

環形粉末冶金件之自動光學檢測

范光照¹ 廖偉博² 陳智遠¹ 陳守恆^{1*} 周睿程¹

1 國立台灣大學機械工程學系 *E-mail: d94522020@ntu.edu.tw

2 連鴻企業股份有限公司 E-mail: alice@lenco.com.tw

摘要

台灣粉末冶金件的發展趨勢，是以高品質的產品為訴求來與全世界競爭，在提昇品質的過程中，除了要不不斷對於製程與材料進行技術上的加強外，在產品出貨前，對於品質的把關，也是非常重要的一環。在大量的產品出貨時，依靠人工的方式既耗時且容易因為人為因素和疲勞等而造成錯誤。自動光學檢測系統(Automated Optical Inspection; AOI)已成功地運用在多種產業的產品檢測上。在傳統的影像比對法中，雖然可以檢測大多數的瑕疵，但是需要事先儲存參考影像作為比對的依據，而且待測物對位移的容忍度也比較低。而另外不需要參考影像作為比對的設計規則法，雖然比較不易受位移的影響，但是卻存在著只能檢測有限瑕疵的缺失。為了提高瑕疵檢測的速度與位移容忍度，本研究進行二個階段的發展。第一階段是屬於機構與系統控制，主要針對光學系統架設與檢測流程順序控制。第二階段則是線上的檢測階段，是根據物體特徵資訊，對待測的工件影像進行快速瑕疵檢測，在檢測效果上，可以快速有效檢測出裂痕、冒泡、毛刺與粘黏。

關鍵詞：自動光學檢測、粉末冶金、自動瑕疵分類、影像處理

1. 前言

近幾年來，粉末冶金產業的趨勢逐漸往大量生產發展，以往使用抽樣檢查的方式，已無法滿足產業需求，要做到百分之百的全檢，必須投入大量的人力。為了降低人力成本，機器視覺開始進入台灣市場。機器視覺應用於生產製造中的檢查，即為自動光學檢測技術(Automated optical inspection, AOI)。檢測系統剛導入台灣市場時，大多是應用在經費較充足的產業，包括如 IC、PCB、LCD、光通訊等領域，原因在於其技術尚未普及、成本較為高昂。目前國內的 AOI 設備大多仰賴進口，且維護更新不易，而跨領域整合的視覺檢測系統，對於製造者來說也需要具備高技術門檻。廣義的 AOI 主要結合了光學感測系統、訊號處理系統以及分析軟體，可應用的範圍很廣，隨著不同產業的需求，所需的功能規格也不盡相同。

以現今粉末冶金產品的精細度來看，以人工方式進行檢測已經是十分困難的事情，再加上對於產能的要求，生產速度持續加快，人眼判斷的速度與效果有限，因此較無法標準化，此外對於長時間不間斷工作也是一大瓶頸，自動光學檢測的應用即是在此一背景

下快速發展，使用機器檢測的好處包含可取代人工、長時間運作與達到全檢的目的，並可確保可靠度、準確度以及檢測品質。

目前除了高科技與電子產業外，傳統產業也開始引入自動光學檢測系統，這樣的趨勢主要有兩大因素，首先，由於高科技產業使用 AOI 機台已有一段時間，機台運作的穩定性與檢測率都有一定的水準，使得傳統產業願意去嘗試過去認為是高價高技術門檻的 AOI 檢測技術，另一方面，由於人力物價上漲，成本提高，因而希望以機器取代人工，降低成本並提高檢測品質與效率。

自動化生產使生產速度大幅提升，為確保產品品質，檢測速度也必需加快，因此須發展自動化檢測以彌補人工檢測的缺點。Chin 等人 [1]指出使用自動化檢測的六點理由：(1)減少不必要的人力；(2)降低員工成本；(3)可在人工不能檢測的環境下運作；(4)減少檢測人員的需求；(5)檢測時可同時進行統計分析以供管理決策使用；(6)在高速生產系統中運作。光學影像檢測的方法繁多，可用影像檢測的產品也相當廣泛，依輸入的影像種類的不同而有不同的應用範圍。根據 T.

S., Newman 等[2]以及近年來常見的影像檢測系統將常用的影像檢測分類成如下：(1)二值化影像檢測。(2)灰階影像檢測。(3)彩色影像檢測。(4)趨勢圖檢測。電腦視覺檢測演算法主要分三大類，有參考(referential)影像的檢測、無參考(non-referential)影像的檢測與混合式(hybrid)檢測[3]。參考模型法乃是先教導一個正確無誤的圖形，以此為檢測時好壞的評判標準；無參考檢測法則是依據電路板佈線時的幾何規則來檢測；混合法是上述兩種方法的綜合型，可以補足上述兩種方法的缺陷，比較成功的產品都屬於這種方法。Alapuranen 與 Westman [4]發展一個木紋瑕疵檢測系統，配合 RGB 資訊將影像做反覆的區域分裂及合併後，偵測出可能是瑕疵的區域，並以幾何學、色彩資訊及結構特徵將瑕疵做分類。

綜觀上述相關研究成果，同時觀察到目前的環形粉末冶金件，具有大量的消費需求，因此在本研究中，基於環形粉末冶金製品的外型單純特性，建立一套較具泛用型影像瑕疵檢測演算法，以期能夠有效提供並解決各式環形粉末冶金件，在於產品品質檢測上的相關問題。

2. 光學影像系統與檢測機台

本研究所建構的自動化光學檢測系統主要可分為機台架構、控制系統與光學影像系統。其中又以光學影像系統為其核心。因此在此部份將先介紹光學影像系統。

2.1 光學影像系統

在光學影像檢測系統中，是以 CCD 來取代人眼進行視覺上的檢測，而不同的光源種類以及不同的光學影像系統架設方式也會影響到 CCD 所捕捉的影像(Image Acquisition)，利用不同的光源及光學影像系統架設方式，能突顯出所欲檢測影像的特徵值。更進一步，如果能夠正確且適當的運用或擺設實際可行的光學影像系統，除了可以大幅度提昇影像檢測系統，檢測成功率之外，同時，亦可以節省大部分的影像處理過程，減少系統開發整合所必須額外付出的軟體，以及硬體的花費，增加系統檢測的速度。在此將探討與說明光學檢測系統中光源的種類和光學影像系統的架

設方式。

影像檢測系統中，所使用的 CCD 攝影機，每一個電荷耦合元件感應器為相當一個像素大小之固態光敏(Photosensitive)元件，其最高可感應的波長達 950nm。可搭配之光源時，不再侷限於可見光波長範圍(400nm~700nm)。光源系統中為了得到最佳的取像效果，單位面積所接收到的照度(Irradiation)或光輝度功率(Radiant Power)，必須大於某一個固定值，才能經由光電轉換，輸出電子訊號。陳述任何影像檢測系統，一旦選定且架設好特定光源，則其單位面積、固定波長及一定的受光角度，所能產生的輝度值，就固定不能改變。但是，藉由一般常見的光源配件，如距光鏡、折射鏡、濾光/偏光鏡，或是光纖導管，可以改變受光角度(Solid Angle)或投射面積 (Transmitter Surface Area)，進而依照實際所需改變輝度值或照度，但是增加受光角度時，亦同時降低投射面積，反之亦然。

目前在影像檢測系統中常用的光源種類可以分為：(1) 鹵素燈 (Halogen)；(2) 高週波螢光燈 (Fluorescent)；(3) LED 燈源；(4) 金屬燈泡(Metal Halid)或氬燈(Xenon)；(5) 雷射光源(Laser)。選擇不同種類之光源會產生不同之影像強化效果，但是到底要選擇哪一類光源乃牽涉到價格、配置空間、與 CCD 鏡組相對尺寸搭配、距離待測工件之高度、外界環境、溫度、濕度、物體顏色、反射率、使用壽命及穩定性等，所以需詳細評估。在本文章之研究上，由於 LED 光源在功率、效能、品質及壽命皆屬良好，同時有各種顏色的光源可供選擇，另外，目前 LED 光源的發展，根據所需的架設方式有相當多光源結構形式可選擇，同時可程式化的控制其運作的時間以及形式。因此，在目前自動化影像檢測系統當中，LED 光源為最普遍的選擇。在目前所發展使用的光源結構形式，有下列種類：(1)一般環形光源；(2)擴散環形光源；(3)低角度光源；(4)反射式擴散光；(5)同軸投射光；(6)組合式投射光。(7)線光源、結構光；(8)平面投射光；(9)其他特殊光源或依待測件性質特殊設計之光源結構。

2.2 光學系統架設型態

光源系統架設的基本原則在於如何從其他無關緊要的影像中突顯出欲檢測物體之特徵。因此光源的架

設方式顯得格外重要，設計光源系統需注意下列兩點要求：

1. 設計光源系統時，能使所取得的影像為最完美的影像，盡量減少影像所需處理的步驟。
2. 一個好的光源系統，需維持所擷取的每張像品質皆會相同。

光源架設的方式主要又可以分為前照式以及背照式兩種主要架設的方法，然而前照式及背照式又各自可以細分為數種不同的打光分式，以下針對一些常用的光源架設方式做介紹。

2.2.1 前照式(Front Illumination)

前照式的為一種最簡單的光源架設方式，其架設方式為將光源與 CCD 至於同一邊，將光源照射在待測物體上。前照式架設方式一般使用在需要檢測物件的表面特徵的應用上。典型的前照式架設方式是與待測物成 45 度角的傾斜，直接照射在物體表面上，如此可使待測物表面得到最佳亮度而不會有太多的反射，而影響到所擷取影像的品質。前照式光源架設方式又可細分為下列五類：

