第三章 實驗設備及方法

3.1 實驗流程

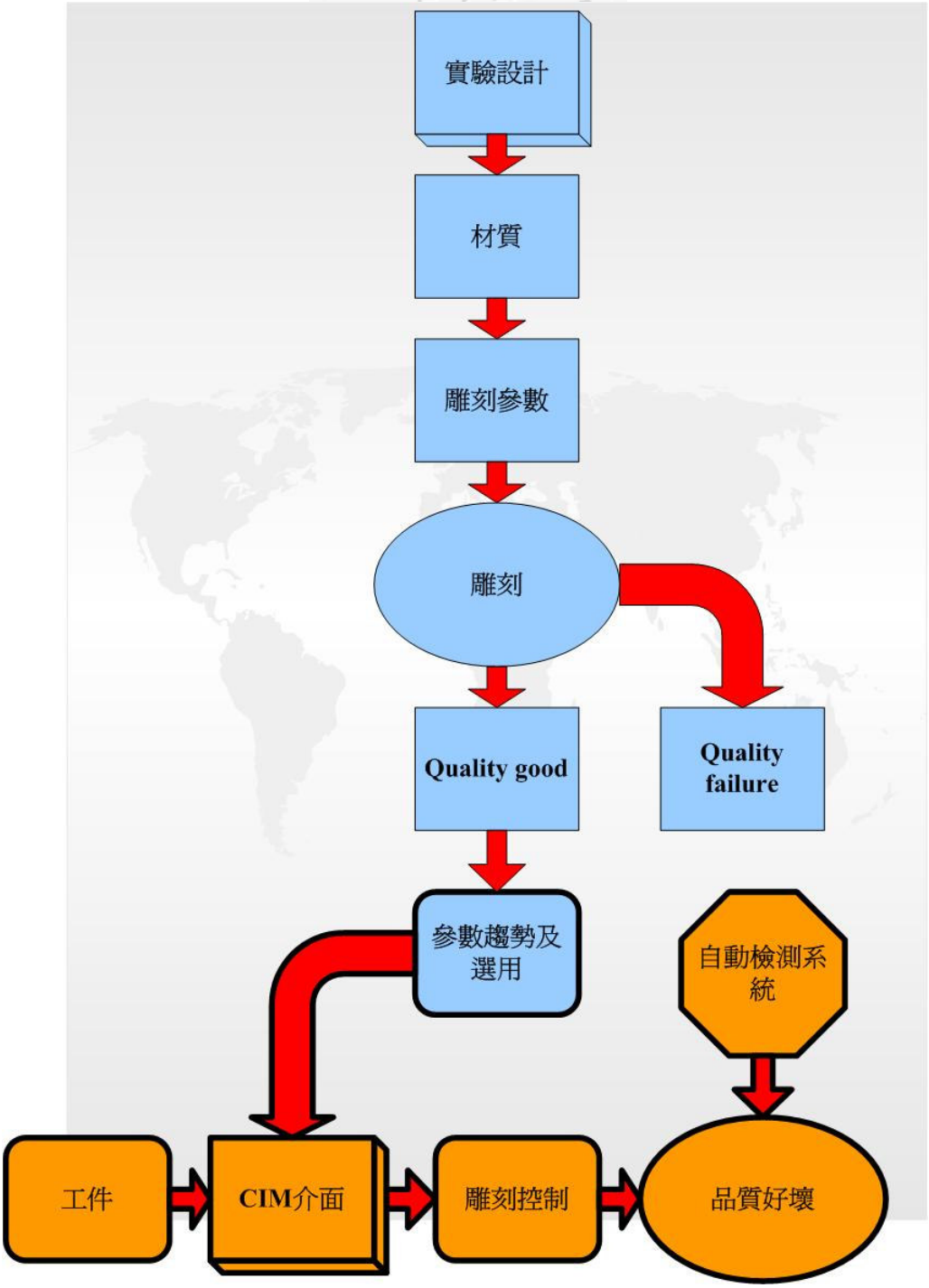

圖 3.1 智慧型雷射雕刻彈性製造系統架構圖

3.2 實驗材料

由於材料的種類繁多，在時間及經濟的條件下，因此在材料的選擇上，以市面上較常見的材料及較易取得的材料為主，本研究所選用的材料為壓克力(PMMA)、ABS 雙色板、電木(PF)及 PVC。

