

運用機器視覺於鏟花加工面自動檢測系統之研究

Study of the application of machine vision to the development of an automatic inspection system of scraped surfaces

陳正和¹、黃峻彥²
Cheng-Ho Chen¹, Chun-Yen Huang²

¹ 國立勤益科技大學機械工程系
¹ Department of Mechanical Engineering,
National Chin-Yi University of Technology
E-mail: chench@ncut.edu.tw

² 國立勤益科技大學機械工程系
² Department of Mechanical Engineering,
National Chin-Yi University of Technology
E-mail: a31125564@gmail.com

摘要

工具機的基礎關鍵技術之一為機械組裝製造過程的鏟花，在高精度的精密機械生產技術上為重要的加工流程，鏟花技術是以鏟花刀對工件表面做微量的鏟、削、來校正機械加工、組裝後所留下的微量誤差，人眼目視或經驗法則在於鏟花承斑判斷上，會因各種因素(如：光源、觀看角度及主觀經驗…等)而有所差異，故設計一檢測設備與機器視覺結合，使得在加工面檢測上更方便準確，使用機器視覺 CMOS 相機來擷取工件鏟配後的表面特徵，經過影像處理背景分割技術將背景與特徵區分開來，透過程式形態學運算分析計算出鏟花承斑 PPI(每英吋平方承斑點數)與 POP(承斑面積與總面積之比例)，以作為判斷鏟花加工面承斑比例之依據。

關鍵字：鏟花技術、承斑、視覺檢測

Abstract

Scraping is a kind of basis mechanism fabricate technique in NC machine field, it's a important manufacture process in high accuracy and precise mechanism fabrication. Scraping is a skill to shovel and cut in the surface of workpieces by a scrap tool and then trace amount of machining deviation will be calibrated. Because of various difference factors in human visual and experience for judging scraping appearance(ex: lights, observed angles and subjective sensations, etc), therefore combining the inspect system and machine vision to make inspect more exactly. In experiment, use a COMS camera to derive the features after scraping, to distribute into background and characteristic by vision technology, calculate and analyze the scraping appearance in PPI and POP.

Keywords : scarping, scraping appearance, machine vision

1. 前言

目前國內鏟花工件的檢測技術上仍有不足，在鏟花承斑檢測上，還是為人眼主觀目視檢測鏟花接觸面來決定鏟花加工面品質，使得鏟花工件的品質無法標準化與有效的提升，有鑑於鏟花技術是確保精度與耐用性的相關技術，機器視覺(Machine Vision)檢測屬於非接觸性的檢測技術，在任何角度都可擷取出合適的特徵希望透過本文所提出的研究方法，提供快速且精確的方法來判定鏟花加工面之品質。張劍飛等人[1] 利用掃描的方式對人造版橫切面孔穴含量之面積計算，主要利用邊界鏈碼輪廓表示方法，計算出區域的面積。陳紹賢等人[2] 探討鏟花技術與精度之間的關係，在精密組裝過程中，鏟花的作用有精度的提升、油膜的建立及美觀的目的，其原理是使面接觸經鏟花成為線接觸或點接觸，類似軸承原理來降低摩擦力。邱奕契等人[3] 應用彩色空間模型轉換及彩色影像分割等技術將瑕疵偵測出來，在利用特徵抽取、特徵分析及類神經網路分類等技術將瑕疵進行分類。Chau-Shing Wang 等人[4] 提出一個影像處理方法來計算探針標記區，使用高倍率電子顯微鏡來擷取探針標記區圖像，影像處理步驟包括：擷取影像、灰階二值化、圖像增強、中值濾波、形態學、模糊分析及 Sobel 邊緣檢測，該研究與傳統的方法相比，具有一致性及快速的特性。

2. 研究目的

我國為世界前五大工具機與零組件出口國，面對其他新興國家的競爭，唯有提升產業技能才能確保我國的產業競爭力，鏟配技術為機台組裝精度與產品耐用程度優劣的決定性技術之一，但目前卻沒有一套檢測儀器可供檢測，然而我國工具機廠的鏟花作業大部分屬於「外包」，沒有檢測標準儀器就無法督導外包廠商，本研究將影像處理技術運用於工具機的傳統產業上，並很成功識別出鏟花加工面承斑的平面形狀，期望