- (1) 直向型前光源(Directional Front Lighting)。
- (2) 擴散型前光源(Diffuse Front Lighting)。
- (3) 環形前光源(Ring Front Lighting)。
- (4) 低角度前光源(Oblique Front Lighting)。
- (5) 同軸前光源(Coaxial Front Lighting)。

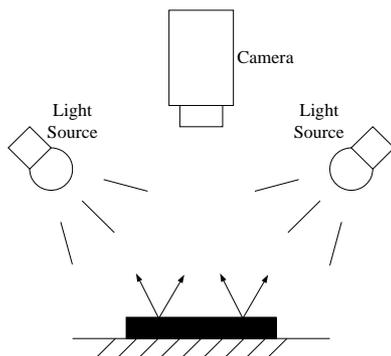


圖 1 直向型前光源

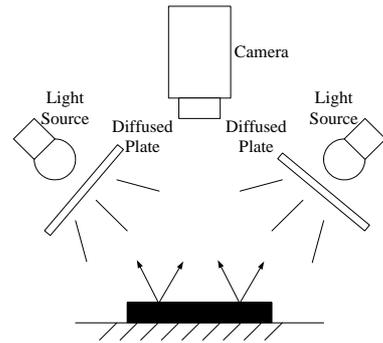


圖 2 擴散型前光源

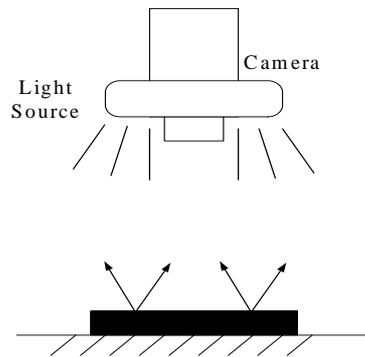


圖 3 環形前光源

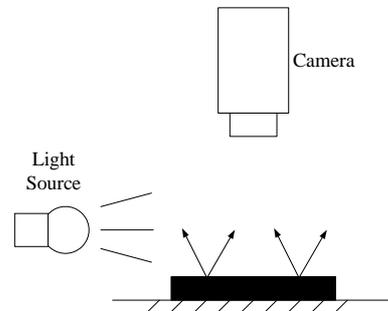


圖 4 低角度前光源

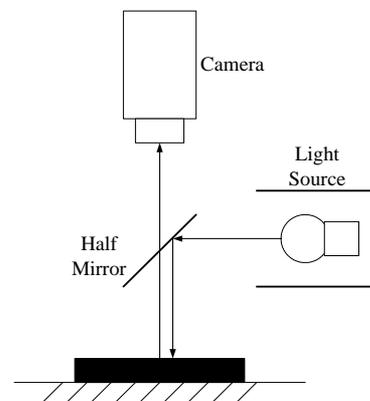


圖 5 同軸前光源

2.2.2 背照式(Back Illumination)

背照式的架設方式為將一擴散光源至於待測物之後方，而 CCD 可在待測物前方看到所產生的輪廓。背照式光源架設方式主要是應用於檢測物體的輪廓。此種方式需使光源能通過待測物的前方兩測，所以，並不是適用在所有場合，背照式光源架設方式又可細分為下列兩類：

- (1)直向型背光源(Direction Back Lighting)。
- (2)擴散式背光源(Diffuse Back Lighting)。

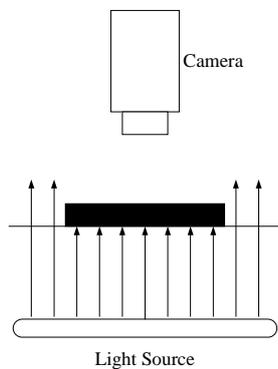


圖 6 直向型背光源

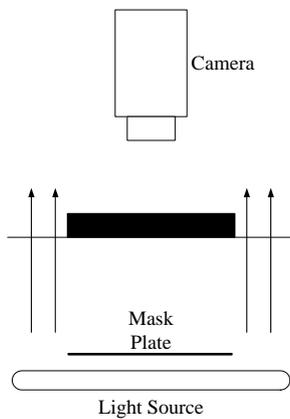


圖 7 擴散式背光源

2.3 檢測機台架構

檢測機台的架構，在實際的功能上，是為了能夠輔助光學取像系統得到所需的影像，因此在設計上必須考量下列事項：

- (1)確保光學系統取得適當的影像大小。
- (2)確保光源打光的均勻性。
- (3)能夠掌握正確的取像時機。

(4)確保工件定位的重複性與精度。

因此在本文章中，根據各個考量進行了相對應的系統設計，(1)透過調整平台的設計，使得 CCD 能夠進行高度與角度的微調，在實際運作前，提供校正的機制，確保取像的正確性，如圖。(2)透過光源調整平台的設計，根據不同工件特性需求，可以轉換不同光源，同時能夠調整其打光方向與角度的正確性，如圖 9。(3)透過 PLC 與光電檢測器的配合，能夠掌握到正確的取像時間。(4)透過一導引機制，將工件在移動的過程當中，導引至正確的光學系統取像位置。在進行整體的動作搭配與運作測試後，機台外觀如圖 10 所示。