聚甲基丙烯酸甲酯[32][35]，縮寫 PMMA，俗稱壓克力如圖 3.2，工件尺寸為 100mm×20mm×3mm。它有優良的光學性能可以與光學玻璃媲美，折射率與光學玻璃相近，故被稱為光學塑料。壓克力具有高透光度、良好的耐候性及耐熱性，以及適用於高溼度環境、耐有機溶劑性、電氣(絕緣)等特性。不過其亦有抗衝擊性較低、防火阻燃等級的材料不透明之缺點，如本研究所使用之黑色壓克力。它的成型方法有澆鑄、射出成型、機械加工、熱射出成型，可以大量生產，製程簡單，成本低，因此，它的應用日趨廣泛，諸如廣告招牌、標示看板、天窗、日光燈罩及交通工具之門窗等皆是。

ABS 樹脂全名為丙烯-丁二烯-苯乙烯樹脂（Acrylonitrile Butadiene Styrene），工件尺寸為 100mm×20mm×1.5mm，如圖 3.3。ABS 樹脂是一種是介於工程塑料和通用塑料之間的一種消費量很大的合成樹脂。ABS 樹脂具有耐熱、表面硬度高、尺寸穩定，耐化學性及電性能良好，易於成型和機械加工等特點非結晶性熱可塑性塑膠，特性均衡不怕汽油的侵蝕，具有非常穩定的光面度。其特性可以從以下幾個方面探討：[40]

一、一般性質

(一)、耐磨性(Abrasion resistance)：ABS 樹脂的耐磨性很高，從 ABS 的製成品－旅行提箱、手機外殼等，可發現他們十分經久耐用，便可知其優良的耐磨性。

(二)、通透性(Permeability)：一般而言，各種 ABS 樹脂都具有不透

水的特性，但對水氣卻仍有輕微的通透性。

(三)、穩定性(Stability)：此處的穩定性包含了受熱偏轉與尺度的穩定性。用 ABS 塑料製程的物品，大小尺寸十分固定，不會受外界情況(如溫度)的影響而起大變化，這是 ABS 塑料明顯的一項特徵。ABS 樹脂的耐熱性也高，這項特性使 ABS 樹脂在溫熱的環境裡能夠保持體積尺度穩並不變，亦可使塗料在他們表面附著，可達到經久不變以及不剝落。

(四)、摩擦(Friction)：硬式的 ABS 樹脂之表面乾燥摩擦特徵很優良，耐變形的性能亦極佳，耐油性亦良好；故 ABS 樹脂成為適宜作為中等負荷、中等速率的承軸之材料。

(五)、黏結特性(Bonding qualities)：ABS 樹脂各品種之間很容易結合，利用各類膠合劑、黏附劑，ABS 樹脂與其他材料亦很容易黏結合併起來，其黏結強度甚至如同同一材料那樣牢固。

二、機械性質

(一)、抗張性：ABS 樹脂各級品種的的抗張強度，大致由 2600Psi(磅/平方吋)至 9000Psi[40]，而應變率的變化會稍略影響抗壓強度的值(ABS 樹脂的抗壓強度定義，是在屈服點的應力)。ABS 的屈服點伸長(Elongation at yield)一般都是由 2%至 4%，斷裂伸長度值(Ultimate elongation)則很難準確地測量到。

(二)、壓縮性：ABS 樹脂的壓縮強度，要比抗張性強度為大。一般而言，除了拿來比較之外，實際上在設計塑膠製品時，往往很少考量到壓縮強度。其他方面如負荷下的變形和時間相關的蠕變因素，在設計製品時更具備決定性的作用。

(三)、耐衝擊性：在室溫以及較低溫度下，ABS 製件的衝擊強度非常良好。受衝擊時所發生的折斷，是由於其抗張性而非其脆性。這點特性正好也表示 ABS 樹脂的韌性(Toughness)並非受內應力和定向的影響。

(四)、蠕變：ABS 樹脂耐蠕變性能程度，隨各級品種而不同，但是在受到低應力至中應力的情況時，其尺寸穩定性算是十分良好的。甚至供模製用的 ABS 樹脂典型品種，可以無限期的抵受 1000Psi 的張力負荷而毫不變形。

三、環境性質

(一)、耐火焰性：ABS 樹脂是可燃的，但是燃燒過程很慢，且燃燒時並不會產生滴液。由於他們並非屬於易燃惹火物料，所以基本上在其表面塗上膨脹性塗料層即能達到良好的耐焰性能。

(二)、耐化學藥劑：ABS 樹脂對於化學藥劑的耐禦能力一般都算良好。至於更深入的耐禦程度，則視塑料的品種級別、化學濃度、溫度、製程品受的應力等而定。基本上，ABS 樹脂幾乎完全不受水影響，遇水無反應、對無機鹽類，甚至許多種酸類都不起反應。不過它可溶於酯類、酮類、醛類和一些氯化碳氫化合物劑。

電木(PF) [32]工件尺寸為 100mm×20mm×2mm，如圖 3.4。是一種人造合成化學物質，算是一種塑膠產品。係由酚與甲醛聚合再加上鋸木屑、石棉或陶土等混合後而製成，故又稱酚醛樹脂，乃熱固性塑膠中的重要產品之一（熱固性塑膠，一旦加熱成型後，便凝固無法再塑造成其他東西）。其特性如下：

一、 耐衝擊良好

二、 機械強度高

三、 加工塑性良好

四、 耐磨性

五、 耐高溫

六、 電氣絕緣性極佳，可製造開關，通信器材及電視等零件。因為多用在電器上，故稱「電木」。

七、 此外，在耐化學性質方面，電木可禦水、醇類、滑酯、油類與一般家用化學品。

由於上述之特性，使得電木的應用層面相當廣，不論是電氣機械及收音機零件、電源開關，通信器材及電視等零件、電氣絕緣機件，電子絕緣器，通信及電表等配件，甚至是齒輪機械零件、軸承等都是屬於電木所能應用的範圍。

PVC 樹脂(Poly Vinyl Chloride) [41]中文名稱為聚氯乙烯樹脂，工件尺寸為 855mm×540mm×1mm，如圖 3.5；是一種來源豐富，產量高的通用塑料。其在工業、農業和日常生活上都得到廣泛的應用，依加入各種添加劑的不同，可制成各種規格的板、電線、電纜、插頭、薄膜、人造革等製品。一般而言 PVC 樹脂的用途依可塑劑填加多寡分為軟質及硬質兩大類。其特性包含如下：

一、 熱安定性不良，成形溫度與分解溫度範圍接近。

二、 流動性不良、外觀容易形成不良。

三、 會腐蝕模具。

四、 最易燒焦、產生酸性氣體。

五、 強度、電氣絕緣性、耐藥品性佳。

六、 加可塑劑會軟化。

七、 耐熱性不佳。

PVC 樹脂在現今的社會中佔有很重要的地位，五大通用 PVC 樹脂分別為低密度聚乙烯、高密度聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯與聚丙烯。針對本研究所使用的聚氯乙烯而言，它是屬於通用型樹脂，大抵上溫度的範圍為 75-85℃之間。其本身具有重量輕、強度高、耐化學藥品性好、印刷性、焊接性好、價格低廉等優點，因此廣泛用於農業、化工、電子、建築、輕工與機械等各部門。

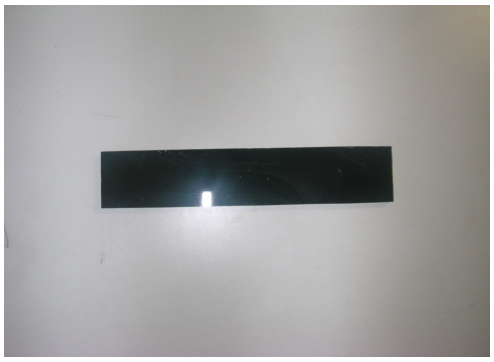

圖3.2 黑色壓克力

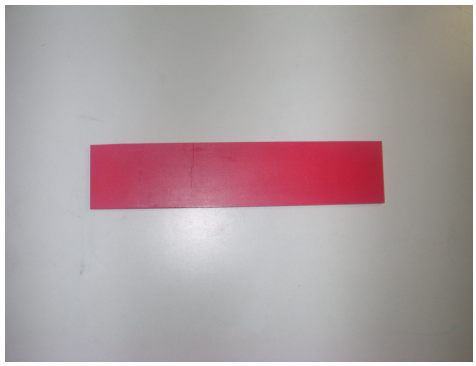

圖3.3 ABS雙色板

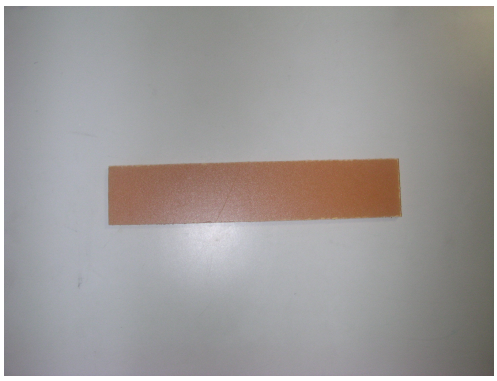

圖 3.4 電木

圖 3.5 PVC

3.3 實驗設備

本實驗所採用的實驗設備，名稱及基本用途描述如下：

一、 CO_2 雷射雕刻機：負責試片雕刻工作。如圖 3.6。

設備型號：SLT CO_2 Laser Marking

雕刻材質：有機材料、無機的非金屬材料

適用範圍：布料、壓克力、塑膠、水晶、紙張、電子零件、玻璃等非金屬材質。

電腦配備：奔騰級電腦/Multi GB Hard Drive CD-ROM Drive 及 31/2"Floppy Drvie

雷射系統：25 Watt CO_2 Laser 封密式二氧化碳雷射管(Sealed CO_2 Laser Tube)

電壓：115VAC, 13A

工作溫度：周圍溫度 55°F(13°C)至 109°F(43°C)

溼度 80%RH 以下不得有凍結之情形

放置場所儘量不要在有振動、衝擊、灰塵多之地方

雕刻範圍：100*100(mm)

焦距：1470 mm，鏡面至工件表面的距離。

雷射光點直徑：0.2 mm。

雕刻速度：350mm/second。

雷射主體：197H*179W*1245L。

控制箱：125H*523.7W*502.7L。

注意事項：(1)雕刻鏡面的材料時要注意眼睛。

(2)避免手直接接觸觸碰雷射光。

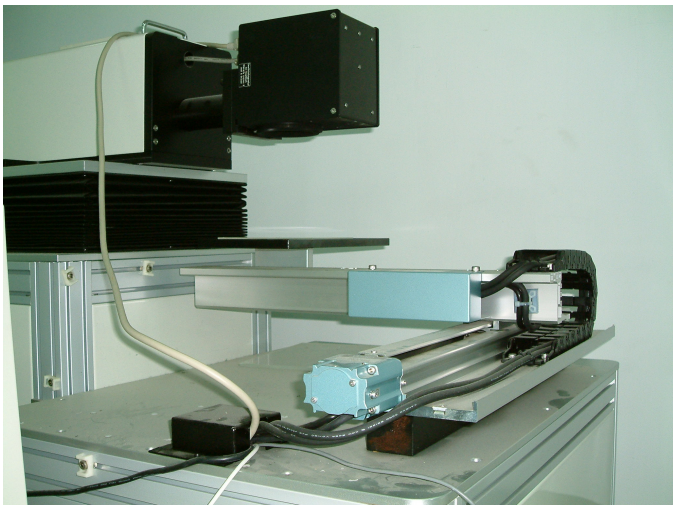

圖 3.6 CO_2 雷射雕刻機

二、微型視覺檢測系統：觀察及判別雕刻試片的品質。如圖 3.7。

設備型號：A210 V2

CPU：32-bit RISC CPU (高速處理版)

記憶體架構：512×480(畫素)×256 階層(36 組記憶)

操作環境：利用專屬 keypad 的選單選擇

外部入出力：RS232=2ch (最大 115200bps), 可對應 1.松下電工 PLC FP 系列 2.三菱電機 PLC A 系列/FX 系列 3.OMRON PLC C 系列 4.A-B PLC SLC500 系列

連接鏡頭：高速隨機鏡頭 ANM831A 標準鏡頭 ANM832A 使用 NTSC 信號輸入(但會佔一個連接埠)

操作電壓：24V DC 小於 0.9A

設定資料備份：設定的資料可利用備存軟體儲存於電腦

主要功能：(1)二值化層級檢測：256 層的灰階影像轉換成 2 層(黑與白)的影像稱為二值化。

(2)灰階邊緣檢測：對灰階的外型、邊界變動做精確的處理，能利用精確的副畫素來檢測邊緣的座標值。

(3)智慧型匹配：先登錄基本影像，並從檢測框檢測與登錄影像的相似度。

(4)影像傳輸：利用 RS232 將影像擷取出來。

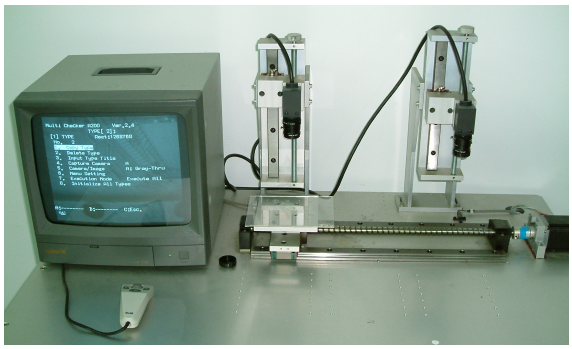

圖 3.7 微型視覺檢測系統

三、光學顯微鏡：

設備型號：STM6。製造商：Olympus。代理商：元利儀器股份有限公司。附汎達科技PSC3000Pro專業量測軟體Ver2.23，可直接做標註尺寸及影像擷取。

觀察倍率：50X ~ 1000X

圖 3.8 光學顯微鏡暨影像儲存系統

3.4 實驗程序與方法

本實驗試片所採用的材料為上述 4 種，在雕刻之前，我們需先對試片清潔做清潔的步驟，在雕刻處不得有油污、銹蝕、毛邊、灰塵等，以確保雕刻的品質。又在雷射加工中，根據文獻資料 [4、5、7、10、11、12 等]得知輸出功率(w)、切割速度(v)、脈衝頻率(f)及脈衝寬度(ms)等對於雕刻面深度及寬度的影響較大，故本研究以此雷射雕刻加工條件作為輸入變數。其中，雕刻速度為雷射光移動的速率。雷射雕刻加工條件值範圍的選取係依據初步試驗結果和實驗使用之雷射加工機的性能而定。

在進行雷射雕刻之前，以紙先做好標準中心線，以方便調校雷射雕刻的範圍，圖 3.9 為試片置於雕刻範圍區內，接下來調好參數便可開始進行雕刻。

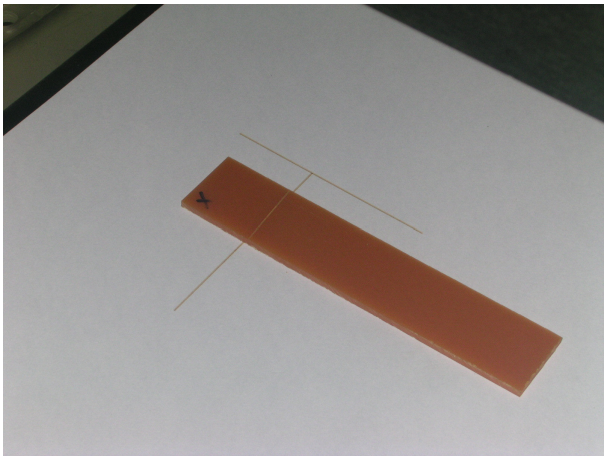

圖 3.9 試片於雕刻範圍區內示意圖

3.4-1 雕刻的深度、寬度及對比度

根據文獻[10]，判斷主要會影響到材料表面雕刻品質的因素有深度、寬度及對比度。要檢測一個工件的品質，本研究擬以上述三項來定義品質範圍，品質的好壞因人而異，因此本研究只找出不同的功率及不同的雕刻速度會對材質造成何種程度之深度、寬度及對比度。