這套檢測系統能夠提供學界與業界一個簡易且精準的量測方法，並對鏟花紋路做更深入的研究探討。在鏟花加工過程中，高點主要為工件面上的接觸點，較平均平面高起之點或脊，一般平滑之鏟花面上，高點僅比平均平面高出約 0.025mm 至 0.25mm，塗以紅丹或顯色劑等介質，藉由工件與平台接觸由介質傳遞至工件表面之高點，工件上之高點將因介質被摩擦掉而呈黑、亮之凸點，接觸率與接觸點兩者關係是密不可分的，當點數愈多相對的接觸率也隨著增加，鏟削出來的面也更為精確平整。鏟花單位面積內點數多寡種類很多，如圖 1 所示，應用範圍如下：

- (a) 一般鏟花：6~10PPI，應用於須栓合且油密的表面及較重型工具機的寬廣導軌。
- (b) 精密鏟花：10~18PPI，應用於精密表面及精密工具機導軌。
- (c) 超精密鏟花：22~30PPI，應用於高精密機械導軌、標準平板及直規。
- (d) 超級精密鏟花：40PPI，應用於標準檢測平台。

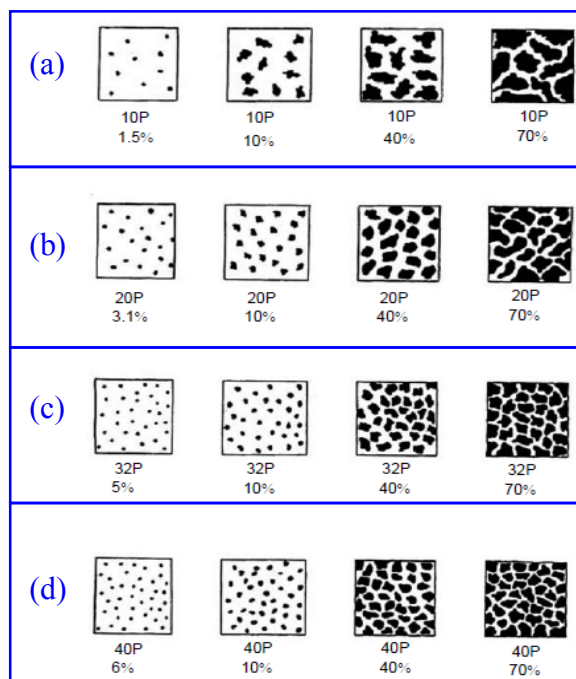


圖 1. 鏟花面積點數與面積百分比之關係[5]

3. 研究方法

3.1 檢測設備

本文設計一燈罩，如圖 2 所示。其結構包括有圓筒、LED 燈泡、上蓋、相機固定塊所組成，主要負責阻絕外部光害影響相機擷取影像時之干擾，其內部使用 3 顆 LED 串聯，在圓筒上以 120 度錯開，達到內部均勻打光，相機放置於正上方，與工件表面呈垂直，在影像分析過程可提供較準確一致的結果。

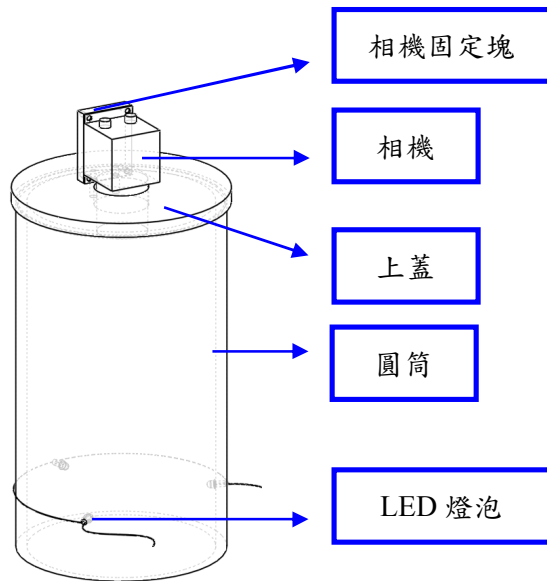


圖 2. 燈罩

3.2 檢測流程

採用影像處理軟體(Halcon)來撰寫開發，進行影像擷取、閾值分割、幾何形狀處理及特徵分析等工作。該檢測流程如圖 3 所述。

首先由 CMOS 相機所取的影像進行 R、G、B 三頻道分離，依三頻道之灰階直方圖選擇最佳頻道，二值化影像處理技術將背景(油袋)與承斑特徵分割，抓取承斑特徵進行形態學處理，計算出鑄花加工面承斑之 PPI(Points per square inch)與 POP(Percentage of points)。

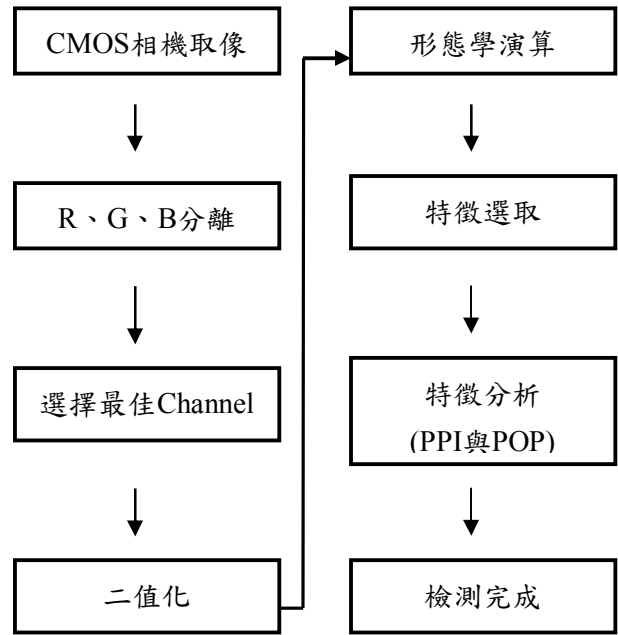


圖 3. 檢測流程

3.3 影像尺寸校正

機器視覺中影像是由 Pixel 值為單位，不同於實際量測單位，所以須將像素單位與實際單位轉換校正，便於取得實際尺寸。如圖 4 所示，將一塊 100mm*100mm 的校正片放置於檢測平台上，依照實際量測之像素與校正片的實際尺寸做比例轉換，便可取得像素單位與實際單位的比值。

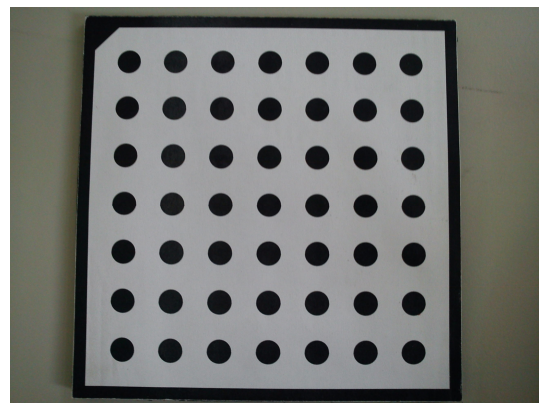
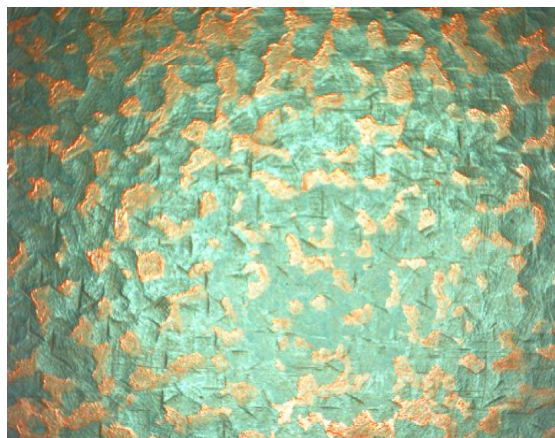


圖 4. 影像尺寸校正片

3.4 光源

照明是影響視覺量測的重要因素，其依照明應用方式可分為：正向照明、側向照明、背向照明、結構光照明和閃頻光照明。由於染料(紅丹)

