



雷射金屬積層製造技術 之材料特性探討

The Material Characteristics of Laser Additive Manufacturing

黃偉欽

工研院南分院
積層製造與雷射應用中心
積層創新部

林得耀

工研院南分院
積層製造與雷射應用中心
積層創新部

林敬智

工研院南分院
積層製造與雷射應用中心
積層創新部

莊傳勝

工研院南分院
積層製造與雷射應用中心
積層創新部

關鍵詞(Keywords)

- 積層製造 Additive Manufacturing
- 材料顯微結構 Material Microstructure
- 金屬玻璃 Metallic Glass

摘要(Abstract)

積層製造(AM, Additive Manufacturing)是近年備受看好的重要工業技術，原因在於積層製造技術不再只是停留早期被稱為快速原型(RP, Rapid Prototyping)的概念，快速原型技術空有形體而不具備實際的強度，而雷射金屬積層製造技術所製作的成品，無論是精度、緻密度已可媲美一般金屬鑄材的特性，甚至強度更勝一籌，突破過

去僅作為原型展示用途的侷限，可直接作為功能性之零組件。美國材料試驗學會 ASTM (American Society for Testing and Materials) 2009 年除了正名為積層製造技術，以和傳統快速原型技術區別之外，近年來更成立技術委員會訂定其相關標準。台灣一般業者尚未具備相關設計與製造經驗，本文主要介紹雷射金屬積層製造適用的各種金屬材料，以及其對應的材料特性，希望藉此協助業者能對利用此技術成型的金屬製品有進一步的認識，並利用其技術創造更多高價值產品。

Additive manufacturing (AM) is one of the most promising techniques in recent years. Because the properties made by AM is not similar to traditional rapid prototyping (RP) technique. The accuracy, density, and strength of products is much better than traditional casting, and can really be used



as functional components in industrial applications. ASTM named this process “Additive Manufacturing” to distinguish it from the traditional RP technique. However, many industry members in Taiwan still know nothing about the properties of AM design and manufacturing. The main purpose of this article is an introduction of the material microstructure and mechanical properties of AM products. We hope it can help industries in Taiwan to use this technique to improve product design and increase competitive strength.

1. 前言

傳統金屬成型技術隨著工業、航空、醫材領域的蓬勃發展，加工瓶頸與成型限制逐漸浮現，不只是對於幾何形貌的特殊需求，以及複雜型貌的特殊加工，內部材料顯微結構也是考量的重點。高階工業需求並非僅需要考慮外型與精度相符，材料於特定方向的硬度、強度、疲勞特性需求，甚至是吸震、輕量化等特殊結構特性，更是轉型為高價值產品的重要關鍵。

材料顯微結構與材料凝固冷卻速率、溫度梯度息息相關，傳統材料製程中，淬火、回火等熱處理技術，可使材料結構提升硬度、強度、韌性、均質性等不同特性，使金屬成品滿足不同工業應用需求。在金屬鑄造成型領域中，由於模具外緣與芯部的冷卻速度不同，往往容易形成巨觀的偏析現象，使得材料顯微結構出現巨大差異，尤其對於複雜幾何形狀的工件，其特性影響更為顯

著。因此藉由延伸各種特殊鑄造及熱處理技術，來調控成品內部的材料結晶特性，使其呈現等軸晶、柱狀晶、樹狀晶、細晶、單方向結晶、甚至非晶等結晶型態，以用於馬達、刀具、醫材、航太渦輪、汽機車零組件等各種高單價零組件。

雷射金屬積層製造技術，擺脫傳統減法式(或稱除料式)加工技術限制，以逐層堆積製造之加法式製造方法加工，由無數微小的熔融區塊組合而成，除可解決傳統鑄造與機械加工所遭遇之形貌限制瓶頸，更可縮短複雜工件之設計製作工期，免除多道製程以及轉換加工機所需的時間，大幅提升製造效率。應用於傳統鑄造因受限於加工限制而無法均勻控制成型過程的材料特性，藉此全新觀念變革，可獲得不同的解決方案。另一方面，傳統製程無法達成的高冷卻速率($>100\text{ }^{\circ}\text{C/s}$)，藉此技術導入將顛覆原本對於 Time-temperature-transformation 相圖的認知，突破以往重大瓶頸的材料冶金技術，例如塊狀金屬玻璃(bulk metallic glass)的成型。

本文主要針對目前金屬積層製造之材料製作特色以及其延伸瓶頸進行探討，希望有助於國內產業高附加價值之產品研發製造。

2. 金屬積層製造技術及其應用

2009年ASTM定義7種商業化的積層製造技術，其分類與定義如圖1與圖2所示，其中可一次金屬成型(不需二次燒結)即可達成高緻密度與強度特性的金屬成型技術，主要為粉體熔化成型技術(PBF, Powder Bed Fusion)與直接能量沉積技

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】383期・104年2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