雕刻寬度及深度可由光學顯微鏡來做量測，如圖3.10，由於市面上對於雕刻的應用是因產品而異，譬如，根據文獻可知功率愈大，雕刻深度愈深，因此在深度及寬度方面，本研究擬以實驗彫刻出來的深寬比中取一組適合其材料的實驗參數作為雷射雕刻系統介面資料庫的參數。

本研究擬定義取其深寬比愈接近0.5之數值為軟體內建資料的雕刻品質，當然，因為雕刻材質種類的繁多，大工件有大工件的深寬比例，小飾品亦有小飾品的比例標準，如果說需應用於一些表面的細微雕刻狀況，可因個人所需調整自我需要的比例值，作為其品質的一個固定依據標準，而對比度則選取欲高之對比度愈能清晰表現出雕刻的清晰度。

若當材料表面經過雕刻後，並未有明顯之對比度時，便可從材料之深寬比取其所需要的參數作定義，反之亦然。圖3.10為深寬比示意圖。

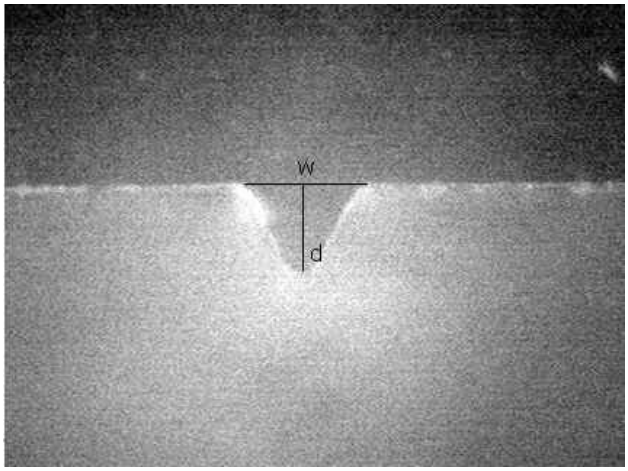

圖3.10 深寬比=d/w

對比度[33]所指的是畫面黑與白的比值，換句話說就是從黑到白的漸變層次。總而言之比值越大，從黑到白的漸變層次就越多，因此色彩表現越豐富，即是指最亮畫面(白色) 與最暗畫面(黑色) 之間亮度的比率。對比值越大，對比度就越大。一般而言，投影機有2種對比度測試方法，一種是全開/全關對比度測試方式，即測試投影機輸出的全白螢幕與全黑螢幕亮度比值。而另一種是ANSI對比度，它採用ANSI標準測試方法測試對比度，ANSI對比度測試方法採用16點黑白相間色塊，8個白色區域亮度平均值和8個黑色區域亮度平均值之間的比值即為ANSI對比度。

這兩種測量方法得到的對比度值差異非常大，這也是不同廠商的產品在標稱對比度上差異大的一個重要原因。對比度對視覺效果的影響非常關鍵，一般來說對比度越大，圖像越清晰醒目，色彩也越鮮明艷麗；而對比度小，則會讓整個畫面呈現模糊不清的狀態。再者，高對比度對於圖像的清晰度、細節表現、灰度層次表現都有很大的幫助。在一些黑白反差較大的文字顯示和黑白照片的顯示等方面，高對比度產品在黑白反差、清晰度、完整性等方

面都具有相當的優勢。相對而言，在色彩層次方面，高對比度對圖像的影響並不明顯。因此，對比度越高，人的眼睛越容易分辨出這樣的狀態。對比度愈高，愈能表現表面的立體感、色彩與明暗的層次感。