含有油酯，表面油膜會造成反光，運用正向照明會造成過度曝光的結果。圖 5a.正向照明，圖 5b.單一側向照明，由圖中看出左右亮度不均，圖 5c.內部均勻照明，故本研究採用環形光源的原理以均勻照明打光。



a. 正向照明



b. 單一側向照明



c. 光罩均勻照明

圖 5. 不同方式打光之比較

4. 影像處理

4.1 R、G、B 彩色模型

一般來說人類的視覺系統，會將不同份量的紅 (red)、綠 (green)、藍 (blue) 混合起來而組成色彩，因此紅、綠、藍又稱為三原色，一張完整的彩色影像可以視為由三原色 R、G、B 分別對應的三個獨立的影像平面所組成，RGB 彩色模型是結構最簡單的彩色模型。如圖 6 所示，模型中每種色彩是用紅、綠、藍的分量來表現，RGB 彩色模型是建立在標準化直角座標系的基礎上的一個立方體，座標軸的原點 (0,0,0) 為黑色，相對原點最遠的頂點 (1,1,1) 代表白色，RGB 三個值分別在三個座標軸上的頂點。

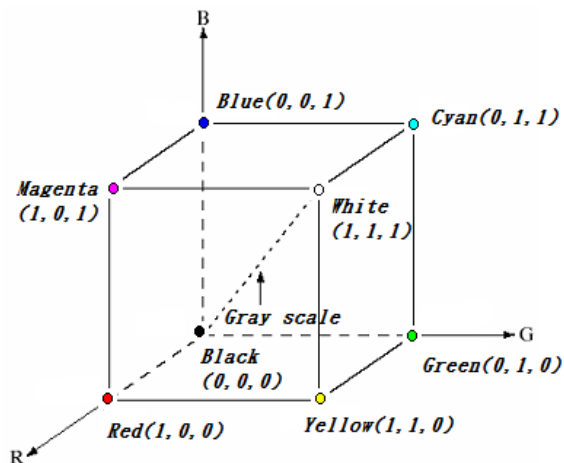


圖 6. RGB 彩色模型

4.1.1 R、G、B 彩色頻道分離

黑白影像為單一頻道影像，彩色影像包含 R、G、B 三個頻道影像，其灰階值分布複雜，在影像處理與分析計算也比較困難，採用彩色 CMOS 照相機擷取彩色影像，透過色彩轉換分離技術將彩色影像分離成 R、G、B 三個頻道的影像，其轉換的定義式如下所示：

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f_R(x, y) \\ f_G(x, y) \\ f_B(x, y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R(x, y) \\ G(x, y) \\ B(x, y) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$g(x, y) = T[f(x, y)] \quad (2)$$

