

第一章 緒論

1-1 前言

齒輪為機械系統與結構中非常重要的元件，幾乎所有常用的機械其內部構造都少不了齒輪之存在。舉凡動力機械與工作機械間之動力傳遞，也均需由齒輪傳動居間扮演重要角色。因此，如何設計與製造出符合功能要求的齒輪傳動系統，成為機械設計與製造者相當重視的課題。

齒輪設計上較常使用的共軛齒形曲線有漸開線、圓弧曲線以及擺線。而漸開線形齒輪因具有下列優點，已成為現今齒輪傳動系統中，使用最廣之代表性齒輪：

1. 可由直邊刀具創成而得，齒輪在製造加工上較為容易，刀具製造之精確度也較容易達到。
2. 裝配上只要配對齒輪的模數與壓力角相同即能完全正確嚙合，齒輪之互換性佳。
3. 中心距允許略有變動而不會影響齒輪嚙合運轉的轉速比、平滑性以及正確性。

齒輪的製造方法有很多種，大致可分為切削加工成形法與非切削加工成形法兩種。切削加工法包括有滾齒、刨齒、齒輪銑製、線切割及齒輪拉製等。而非切削加工法則包括鍛造、壓鑄、射出成形以及粉末冶金(Powder Metallurgy)法等。傳統的齒輪製造方法多以切削加工為主，但是以切削法製造之齒輪，不只費時、切削廢屑多，且有製造成本高和無法大量生產等缺點，所以現今許多齒輪使用者及製造商已逐漸改用具有省材料、省製程、低成本、精尺寸等優點的粉末冶金法製造齒輪。另外粉末冶金法隨著材料科技的發展，技術層次日新月

異，大幅地提昇了粉末冶金齒輪的機械性質，使得粉末冶金齒輪之市場擴展迅速。

齒輪於實際製造時，齒面的幾何形狀誤差幾乎是難以避免的。因此，齒輪組在傳動時會有傳動角度上些微的誤差，此即所謂的傳動誤差 (Transmission Error)。傳動誤差不但會降低齒輪組傳動效率，亦會產生振動、噪音及縮短齒輪使用壽命。至於齒輪幾何形狀誤差主要包含齒形誤差、導程誤差、節距誤差及齒厚誤差四種，而粉末冶金正齒輪又以齒形誤差最為顯著，齒形精度平均約在 JIS 5 級至 6 級，導程誤差則很小，其精度幾乎都在 JIS 0 級以內。粉末冶金的製程繁複，生產時可視產品的需求進行不同的工程，而粉末冶金造成齒輪齒形誤差的原因相當多，本文僅針對粉末冶金中的銅熔滲製程對齒形誤差之影響加以探討。



1-2 文獻回顧

早在人類學會熔鐵、鑄鐵之前，已經使用粉末冶金方法了。最早於紀元前 3000 年，埃及人用粉末冶金技術製造海綿鐵器，古代印加族人則以金屬粉末製成裝飾品與工藝品。在工業上，大量生產粉末冶金零件，可以追溯至 1910 年 Coolidge 成功製造出韌性鎢絲（鎢絲熔點為 3387°C ），從此便奠定了近代粉末冶金之基礎。

針對粉末材料、成形技術到燒結理論的相關研究及論文相當多。粉末材料方面，Gummesson[1]曾提出水霧化技術及粉末特性方面的研究；Kuczynski[2]從原子移動機構的角度來分析燒結現象，推導出兩個粉末球體結合初期之頸部大小，在某特定溫度下與時間的關係。成形工程方面，由於粉末並非如流體受壓力時，壓力在模具內各點均相等，所以有許多學者均曾針對壓胚內部密度及壓力的不均進行研究。

燒結理論方面，從最早 Sauerwald 於 1922 年研究燒結現象開始，到後來微觀粉粒頸部成長之方程式的提出，以及整個燒結爐特性的分析等都有詳細的研究與資料。

關於以粉末冶金所製造之齒輪為研究對象的論文較少，交通大學機械研究所的張宏彬[3]以及陳錦盛[4]分別於 2002 年和 2003 年對粉末冶金正齒輪精度改善進行研究。前者在固定之製程參數下，對於齒形誤差進行一系列的實驗，提出齒形變異趨勢、齒面變異敏感度分析及模具齒形之補償修整等。而後者則分別針對不同的生胚密度與燒結溫度，加以探討其對粉末冶金件正齒輪精度之影響，並且建立齒形誤差曲線之數學模式與齒形誤差曲線圖。

1-3 研究方向

本研究將針對應用最廣的漸開線形正齒輪，以田口(Taguchi)實驗法來探討粉末冶金製程中之銅熔滲對齒形精度的影響，尋找出製程參數的最佳組合，並且分析出有效之齒形修整參數，作為日後粉末冶金齒輪成形模具設計之參考，以期能提高粉末冶金製造齒輪之精度。

首先，應用 Litvin[3,4]所發展之齒輪原理，推導出漸開線形正齒輪之齒形數學模式，再根據所推導之齒形數學模式，進行電腦模擬齒形變異分析，並與田口法所獲得的實驗結果進行比對，以獲得銅熔滲製程中不同參數對齒形變異趨勢及齒輪參數的影響，並藉由創成法推導出齒形修整參數，以做為模具設計補償修整的參考。

至於本研究所要探討之主題，茲臚列如下：

(1) 探討銅熔滲製程對於齒形變異的影響

採用台灣保來得(Taiwan Porite)公司所提供之粉末冶金製程設備及生產條件進行田口實驗，追蹤齒輪精度在各工程中的變化情

形，以求得在不同之原料、生胚密度、含銅量及燒結速度等參數下之最佳組合。

- (2) 同時比較不同混合方式之粉末與生胚密度，對於齒輪機械性質之影響。

以下為本論文各章節的內容大綱：

1. 第一章為緒論。主要是對齒輪製造方法和粉末冶金齒輪作一簡短介紹、相關之文獻回顧及研究方向之說明。
2. 第二章為漸開線形正齒輪之齒形數學模式的推導。此一齒輪齒形數學模式可做為齒形變異分析研究時之標準齒形。
3. 第三章為粉末冶金製程簡介。針對粉末冶金大致上的製造流程作介紹，以便瞭解製程參數並分析齒形在每一製程間的變異情形。
4. 第四章為鐵基燒結件之熔滲處理。其中介紹粉末冶金中之銅熔滲製程，熟悉銅熔滲製程以便針對可能影響齒形變異之製程參數進行實驗與討論。
5. 第五章為粉末冶金正齒輪之精度量測理論。介紹各國的精度規格與齒輪誤差的種類。
6. 第六章是齒形變異之田口實驗。介紹齒形變異實驗之實驗參數、實驗設備及田口實驗方法等。
7. 第七章是實驗結果與討論。整理實驗數據並利用田口法來探討熔滲製程對粉末冶金正齒輪精度之影響。
8. 第八章是結論與未來展望。