而本實驗之對比度擬由微型視覺檢測系統來做分析及判斷，本雕刻的對比度擬定義為C= H / G，其中G為雕刻前的灰階值，而H則為雕刻後的灰階值，此灰階值被分成256個等級，最黑的影像是0，最亮的影像是255，根據此雕刻對比度的定義，當對比度愈高，其雕刻品質愈好便愈容易識別[10]。

關於對材料深度及寬度的量測，由於雕刻並不會有很深的刻痕，因此以一般的量測方法，如一般較低倍率顯微鏡量測，是無法精確觀察到的，而本研究係利用光學顯微鏡以45倍倍率觀測其雕刻深度及寬度。而試片材料之對比度則利用微型視覺檢測系統做二值化分析。此灰階值被分成256個等級，最黑的影像是0，最亮的影像是255，圖3.11為PVC材料之對比度觀測圖。

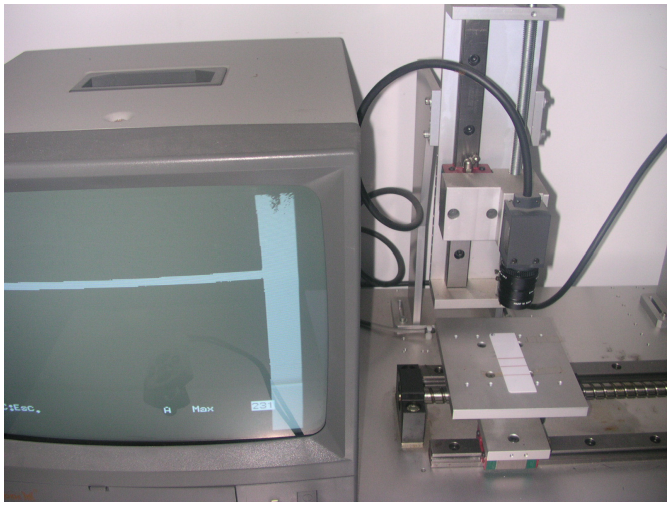

圖3.11 PVC材料之對比度觀測

3.4-2 材料雕刻參數設定

為了維護機器，並避免其他因素產生的誤差，一般皆先將雕刻機運轉一段時間，再開始進行實驗。雷射雕刻是一種利用高功率密度光束，進行雕刻之加工製程。在此我們採用 CO_2 雷射，並測試多種材質，以完成雕刻工作。雷射雕刻為機械以雷射激光在物體表面作雕刻之動作，依雷射激光之功率的不同，及雷射激光光束密度之不同，可以產生各種不同之效果，可以將烤漆或電鍍之表面氣化，而顯現材質原色，且雕刻層已達材質內部，故不會像印刷一樣，因經常觸摸而脫落。