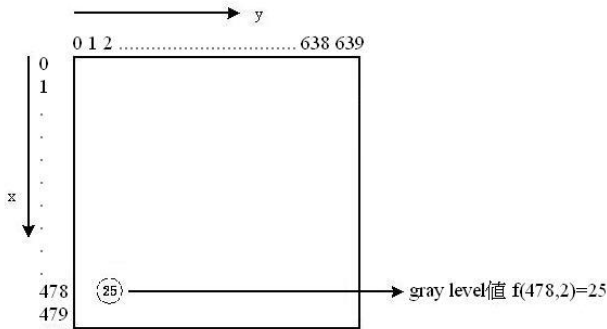


圖 7.影像座標表示圖

$f(x, y)$ 是一張彩色影像， $g(x, y)$ 是經由轉換的或是經處理的彩色輸出影像， (x, y) 是色彩值的變數，而 T 是運算子。

將彩色影像依照 R、G、B 三個頻道分離出不同的區域的單一頻道影像，依據不同的灰階特徵，提取所需的分析特徵，如圖 8 所示。

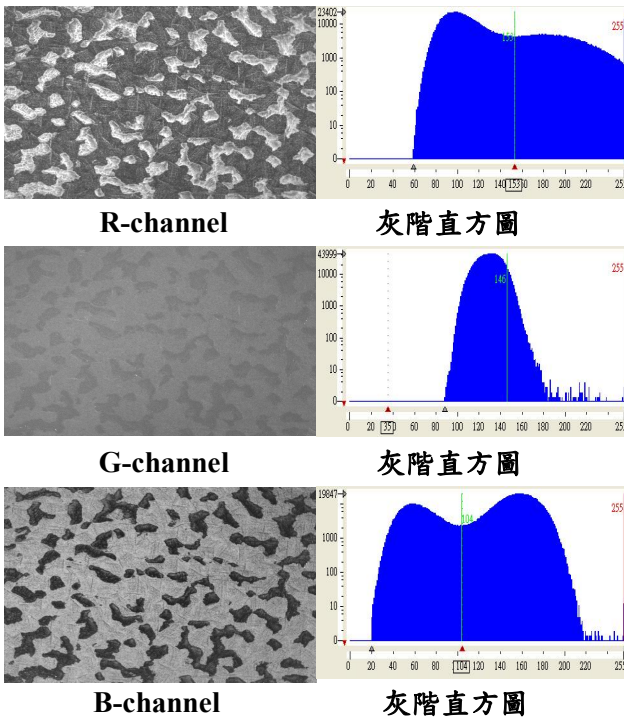


圖 8. 頻道分離並顯示灰階直方圖

4.2 閾值分割

閾值分割的原理建立在統計學的基本理論上，主要是根據影像的灰階值特性進行統計與分類，閾值(threshold value)的取得可以透過各種統計分析的演算法，計算出最佳的閾值數。閾值二值化(Binary Threshold)是將影像的灰階值使用一

個閾值來區隔，將灰階值大於閾值的所有像素點的灰階值設為 255，灰階值小於閾值的所有像素點的灰階值則設為 0 (反之亦然)，如圖 9 所示。在本實驗中是以 Kapur[8]的方法做為門檻值的決定方式。如公式 3 所示。

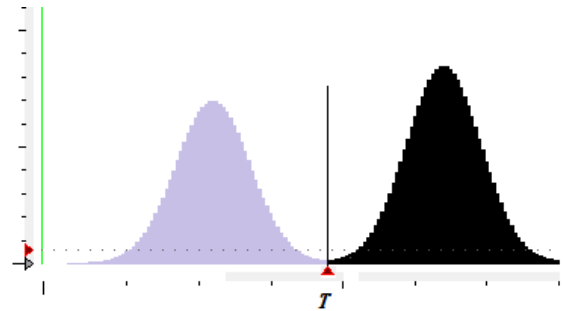


圖 9. 閾值二值化

$$G(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{for } f(x, y) \leq T \\ 255 & \text{for } f(x, y) > T \end{cases} \quad (3)$$

T 為設定的臨界參數

從圖 8 的 R、B-channel 灰階直方圖，可看出兩個波峯一個波谷，其中 B-channel 最為明顯，較能有效的圖取分析特徵，依據兩波峯之間最低點作為閾值將影像二值化，如圖 10 所示。

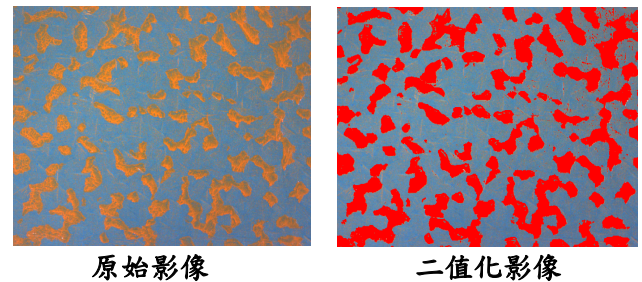


圖 10. B-channel 進行二值化

4.3 形態學處理

形態學是一門影像處理與分析科學，提供一些特別有用的方法，主要有下列基本運算：侵蝕(Erosion)、膨脹(Dilation)、開運算(Opening)及閉運算(Closing)，影像在特徵提取後，仍然有許多雜訊，需利用影像型態學技術將區域特徵內的孔洞填補(Filling)、特徵邊緣平滑化、去除雜訊等步驟，其定義式如下。閉運算是膨脹→侵蝕，在運

算過程中會使雜訊區塊變大後在將其邊緣平滑化；開運算是侵蝕→膨脹，運算過程中會使雜訊消除後再將其邊緣平滑化，故運用開運算將特徵邊緣的小區塊分離，呈現出有效的特徵區域，如圖 11 所示。