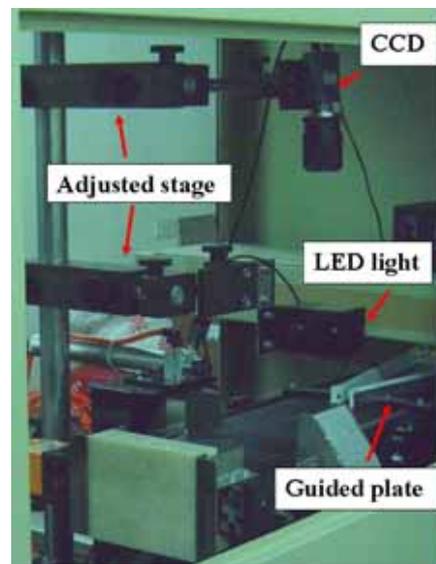


圖 9 機台內部



圖 10 機台外觀

3. 數位影像前處理

灰階影像(Gray-Level Image)是指一個二維的光強度函數 $f(x,y)$ ，其中的 x 與 y 表示空間座標，而在任意點 $f(x, y)$ 的值正比於在該點影像的亮度，這個亮度值即是灰度值。然而我們可以將數位元影像(Digital Image)看作是一個矩陣，它的行與列值便確定了影像中的一個點，而對應的矩陣元素就是該點的灰度值。這樣的數位元陣列元素稱為影像元素(Image Elements)或圖元(Pixel)，其明亮度依量化值而訂出不同之灰階。一般而言，灰階為 2 的冪次方，如 2^8 即表示有 256 個灰階，常用的灰階影像為 256 個灰階。

在影像處理過程中，CCD 捕捉的影像(Image Acquisition)通常是不能直接拿來進行瑕疵檢測，必須利用各種的影像處理法來過濾不需要的背景影像資訊，並將留下的主題影像透過瑕疵檢測演算法加以辨識甚至於分類。本節主要說明在進行檢測演算法前，以灰階影像所進行的各式影像前處理方法。

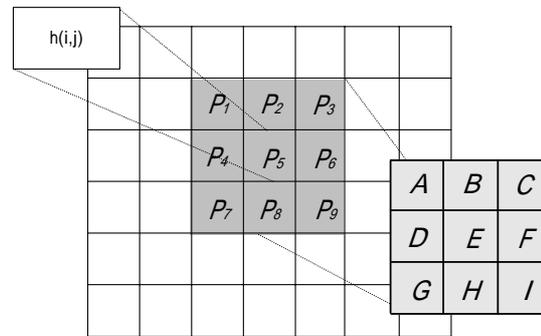
3.1 二值化處理方法

影像二值化主要是將影像的背景與主題分開，二值化是將灰度值不到某臨界值的圖元訂為 0 (全黑、背景)、大於或等於某臨界值的圖元訂為 255 (全白、物體)，這裡所謂的臨界值則稱為閾值(Threshold)。影像檢測的過程中，必須知道所要檢測的物體在影像中的何處，利用影像二值化可以快速的尋找出所要檢測的物體。在閾值的選擇上，透過人工來選擇雖然可進行的精確判斷，但是將難以自動化，因此本文章透過自動閾值方法來進行閾值的選定，在此所使用的方法為 Otsu [5] 的最小群集變異數法 (Minimizing Within-Group Variance)。其方法是將量測影像的資訊做分析，再將資料點經由某一個閾值分成兩大群集，並各自計算兩大群集的變異數、概率，再經由不斷地遞迴改變閾值，找到最適當的二十大群集，使得二十大群集有最小的加權變異數和，此時的閾值即為自動閾值的數值。

3.2 影像線性濾波

工件在線上進行拍攝時，其最後輸出的影像常被額外的雜訊干擾，例如 CCD 本身所造成的高斯雜訊 (Gaussian Noise)、影像鹽化 (Salt and Pepper Noise)、

