



高速氣靜壓主軸之多孔質徑向軸承性能分析

Performance Analysis of Porous Media Radial Bearing for High Speed Aerostatic Spindle

¹ 郭宇傑 / ¹ 林玉堃 / ¹ 陳佳盟 / ¹ 蘇濬賢 / ² 翁士傑 / ¹ 徐紹煜

¹ 工研院機械所 先進製造技術組 精密光電設備部

² 國立台灣科技大學 機械工程系 研究生

摘要：高速氣靜壓主軸應用於高精密機械工業，有別於國內先前的開發案採用微孔式氣靜壓軸承，本研究選用承載能力更高的多孔質氣靜壓軸承，欲了解多孔質徑向軸承的性能，以單一柱塞之簡化模型來研究局部多孔質徑向軸承的氣隙壓力，應用有限體積法及壓力與速度耦合之技術，藉由計算流體軟體分析在不同氣隙厚度及邊長的情況下的氣隙壓力分佈及平均壓力，以瞭解該等參數之變化對軸承性能之影響。

Abstract : High speed aerostatic spindle can be utilized in high-precision machinery industry. Different from using the micro-hole aerostatic bearing in the previous domestic-development cases, we choose “porous media aerostatic bearing” as our topic because of its higher carrying capacity. In order to study porous media radial aerostatic bearings, single plunger is used as a simplified model to investigate the air gap pressure of porous media aerostatic bearing by applying the volume method and pressure-velocity coupling method. Through the analysis and simulation of pressure distribution and average pressure of various thicknesses and lengths of air gap, we are able to understand the effects of those parameters upon aerostatic bearing.

關鍵詞：多孔質氣靜壓軸承、氣靜壓主軸、多孔質徑向軸承

Keywords : Porous Media Aerostatic Bearing, Aerostatic Spindle, Porous Media Radial Bearing

前言

隨著現代科學技術的發展和要求的提高，在需要高精度高速的技術領域，如印刷电路板生產設備、高精度測量、高速運動，滾動軸承難以達到要求。但是空氣軸承潤滑介質是空氣，無摩擦力的產生，對精度影響甚小，並且應用範圍也越來越廣。

空氣軸承可分為氣動壓軸承及氣靜壓軸承。氣

動壓軸承利用高速度旋轉帶動氣膜產生，不需外界壓力氣源，由於獨特的空氣動力學方面的設計，在高速相對運動中，產生壓力氣膜，形成承載能力；氣靜壓軸承利用壓力空氣從節流器噴出，在氣膜處形成穩定的壓力氣流，使得軸承氣膜保持一定的壓力，形成承載能力。

國內氣靜壓主軸軸承通常以微孔進行節流，高轉速時，微孔節流式之氣靜壓軸承容易因為動壓效



應產生不穩定現象；對於要求表面精度達到鏡面加工之氣靜壓主軸，此不穩定現象將造成加工表面之振紋，因而無法達成鏡面與超精密加工之效果，甚至造成主軸損壞。為此本研究導入以多孔質材料製作氣靜壓主軸軸承，提升氣靜壓主軸軸承之承載能力與穩定性。

多孔質氣靜壓軸承系統

工研院機械所於多孔質氣靜壓軸承技術深耕多年，以多孔質陶瓷材料製造及多孔質陶瓷材料粉體微細化(micronized powder)技術，建立以陶瓷為基底材料的耐磨耗元件，提供高精密運動平台及高速鑽、銑、切割與研磨的氣靜壓主軸之多孔質氣靜壓軸承。對於多孔質氣靜壓軸承系統的相關發展近況如下：

1. 氣靜壓軸承之工作原理及分類

氣靜壓軸承是藉由外部供壓系統強制地把高壓的氣體送入軸體與軸承面的間隙之中，利用流體靜壓力來承擔負載的一種軸承，系統中包含有供氣系統、節流器、軸承本體與支承元件，如圖 1，氣靜壓軸承的氣源多數來自大氣中的空氣，由於空氣中含有固體雜質和水氣，而且空氣經由壓縮機壓縮，汽缸的潤滑油蒸汽又帶入壓縮空氣中；同時活塞式空氣壓縮機所提供的氣體壓力並不穩定，易使軸承的承載能力和剛性產生波動。因此供給軸承的

氣體需進行乾燥、穩壓和過濾[1]。

節流器之功用在利用其阻抗消耗供氣壓力之能量，使節流器出口壓力小於供氣壓力，用以調整氣室壓力，以平衡軸承外加負荷之變化。氣靜壓軸承裝置節流器之後，軸承間隙內的氣膜就像一個預壓彈簧，負荷大時就縮短，負荷小時就伸長，氣膜厚度與氣室壓力存在一定關係。節流器是使氣體靜壓軸承具有承載能力的重要壓力補償元件，而氣靜壓軸承的節流型式分為微孔式、狹縫式與多孔質式三種[2]：

- (1) 微孔式：氣體流經微孔後形成壓力降的節流裝置稱之，如圖 2(a)，氣體從微孔節流孔流出並擴散開來，然後沿著軸向流到軸承的兩端面
- (2) 狹縫式：氣體流經狹縫而形成壓力降的節流裝置稱為狹縫式節流器，如圖 2(b)、圖 2(c)。狹縫可以是分段的，也可為連續，且寬度很窄，屬於細長形的氣袋，由於橫截面積小，因此在計算時，通常認為流經狹縫的氣體是具有黏性的，且為等溫過程。
- (3) 多孔質式：多孔質材料通常由金屬或者非金屬小顆粒燒結而成。氣體由氣源經顆粒間大量孔隙改善了空氣流動的均勻性，再流至軸承工作面而形成壓力的節流裝置稱為多孔質式節流器，如圖 3，承載效果優於微孔式和狹縫式氣靜壓軸承[3]。

氣靜壓主軸需要兩種不同承載方向的軸承，可

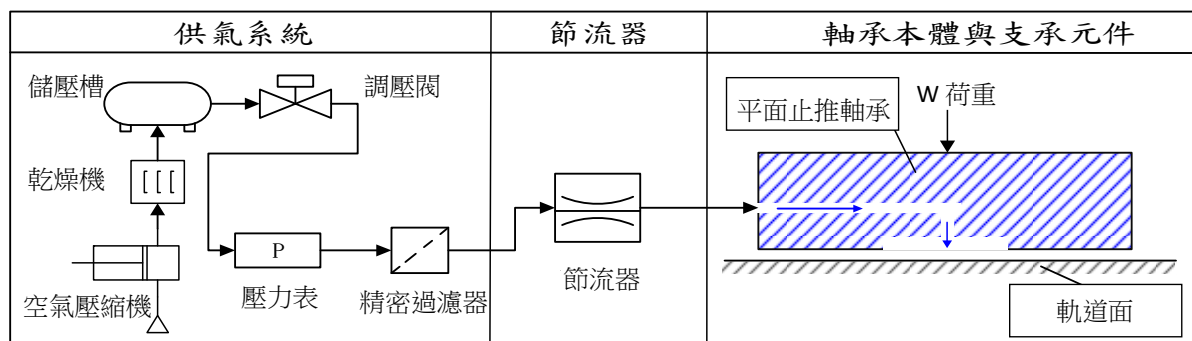


圖 1 氣靜壓軸承系統之組成

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】414期・106年9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

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw