

第四章 鐵基燒結件之熔滲處理

4-1 前言

熔滲技術從 1920 年以來就被使用且不斷的發展。初期熔滲技術是用於熔接硬金屬或超硬高溫金屬之燒結件來作為刀具，而後亦被使用在電氣接點合金之運用上，至於使用於鐵基燒結件的技術，是始於 1940 年代，此技術係利用銅粉熔滲於鐵系和鐵-碳系的燒結件中。

基本上來說，熔滲的冶金理論在這數十年間是沒有改變的，但是粉末的改良以及燒結爐氣氛控制的不斷更新，使得熔滲的困難度大為降低，同時也大幅改善了熔滲的品質。

4-2 熔滲製程



熔滲技術基本上可被定義為「一種用低熔點的金屬或合金粉末熔化填充於一個燒結或未經燒結之壓製粉末零件的空孔中的技術」，以鐵系和鋼系的壓製粉末體來說，熔滲處理是將燒結體和銅合金在銅熔點以上的溫度接觸（通常是 1095°C 到 1150°C），由於毛細管之作用，熔化的銅合金即被吸入燒結體中相連的空孔。

熔滲製程和一般鐵基零件燒結製程的溫度和氣氛控制情況大致類似，其中最大的不同在於要滲銅的成形品不能直接放在爐子的輸送帶上，而需將石墨或陶瓷盤置於要滲銅的零件下，以防止熔滲劑的流失而造成輸送帶的損壞。

一般的燒結氣氛均可用來做熔滲處理，而溫度和時間係與基本的燒結零件之狀況相同，唯一不同處在於一次燒結之滲銅處理中，需先進行預處理（預燒結）以使碳粉（石墨粉）能夠完全擴散至鐵基粉末後，再行升溫滲銅。

在熔滲處理過程中，如果潤滑劑在低溫時已完全去除了，其它的氣體反應也在未達滲銅溫度前產生，則這些氣體可在空孔中造成內壓力而逼使氣體外流。反之則外流氣體會阻礙熔滲劑的內滲，使得熔滲效果無法達成。這些氣體大多是由以下因素造成的，例如殘留空氣的膨脹、殘留的潤滑劑、氫氣和氧化物的還原反應生成水，或是碳和氧化物反應生成 CO 和 CO₂。

要克服此種高溫氣體反應造成的缺點之作法如下：

- (1) 用二次燒結方式熔滲。
- (2) 如以一次燒結方式滲銅時，則要在達到熔滲溫度前延長燒結的時間。

4-3 熔滲技術之優點

對粉末冶金製品來說，熔滲技術帶來很多不同的優點及特性，其中主要的優點茲列舉如下：



4-3-1 增加機械強度

和一般的燒結件相比，熔滲處理過之燒結件將具有較好的機械強度。包括增加抗壓強度、降伏強度和抗疲勞強度，除此之外亦能改良其加工性。

4-3-2 增加成形品密度

將高密度的銅粉，熔滲於成形品之空孔中可提高其密度。由於封閉了和表面相連的空隙，可防止燒結之氣閉壓力零件漏氣；完全熔滲之成形品也可進行各種不同的二次加工，而其強度不會因內部腐蝕而導致損害。

4-3-3 改良燒結體之材質

局部熔滲可被使用於強化燒結體之指定部位，此種處理不需將整個燒結體熔滲。以齒輪為例，需要增強機械性質處只在外緣接觸齒的部位，所以熔滲處理可著重於此部位而不需處理中心部份。

4-3-4 多件體之結合

熔滲處理可達硬鉲之效果，許多不易一次壓製成形的複雜組件，可以熔滲處理的方式將之結合成一體。

4-4 基本熔滲方式

一般的滲銅方式皆為將銅熔材放在燒結件上面（頂部熔滲），但有時因特殊需求，也可將銅熔材放置在燒結件和盤之間（底部熔滲）來作為零件底部之滲銅。

熔滲之製程依其處理的方式可分為兩類，即一次燒結法和二次燒結法。

一次燒結法是目前廣為使用之方式。此方法是將成形品和銅熔材相接觸，以一次燒結來達到熔滲之效果，在燒結中鐵粉達到滲銅溫度前先達到有效燒結，而後銅再在其熔點溫度滲入燒結體。

二次燒結法一般包含兩次燒結程序。在第一次燒結時，碳必須要完全的熔入鐵粉中，之後再將銅熔材放在燒結體上，進行二次燒結以達滲銅之效果。

4-5 熔滲劑的效率計算

計算熔滲劑的效率可由下列公式來計算：

$$\text{總效率 (\%)} = \frac{F - B}{S} \times 100\%$$

F ：經過滲銅處理之燒結試片重量（公克為單位）

B ：未經滲銅處理之燒結試片重量（公克為單位）

S ：熔滲劑試片之重量（公克為單位）

熔滲劑使用量是依成形體的空孔形狀和空孔之體積來決定，要計算總熔滲量的考慮因素如下：

- (1) 單獨空孔和相連空孔的體積
- (2) 滲銅處理後要求的體積
- (3) 滲銅處理後之銅含量
- (4) 熔滲劑之使用效率

熔滲劑成形體的形狀選擇一般是由成形品形狀來決定，而其基本要點是銅熔材的尺寸以不超過被滲銅產品的外緣為佳，同時其尺寸最好不要覆蓋於產品之開口處，以免造成銅熔劑在高溫時的流失。在可能的情況下，銅熔材和零件表面的接觸面積越大越好，如此不但可以減少沖蝕的程度，也能達到均勻滲銅的效果。

4-6 結論

鐵基粉末冶金成形品的熔滲處理，在多年來已被認定是一種可有效且直接改善粉末冶金零件物理性質的方法。

想要有效的達到良好之熔滲處理，熔滲粉末的品質控制是相當重要的。此外，在熔滲處理時，如何有效的控制燒結條件，亦是要達到良好熔滲效果的基本條件。本論文將就銅熔滲製程對齒形精度的影響加以探討，期能提供未來設計齒輪模具之參考依據。