脈衝雜訊(Impulse Noise)，或著是外在的燈源所造成的閃爍現象或亮度不均，其綜合的效果將會導致最終影像品質的不良。在本文章中藉著線性濾波中的低通濾波法，去除大部份的高頻雜訊。一般的影像增強方法中，影像空間迴旋積分(Convolution)，即遮罩運算(Mask Processing)是一種常被使用的方法。許多影像處理系統可被模擬成一個線性系統。在進行濾波時，影像中某一點之輸出值 $h(i,j)$ 之求法為：將遮罩移至點 (i,j) ，然後再對鄰近各點之值乘以權重，加總後所得的值即為此點之輸出值 $h(i,j)$ ，其中鄰近各點所乘之權重為遮罩上各點之對應值。圖 11 即為一使用 3×3 遮罩進行濾波之示意圖。



$$h(i, j) = Ap_1 + Bp_2 + Cp_3 + Dp_4 + Ep_5 + Fp_6 + Gp_7 + Hp_8 + Ip_9$$

圖 11 3×3 遮罩示意圖

在本文章中，為了使影像元素的高頻雜訊降低，因此透過低通濾波法，將影像中不必要的雜訊加以濾除典型的低通濾波法常用的遮罩如下所示：

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{16} & \frac{2}{16} & \frac{1}{16} \\ \frac{2}{16} & \frac{4}{16} & \frac{2}{16} \\ \frac{1}{16} & \frac{2}{16} & \frac{1}{16} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{1}{10} & \frac{1}{10} & \frac{1}{10} \\ \frac{1}{10} & \frac{2}{10} & \frac{1}{10} \\ \frac{1}{10} & \frac{1}{10} & \frac{1}{10} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{1}{8} & \frac{1}{8} & \frac{1}{8} \\ \frac{1}{8} & 0 & \frac{1}{8} \\ \frac{1}{8} & \frac{1}{8} & \frac{1}{8} \end{bmatrix}$$

圖 11 低通濾波遮罩

3.3 邊緣檢測

在做影像檢測與辨識時，有必要利用到物體的邊緣來計算各種尺寸資料。在灰階影像中，邊緣是二個區域之間有相當不同的灰階特徵的邊界。一般邊緣檢測之基本方法為對像素的灰度值作偏導數運算，由灰度值一階導數的相對峰值出現的位置可以判別出邊緣的

位置出來，或由二階導數的穿越座標軸的位置判別邊緣的位置。在本文章中所使用方法為 Canny 尋邊法則，Canny [6]提出判斷邊緣提取方法性能的指標，其優點除了能有效地抑制雜訊，還可精確確定邊緣的位置。針對不同的影像品質，運算過程中所設定的參數允許根據不同實現的特定要求進行調整以識別不同的邊緣特性。演算法主要分為 4 個步驟，(1)高斯平滑遮罩，去除後續尋邊時找到假物體邊緣的情形，(2)用一階導數來計算每個像素點的梯度大小和方向，由於影像中的邊緣可能會指向不同的方向，所以 Canny 演算法使用 4 個遮罩檢測水平、垂直以及對角線的可能邊緣方向，(3)對梯度大小進行非極大值抑制，與梯度方向像素比對，檢查是否為最大梯度，如圖 12 所示，共 4 種可能之方向組合，中心像素 M 與沿著梯度線的兩個像素相比，如果 M 的梯度值不比沿梯度線的兩個相鄰像素梯度值大，則令 M=0，如下式所示：

$$N[i, j] = NMS(M[i, j], \xi[i, j])$$

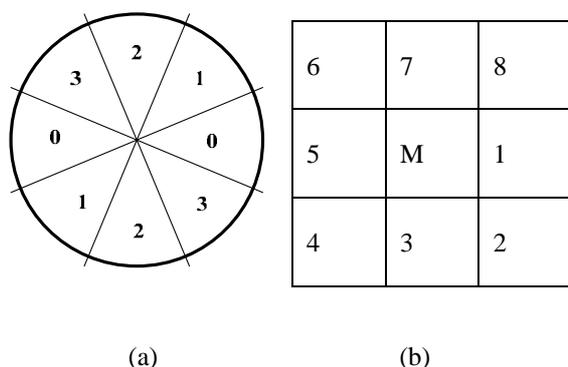


圖 12 梯度方向之非極大值抑制判斷示意

(4)用雙閾值算法檢測和連接邊緣，得到留下之極大值 $N[i,j]$ 後，先利用一高閾值得到真實邊緣後，通常會有邊緣不閉合的情形，這是由於影像中的物體邊緣並不一定擁有好的對比度，因此，當使用高閾值求得第一次的邊緣後連接成一組線段，再於線段端點的像素，利用 8 鄰點的搜尋方法，找出 $N[i,j]$ 大於低閾值的像素點，直至邊緣封閉為止。

3.4 物體分群

在將物體凸顯後，必須針對於畫面上所存在的影像主體進行記數與分類，如此將能夠將單一畫面上的所有物件快速的進行特徵的辨識。在本文章中是透過

內部邊界搜尋法(Inner Boundary Tracing)，將同一相關聯的像素歸為同一類來進行不同物件的分類。其方法如下：

- (1)由上而下由左至右尋找影像中新的區域，以找到的第一個物體像素為邊界起始點 P0。
- (2)對目前所在的像素，以順時針方向 3x3 範圍的 8 個連續點進行搜尋，如圖所示，當找到的第一個物體像素，標記為邊界點
- (3)如果目前的邊界點的位置等於起始像素點的位置，則停止搜尋邊界。若不符合此條件，則重複步驟(2)，直到邊界點等於起始點。

