

## 第八章 結論與未來展望

### 8-1 結論


粉末冶金齒輪在製造過程中，會因為粉末特性、成形條件、燒結條件以及熔滲條件等諸多因素的影響，使得齒輪產生變形而造成齒輪精度上的誤差。本論文係依據實務上粉末冶金齒輪生產製造之條件，透過實驗以及量測來觀察齒形變化的情形，並利用田口法來分析熔滲製程參數對齒面變異的影響。綜合以上粉末冶金正齒輪的實驗與分析，可以歸納出以下幾點結論：

- (1) 由實驗量測結果及田口法分析得知，在熔滲製程中，銅含量、燒結速度以及放銅方式等參數，對於粉末冶金正齒輪之齒形誤差的影響都不大，其中尤以燒結速度所造成之影響最不顯著，影響齒形精度最大的因素為原料粉，且生胚密度越高所造成的齒形變異就越大。本研究中藉由適當地調整上述參數可使齒輪精度達 JIS 3 級。
- (2) 本研究採用了 A、B 兩種原料粉，其中 A 粉末為單純之鐵碳混粉，碳含量為 1%；B 粉末為鐵-銅-鎳-碳之混合粉，碳含量為 0.6%。以 A 粉末所製成之粉末冶金正齒輪經滲銅處理後，不論是齒形精度或彎曲強度都遠優於 B 粉末所製成之齒輪，這是因為含有銅元素之壓胚體經燒結後會產生膨脹現象，而添加了碳之壓胚體在燒結時，會因滲碳效應抵消銅的成長效應，並可導致鐵的碳化以提高其機械強度。
- (3) 由實驗量測所得之結果可以得知，隨著滲銅含量的增加，粉末冶金正齒輪的彎曲強度也會隨之提高。由於銅含量對齒形變異的影響並不大，因此，降低齒輪之生胚密度，而以提高銅含量來達到

最後完成品的密度要求，不僅可以使齒輪的齒形精度增加，還可以提高齒輪的彎曲強度。

- (4) 陳錦盛[4]於2003年對粉末冶金正齒輪精度改善所進行之研究結果中顯示，在一般的燒結過程中，生胚密度對於齒形精度之影響並不顯著，平均誤差約在 $1\sim 2\ \mu\text{m}$ 。而在熔滲製程中，生胚密度差距 $0.1\ \text{g}/\text{cm}^3$ 時，所造成之齒形精度誤差即可達到相差2~3個JIS精度等級，影響不可謂不大。
- (5) 不論齒輪尺寸呈膨脹現象或收縮現象，齒形誤差從齒根往齒冠逐漸增加，以齒冠部分變化量較大，齒根部分變化量較小，而此變化將造成齒形壓力角的改變，即當齒輪尺寸膨脹時，則齒形壓力角會變小，當齒輪尺寸收縮時，齒形壓力角會變大。

## 8-2 未來展望



本論文的研究對象是使用最為廣泛的正齒輪，並且針對粉末冶金中之銅熔滲製程，探討其對齒形變異的影響。從實驗結果可看出，採用現有之齒輪模具生產，可藉由調整熔滲製程之參數，達到對粉末冶金正齒輪齒形誤差的控制。由於本論文中僅使用一種銅粉來做熔滲實驗，未來可以利用各種不同的銅粉調和，來進行銅熔滲之齒輪精度實驗，以得到更為理想之銅熔滲製程參數。

粉末冶金正齒輪之精度，可藉由製程參數的調整，明顯地提高齒輪之齒形精度。未來可針對精度較差的粉末冶金螺旋齒輪及傘齒輪進行研究，並且利用模具齒形之修整或是調整製程參數的方式，來提高粉末冶金螺旋齒輪及傘齒輪的精度，期望能在不增加製造成本的前提下，利用現有之設備與模具，生產出高精度且品質優良的粉末冶金齒輪。