大氣壓電漿鍍膜與模擬分析技術簡介

An Introduction of Atmospheric Pressure Plasma Deposition and Simulation Techniques

楊國煇
工研院機械所
先進製造技術組
電漿應用技術部

蘇濬賢
工研院機械所
先進製造技術組
電漿應用技術部

周大鑫
工研院機械所
先進製造技術組
業務組長

關鍵詞(Keywords)

- 大氣壓電漿　Atmospheric pressure plasma
- 鍍膜　Deposition
- 模擬分析　Simulation
- 介電質放電　Dielectric barrier discharge

摘要(Abstract)

大氣壓電漿技術已廣泛地應用於不同領域，尤以材料或零件的表面處理爲最常見的技術之一，然而大氣壓電漿於鍍膜應用而言，還未能有效的克服如大面積鍍膜均勻度與鍍膜速率等幾項工業需求；本文主要針對介電層屏蔽放電(Dielectric barrier discharge, DBD)型式於鍍膜方面之發展進行簡介，並探討噴射式大氣電漿流場與熱場對鍍膜過程之影響。

Atmospheric pressure plasma (APP) technique has been widely used in different fields, with surface treatment of parts or materials being the most popular application. However, for industrial coating applications, there are problems such as uniformity in large area deposition and low deposition rate which still need to be addressed. In this paper, the development of coating by dielectric barrier discharge (DBD) systems and the effects of flow and thermal fields on jet type plasma deposition process will be discussed.

1. 前言

過去數十年間，大氣電漿表面處理技術發展

的相當快速，其主要優點不外乎是不需使用昂貴的真空系統，尤其若使用射頻(Radio frequency)所產生的非平衡態電漿，在極高的電子溫度與高活性電漿粒子(如電子密度高於 10^{17} m^{-3})產生的同時，其氣體溫度仍可維持於室溫的範圍，因此也適用於殺菌、熱敏感性材料如高分子以及醫美產業等領域，除上述之外，異質接合技術及表面親疏水技術等大氣電漿應用皆為相對成熟的技術，然而直接應用大氣電漿鍍膜的方式則仍有不少問題亟待突破，還有一段漫長的路要走。事實上隨著設備普遍客製化的概念導入下，電漿源與系統設計需隨時進行不同程度的修改與更新，為能滿足客戶需求以及加速設備的建置，導入虛擬化的分析軟體提供設計方向，藉此降低研發成本以及試誤學習(Try and error)的時間，則漸成為不可或缺的關鍵技術之一。

2. 大氣壓電漿技術簡介

2.1 大氣壓電漿技術種類

市面上或多數研究單位針對電漿源的設計上依應用的目的而相當多元，就表面改質之電漿源應用而言，其中大致可分為電漿火炬(Plasma torch)、尖端放電(Corona discharge)、介電質放電(Dielectric barrier discharge)以及噴射式大氣電漿(Atmospheric pressure plasma jet, APPJ)等數種型式[1]，其中：

(1) 電漿火炬：主要操作在大於一大氣壓的環境下，屬於自我維持(Self-consistent)之弧光放電，工作電壓維持在數百伏特至數千伏特，電流則在數十至數千安培之間。由於電子和中性原子之碰撞頻率高，使得電子和重粒子間之能量轉移效率佳，電子溫度與重粒子溫度近乎相等且相當高(超過 3000 ℃)，是為平衡態之熱電漿。此種電漿源對材料表面的熱破壞性高，主要應用於金屬冶煉上。

(2) 尖端放電：其操作機制為以電極尖端與材料間產生強電場進行放電。此種電漿源其電子和中性粒子之碰撞頻率較低，彼此能量較無法做有效的轉移，重粒子溫度遠低於電子溫度，電漿的氣體溫度較低，是為非熱平衡電漿。但由於電漿密度會隨著放電電極與材料表面的距離增大而減少的很快，影響電漿的均勻度，在應用上較容易受到限制。

(3) 介電層屏蔽放電(或稱介電質放電)：以絕緣介質插入放電區，防止弧光放電的產生。不過此種電漿源容易在介電層上產生電荷的累積壁，而屏蔽掉電場的作用，故也較難以維持輝光放電模式。

(4) 噴射式大氣電漿：一般採用 13.56 MHz 頻率為主要的射頻功率源，而放電區通入惰性氣體使之產生均勻且穩定的輝光放電。此種電漿源由於是部份解離的狀態，因此電漿溫度較低，可以避免對材料表面的熱破壞性，並且擁有生命期較長的半穩態與活化粒子，藉由擴散作用到達基板表面進行蝕刻作用。

2.2 平衡態與非平衡態電漿

其中電漿又可再細分為熱平衡電漿與非熱平衡電漿，非熱平衡電漿則被稱為冷電漿或低溫電漿(Cold plasmas or Non-thermal plasmas, NTPs)。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】366 期・102 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