因為不同的材質有不同的雕刻參數。基本上，雕刻品質的要求是雕刻表面要清晰可見，雕刻深度夠，如此才算符合標準。

在測試雕刻參數前，必須先將雷射焦距調好，方能開始測試參數。CO_2 雷射主機基本參數為：

Voltage：雕刻機之電壓(V)，最大輸出功率為 25W，本實驗從 6W 至 25W。

Mark-Speed：雷射進行雕刻時的速度以 mm/s 為單位。

聚焦點的直徑為 0.2mm。

焦距：壓克力距雷射頭的距離，為 147 mm。

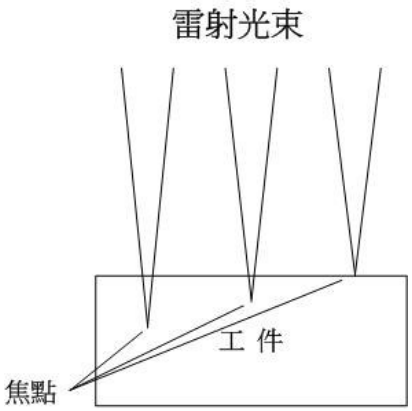

圖 3.12 雷射聚焦位置示意圖

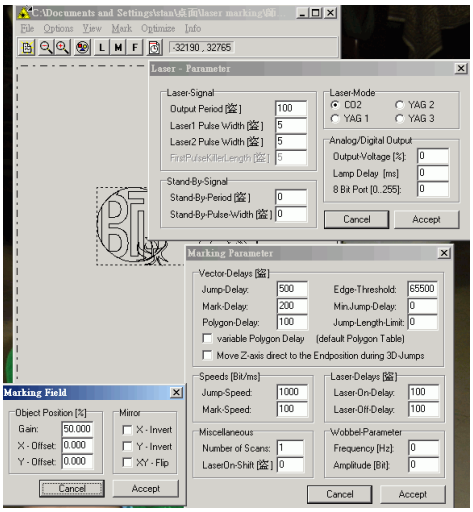

圖 3.13 參數操作圖

關於機台設定部份，主要為工作台、X、Y、Z 等。下列分別敘述之：X-Y Table：由 PC 控制，利用伺服馬達精確到點控制。每次移動單位為 0.01mm，X 軸向可到 450mm，Y 軸向可到 300 mm，如圖 3.14。雷射頭高度 (Z 軸)：可以側邊開關控制升降做微調。

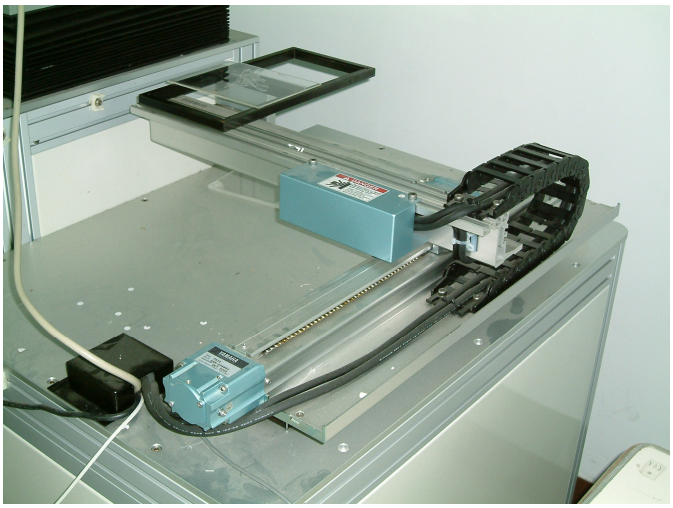

圖 3.14 壓克力放置圖

表 3.1 參數設計表

參數 A(功率 W)	參數 B(雕刻速度 mm/s)		
6	20	40	70
9	20	40	70
12	20	40	70
15	20	40	70
18	20	40	70
21	20	40	70
25	20	40	70

我們以上述參數做為基準，採用 2 參數表，一種材料共 8 組樣本。各參數之設定水準如表 3.1 所示。

3.4-3 微型視覺檢測系統觀察

微型視覺檢測系統可以觀察材料的品質好壞及每次的差異性，本實驗選擇其中一項功能—二值化層級檢測，我們取所有雕刻完的彫刻件做二值化判定，依據 C=H/G，先取出對比度較高的彫刻件幾組，再將其彫刻件拿到光學顯微鏡下量測其寬度及深度，再從這幾組中找出寬度及深度在一個水準值下的參數，便將此參數紀錄，並登錄在資料庫中。圖 3.15 為微型視覺檢測系統之二值化層級檢測，256 層的灰階影像轉換成 2 層(黑與白)的影像稱為二值化。

表 3.2 slice level

Min	Max
0	255

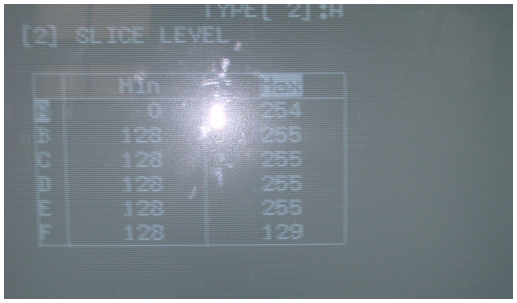

圖 3.15 二值化層級檢測