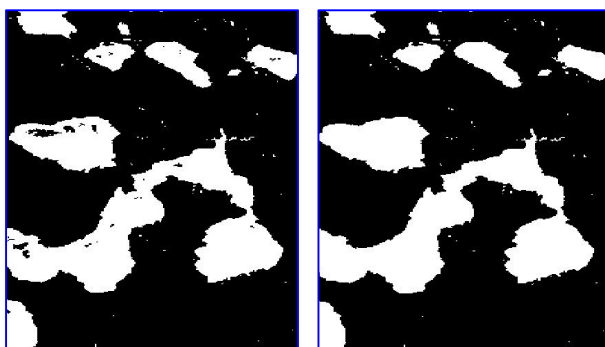
$$r = (r_{x-1} \oplus B) \cap \bar{R} \quad x=1, 2, 3, \dots \text{ (孔洞填補)}$$

$$R \ominus B = \{t | (B)_t \subseteq R\} \text{ (侵蝕)}$$

$$R \oplus B = \{t | (B^v)_t \cap R \neq \Phi\} \text{ (膨脹)}$$

$$R \circ B = (R \ominus B) \oplus B \text{ (開運算)}$$

$$R \bullet B = (R \oplus B) \ominus B \text{ (閉運算)}$$



a. 二值化影像

b. 填補(Filling)

c. 開運算(Opening)

d. 閉運算(Closing)

圖 11. 形態學運算

4.4 特徵分析

本研究主要是提取一英吋平方的承斑點數 PPI(Points per square inch)及承斑面積與總面積的比例 POP(Percentage of points)，主要應用的公式如下：

$$P = \sum_{i=1}^n pi \quad (4)$$

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m f(i, j) \quad (5)$$

$$A_i = A/P \quad (6)$$

P 為一英吋平方其特徵的點數， A 為區域特徵的面積， A_i 為區域特徵的平均面積。

5. 結果與討論

影像分析結果如圖 12 所示。PPI(Points per square inch)與 POP(Percentage of points)呈現於影像左上方，正方形區域為一英吋平方的面積，黃線框選的區域面積為合乎 A_i 且不過 20% 的特徵區塊。



圖 12. 鍍花加工面 PPI 與 POP 分析結果

6. 結論

打光的方式是非常重要的一个環節，影響著擷取影像的好壞，較早都是由鍍花師傅以經驗法則來判斷鍍花加工面之承斑好壞，目前本研究已成功運用機器視覺系統與影像演算法，搭配燈罩計算鍍花承斑點數及面積比例，並達到方便快捷檢測的效果，接下來可以使用 line-scan 分析較大尺寸之鍍花加工面與燈罩做平均誤差百分比，來證明其燈罩之準確性，運用統計學，制定承斑面積的標準差。

7. 參考文獻

- 1.張劍飛，馬岩，李傳東，2007，“基於圖像處李的人造板孔穴含量統計的新方法”，計算機工程與應用，P.183，P.184，P.196。

- 2.陳紹賢，陳彥升，林育賢，2011，“鏟花技術與高精度工具機之關係”，機械月刊第三十七卷第三期-工具機專輯，P.57- P.65。
- 3.邱奕契，邱柏誠，黃俊榮，2002，“彩色機器視覺在 BGA 鍍金區瑕疵偵測與分類上的應用”，PCB 製造與管理技術研討會，P.115- P.122。
- 4.Chau-Shing Wang, Wen-Ren Yang, Cheng-Yen Chung, Wen-Liang Chang, 2010, “Application of Image Processing to Wafer Probe Mark Area Calculation”, IEEE.
- 5.Riched King,「手動與電動鏟花技術訓練」, 2008 年 12 月。
- 6.劉瓔瑛，丁為民，沈明霞，2009，“基於背景差分法的稻米動態圖像檢測識別”，浙江農業學報，P.403- P.406。
- 7.Tung Hsien Hsieh, Wen Yuh Jywe, Hsueh Liang Huang, Shang Liang Chen,2011, “ Development of a laser-based measurement system for evaluation of the scraping work piece quality”, Optics and Lasers in Engineering,P.1045- P.1053。
- 8.R.C. Gonzalez and R.E. Woods, Digital, “Image Processing”2ndEd.Prentice Hall, New Jersey, 2002.
- 9.J. N .Kapur, P.K. Sahoo, and A.K.C. Wong, “A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram”, Computer Vision, Graphics, and Image Processing ,1985, P.273-P.285.