4. 自動化瑕疵檢測

光學影像檢測一般可以分為兩大類，第一類為將待檢測影像和一個無瑕疵的參考影像(大部分為人工製造)做比對，尋找出瑕疵所在區域，稱為參考件比對法(Reference Comparison)；第二類為將要檢測的物體依其特徵或設計規則建立一個描述無瑕疵影像的規範，檢測待測影像中的所有物體是否符合其規範，如果不符合則為瑕疵，稱為設計規則法(Design-Rule Based Methods)。如圖 13 [7]是兩種方法在特徵大小 (Feature Size)不同時錯誤的敏感度(Error Sensitivity)，針對比較小的瑕疵特徵，使用設計規則法會有較佳的表現。粉末冶金件大多數的瑕疵與工件本體比較，相對尺寸或是影像灰階值差異都較小，使用參考件比對法所能判別的瑕疵種類有限，因此本研究將使用參考件比對法中的影像相減法來判斷大型瑕疵，另外使用設計規則法來判別微小與不明顯的瑕疵。

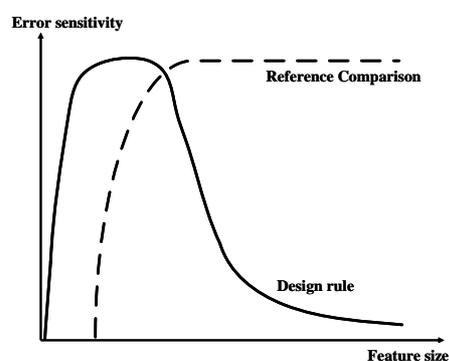


圖 13 比較參考件檢測與設計規則檢測

粉末冶金瑕疵的發生主要在於送料，整列、搬運、燒結、精整等過程中。本研究中將以粉末冶金件中的環形粉末冶金件為檢測工件來介紹瑕疵檢測法則，檢測瑕疵種類有毛刺、粘板、裂縫、冒泡與斑點。

4.1 影像相減法

針對比較大型、簡單的瑕疵種類，我們可以使用相減法來判別瑕疵。影像相減是將待檢測的影像和參考影像之間經過邏輯 XOR，即可辨識出來瑕疵的位置，這種方法的優點在於簡單，也很方便於硬體上的執行，同時可以驗證待測物上的所有瑕疵。但它的缺點在於取像時會因為待檢測物體所在的環境而有所變化，如顏色的變化、光線反射的變化、照射光源等問題，直接影響到影像的品質，因此較適用於較大範圍的瑕疵。此外，如果由於參考影像尺寸為設計標準尺寸，正確的待檢測物會因為製程的不同而和參考影像有些許的誤差，選擇良好的容許誤差可以降低誤判的機率。圖 14 為使用影像相減法的應用實例，瑕疵種類為毛刺，多發生在內外圈的邊緣上，由於瑕疵尺寸較大，因此將影像二值化後使用影像相減法就可以順利的找出毛刺瑕疵。



圖 14 影像相減法應用實例

4.2 設計規則法

設計規則法不需要事先針對完好的模型來加以分析，它的構想來自於尋找到的一個樣本若不同於先前的設計時所符合的標準，則視之為缺陷，因為不需預先選擇良好的參考件，所以這種方法也可以稱為非參考件比對法(Design-Rule Verification Method)或是一般性規則驗證法(Generic Property Verification Method)。此方法是用待測物體設計時所呈現的特性裡歸納出一些規則與特徵，如它的尺寸大小、形狀、容許誤差等，將它們當作簡單的檢驗集合。只要實際待測物上的圖形在這定的範圍之內，即是我們可以接受的。

檢測環形工件的基本設計規範為求其最大與最小

的內徑與外徑，經由物體輪廓判斷工件的位置與圓心，即可輕鬆的找出工件本體在影像中所佔的區塊，接著利用影像處理方式將工件環形區域展開為長條型，以利於使用各種影像處理法則的套用。由於部份瑕疵於影像上所呈現的顏色較淡，利用二值化已經無法順利的分割物體與瑕疵，要如何增加瑕疵偵測的敏感度，是主要的解決課題。

要強調出影像中的異常區塊，最常使用的方式為影像增強，針對影像的灰階值，利用統計方式，可以觀察出影像中的明暗變化、灰階異常的地方，因此本研究所使用的設計規則如下：

- (1) 將環形圖樣展開為長條式的圖面。
- (2) 利用灰階投影累計的方式，觀察展開後圖像橫向的灰階累計值變化，此法的優點為將影像中灰階異常的地方利用累加的方式，加強與工件正常部位的灰階差異，因此可觀察到細微的影像差異變化，根據使用者的需求。
- (3) 透過灰階差異參數的建立，限定瑕疵的定義。如此可提升此演算法於不同瑕疵種類與工件的應用。

