的關係，及環境溫度對機器的影響，除非是將機器放置在恆溫空調的廠房裡面，否則大致上廠房空間內依機器的外觀而言於機器運轉時，主軸頭區域的溫度一定比底座、工作台區域的溫度高(因熱對流原理，冷氣下降，熱氣會上升的緣故)。

2. 突破技術

對稱式設計的主軸頭鑄件內部設計為密閉式的空間通路，除了可加強主軸頭的剛性外，又可以作為冷卻水循環的通道，冷卻水由上而下，由左而右形成一個水流循環迴路，而將熱量帶走，然而又如何能比對讓主軸頭區域的溫度和底座工作台區域的溫度趨於一致，這時，我們學到將機體同溫制禦冷卻系統的其中一個感測溫度 sensor 置於床身，其中另一個溫度 sensor 置於冷卻系統出口處，讓這 2 個溫度 sensor 有比較的依據，當然經過層層的測試，才能得到確實的效果，故我們採用的機體同溫制禦冷卻系統能有效的控制主軸頭上方鑄件表面，即基準面溫度控制在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 範圍，讓主軸頭之熱變位減到最小。