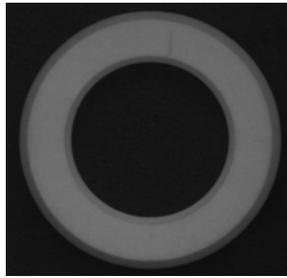
以下將透過灰階投影累計方法，對於環形粉末冶金件所產生的破洞、冒泡、粘黏進行檢測結果說明。

4.3 瑕疵檢測結果

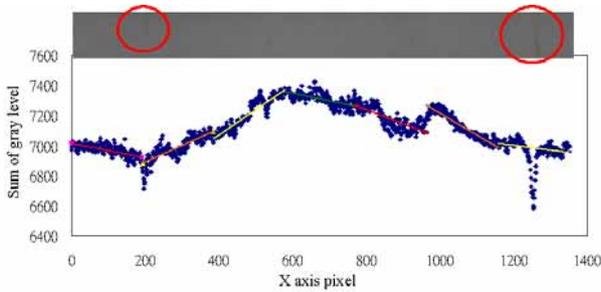
圖 15(a)為裂縫瑕疵。由於裂縫較淺，經由打光取像後，裂縫所呈現的灰階值與物體本身差異並不明顯，而經過展開圖面與橫向灰階累計演算法後所得到的統計圖，如圖 15(b)所示，裂縫處周圍的灰階統計會呈現明顯的下降，在進行瑕疵判斷的時候，由於光源的不均或著是工件表面顏色的差異，會造成影像的灰階值投影會有波動現象，工件其餘正常區域也並非呈現出平滑曲線，因此本文章將橫向灰階累計分為多條線段來進行分析。線段數量的選取是根據波動現象的程度來加以決定。透過多段的分析可提升此演算法的穩定與可靠性。由於工件瑕疵處的灰階累計值與正常部位會有明顯的差異，為避免最小平方方法所擬合的直線受突出點的影響而偏離正常部位灰階累計值點群的區域，線段擬合的方式將採用強健直線擬合法(Robust line fitting) [8]，主要是為了讓擬合直線更加趨近正常部位灰階累計值點群的區域，如圖 15(b)中的直

線線段，計算每一個累計灰階值與直線線段間的灰階差異並根據使用者的需求設定瑕疵判斷參數，即可順利判斷出裂縫瑕疵。圖 16 為斑點瑕疵與其灰階累計值統計圖。圖 17 為冒泡瑕疵與其灰階累計值統計圖。圖 18 為粘黏瑕疵與其灰階累計值統計圖。

圖 16 (a)斑點瑕疵工件，(b)灰階累計統計圖

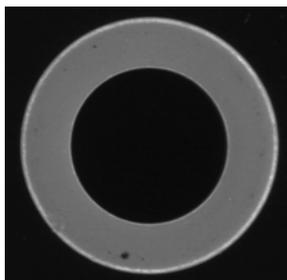


(a)

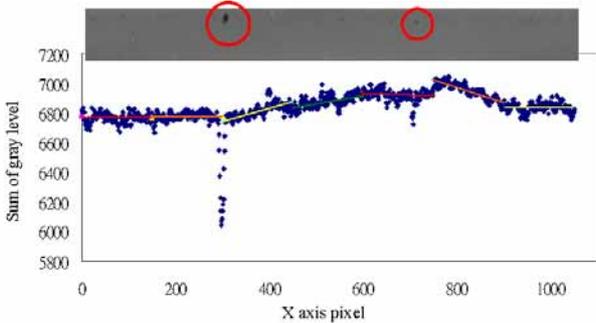


(b)

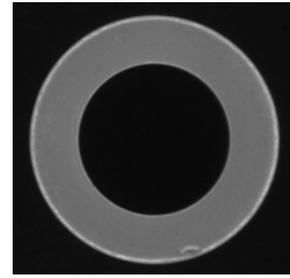
圖 15 (a)裂縫瑕疵工件，(b)灰階累計統計圖



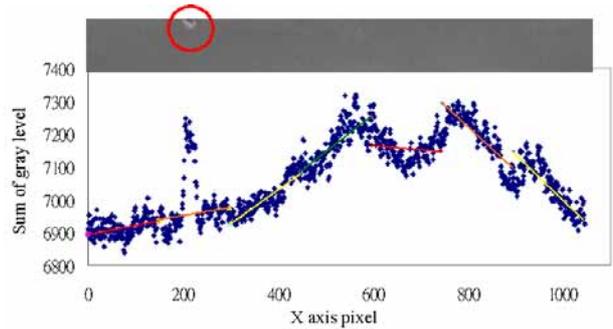
(a)



(b)

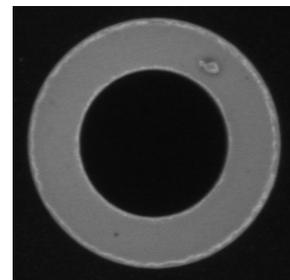


(a)

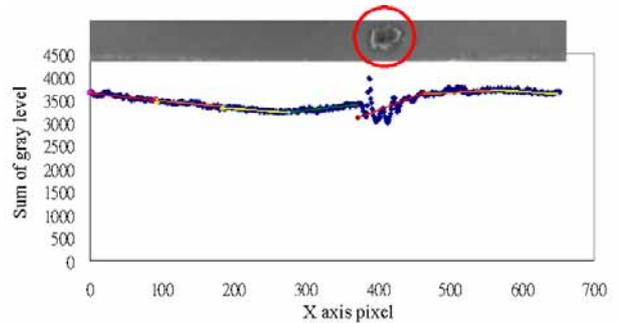


(b)

圖 17 (a)冒泡瑕疵工件，(b)灰階累計統計圖



(a)



(b)

圖 18 (a)粘黏瑕疵工件，(b)灰階累計統計圖

5. 結果與討論

本文章首先介紹了環形粉末冶金件光學影像檢測系統的硬體架構，根據 4 項設計考量，設計各個重

要元件的機構，並且透過 PLC 控制器來規劃順序控制的流程。之後，經由分析各種的演算法，從中選擇快速且有效的演算法，並且將其模組化，最後整合成一套完整之光學影像檢測軟體。本文章以環形粉末冶金件為應用，針對其毛刺、粘板、裂縫、冒泡與斑點四種瑕疵種類，開發出一套快速檢測環形粉末冶金件的光學影像檢測系統，本系統擁有下列的特點

(1)高效率低成本之機台組件搭配：

a. CCD 與光源

可針對不同的檢測工件進行更換與調整，以提供檢測不同尺寸與造型的環形粉末冶金件。

b. 模組化機台

工件自動送料器、工件輸送履帶、不良件剔除機構、工件自動翻轉機構，都是利用 PLC 控制器連結各介面，並搭配模組化的設計，可根據不同工件的需求加以進行搭配設計並改裝，提升使用上的彈性。

c. 簡單化之機構設計

根據環形粉末冶金件的特性進行機台的設計，避免使用高精度之機械手臂以及運動控制伺服器，因此可大幅降低所需要的成本與維護保養。

(2)簡易可靠之環形粉末冶金件檢測軟體：

a. 透過影像比對與設計規則的混合使用，建立簡易的檢測環境，將所需人工設定參數減少，減少使用者在操作上的複雜度。

b. 分析並且整合各種演算法，並且提出灰階投影累計法，來降低外在雜訊的干擾，提升瑕疵檢測判斷時的穩定與正確性。

c. 模組化各種影像處理法，將對於開發新的光學影像檢測系統可以節省大量的時間。同時各個模組可以互相搭配，具有使用上的彈性，未來具有擴充性。

環形粉末冶金件在大量的需求下，原本都須依靠人力目視進行全檢的工作，若透過本系統自動檢測篩選，對於人為目視檢測造成的誤差將大為減少，且每次的檢測品質統一。本研究透過軟體設計與機台整合，以環形粉末冶金件為研究對象，成功發展出自動瑕疵檢測機台，如果應用此機台於環形粉末冶金件的瑕疵檢測，如此可確保出貨時的工件品質，降低人力成本，提升出貨速度。在未來的研究上，將會針對更

複雜形狀與種類之粉末冶金工件進行分析，以期能夠擴大其應用與發展。

6. 文獻回顧

1. Roland T. Chin, "automated visual inspection: 1981 to 1987," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing* **41**, pp. 346-381, 1988.
2. Newman, T. S. and Jain, A. K., "A survey of automated visual inspection," *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 61, No. 2, March, pp. 231-262, 1995.
3. Madhav Moganti, Fikret Ercal, Cihan H. Dagli, and Shou Tsunekawa, 1996, "Automatic PCB Inspection Algorithms: A Survey", *Computer Vision and Image Understanding*, Vol.63, No. 2, March, pp. 287-313,1996.
4. Alapuranen,P. and Westman, T., "Automatic visual inspection of wood Surfaces", Proceedings of Eleventh International Conference on Pattern Recognition, Vol.8,pp.371-374, 1992.
5. Otsu, N., "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-9, NO.1, pp.62-66,1979.
6. J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-8, No.6, pp.679-698, 1986.
7. Madhav Moganti, Fikret Ercal, Cihan H. Dagli, and Shou Tsunekawa, Automatic PCB Inspection Algorithms: A Survey, *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 63, No. 2, March, pp. 287-313, 1996.
8. P.J. Huber, "Robust Statistics", New York Wiley, 1981.
9. 劉建宏, "光學影像檢測模組之開發與應用",台灣大學機械系研究所碩士班論文, 2002
10. 陳彥宏, "彩色機械視覺於表面瑕疵檢測之研究",台灣大學機械系研究所碩士班論文, 2003.