

出國報告（出國類別：實習）

3D 雷射雕刻機操作及維修技術學習

服務機關：中央造幣廠

姓名職稱：張智強 工程師

呂宗城 工程師

派赴國家：德國

出國期間：108年8月25日至108年9月5日

報告日期：108年11月15日

摘要

為提高精鑄幣與流通幣的仿製難度及防偽效果並考量幣模雷雕製程及產量需求，本場新購雷射雕刻機乙式，本設備主要規格包含雷射系統、量測定位系統、3D雷射雕刻能力、造幣專用雷射加工套件及自動定位校正與大批量印花模生產以提升工作效率等，可有效補強本廠雷射雕刻機加工能力不足部分，達到相輔相成之效果。

本次實習計畫為設備交機前，由職等二人確認製造商針對合約執行狀況及細部內容進行確認並進行設備介紹、設備運作原理、安全性、實作及簡易保養項目等教育訓練項目，以利後續設備點交驗收時可順利完成並投入生產的行列。

本次出國實習重點如下：

- (1) 雷射雕刻機簡介
- (2) 工廠驗收測試(Factory Acceptance Test)
- (3) 教育訓練部分
 1. 本案設備各部件說明及工作原理說明
 2. 光學鏡頭及快速更換裝置
 3. 雷射安全說明
 4. 雷射雕刻機軟體 AC-Laser 操作說明
 5. 雷射雕刻機對位系統使用說明
 6. 標記編輯雷射雕刻參數設定及模具實作
 7. 3D 雷射雕刻參數設定及模具實作
 8. 表面噴砂處理(Frosting)參數設定及模具雷雕實作
 9. 表面幻彩效果(Rainbow Effect)參數設定及模具雷雕實作
 10. 旋轉軸模組架設及實作
 11. 維修保養部分

目 次

壹、 目的	1
貳、 實習過程與實習重點.....	1
參、 心得與建議	23

壹、目的

雷射雕刻機之應用係現代造幣技術中不可或缺的一環，精鑄工場目前使用之雷射雕刻機係於 99 年 9 月購置，使用迄今已逾 7 年，加工能力局限於 2D 雷射雕刻，且無造幣專用雷射加工套件、自動定位校正與大批量生產等能力，加工效率與能力明顯不足，為使本廠永續經營，在科技日新月異的今日，確有提升加工能力之必要。

為提高精鑄幣與流通幣的仿製難度及防偽效果並考量幣模雷雕製程及產量需求，本場新購雷射雕刻機乙式，本設備主要規格包含雷射系統、量測定位系統、3D 雷射雕刻能力、造幣專用雷射加工套件及自動定位校正與大批量印花模生產以提升工作效率等，可有效補強本廠雷射雕刻機加工能力不足部分，達到相輔相成之效果。

因此，本次實習計畫為設備交機前，由職等二人確認製造商針對合約執行狀況及細部內容進行確認並進行設備介紹、設備運作原理、安全性、實作及簡易保養項目等教育訓練項目，以利後續設備點交驗收時可順利完成並投入生產的行列。

貳、實習過程與實習重點

一、實習過程

此次實習地點為 ACSYS 公司位於德國薩克森州米特魏達鎮(Mittweida)之組裝工廠，該公司成立於 2003 年，致力於雷射雕刻設備之開發與製造，並針對造幣技術提供全方面的解決方案，該公司表示其設備已銷售各國，包括加拿大、澳大利亞、中國大陸、波蘭及我國等地之造幣廠使用，設備及技術服務備受戶之肯定。

為了參與本實習計畫，於行前由本工場黃主任哲翰召開行前會議，針對雷雕機功能測試部分進行詳盡之規劃與安排，並由相關單位進行各項工作準備事宜，職等二人及代理商金巨達公司邱先生於本(108)年 8 月 25 日

搭乘華航班機經十三小時飛抵德國法蘭克福機場(FRA)，接著轉機搭乘漢莎航空班機飛抵德勒斯登機場(DRS)，由 ACSYS 公司安排之專車轉往米特魏達，約一個小時抵達目的地點。

本次實習講師前半段是由負責造幣業務開發的 Alexander Aminidis 經理向我們說明 ACSYS 組裝工廠整體導覽、新購雷射雕刻機目前的組裝狀態及工廠驗收測試(Factory Acceptance Test)，以下簡稱 FAT。後半段由應用工程師 Michael Hanckowiak 接手進行機台操作教育訓練部分。

本次實習訓練課程及探討主題如下：

(一) 雷射雕刻機簡介

(二) FAT 部分

依據合約需求進行各部件點數，在赴本次實習前已請本廠相關單位準備各式鋼料、印花模、圖檔及螺旋體銅章以利進行 3D 雷射雕刻(3D Engraving)、雷射噴砂處理(Frosting)、幻彩效果(Rainbow Effect)及微小字(Micro Text)、旋轉軸模組等測試項目。

(三) 教育訓練部分

12. 本案設備各部件說明及工作原理說明
13. 光學鏡頭及快速更換裝置
14. 雷射安全說明
15. 雷射雕刻機軟體 AC-Laser 操作說明
16. 雷射雕刻機對位系統使用說明
17. 標記編輯雷射雕刻參數設定及模具實作
18. 3D 雷射雕刻參數設定及模具實作
19. 表面噴砂處理(Frosting)參數設定及模具雷雕實作
20. 表面幻彩效果(Rainbow Effect)參數設定及模具雷雕實作
21. 旋轉軸模組架設及實作
22. 維修保養部分

二、實習重點

(一) 雷射雕刻機簡介^[1]

● 雷射產生的機制

雷射(Laser)是受激輻射的光放大(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation),是區別於普通光源的新型光源。

雷射的光發射則是以受激輻射為主,各個發光中心發出的光波,都具有相同的頻率、方向、偏振態和嚴格的位相關係。

雷射雕刻的實現主要是利用雷射光束在材料表面的三種效應:

1. 熔蝕效應

當雷射光束照射到材料表面後,材料吸收雷射的能量並向內層傳導,熔蝕就是利用雷射光束的高能量來打斷材料的化學鍵。當斷鍵破壞程度超過一定閾值時,材料表層便會有兩種變化:一種是表層材料形成碎片而剝落。另外一種是材料的表面熔融並重新流佈。雷射在材料表面的熔蝕效應會造成非常明顯的目視反差效果。

2. 汽化效應

在雷射對材料的作用過程中,被雕刻材料的表面溫度急劇上升,又會加速材料對雷射能量的吸收,當達到材料的汽化溫度時,材料表面會因為瞬時汽化而蒸發,汽化同時會引起瞬間氣壓急遽上升,高速氣流會將大部份蒸發物向外噴射,於是出現雕刻痕跡。

3. 光化學反應

由雷射所引起的材料的光化學反應,主要是發生在有機化合物上。在利用光化學反應雕刻材料時,由於材料分子結構會發生變化,這種變化在雕刻區域最直觀的反映,就是材料的顏色會發生明顯的改變。

[1]參考文獻:張國順、鄭壽昌《現代雷射製造技術》。

● 雷射雕刻之優點

1. 雕刻範圍廣

雷射的強度極高，不僅能對各種非金屬材料進行雕刻，而且也能對金屬材料進行雕刻，甚至能雕刻耐火度很高，以及硬而脆的材料。

2. 雕刻速度快

一般的雕刻圖案，只要經過電腦的處理，再輸出到雕刻機製作即可，省掉了傳統雕刻技術中的繁瑣過程，雷射雕刻一般要比其他雕刻方法快到 100 倍以上，而且現在的雷射雕刻控制系統完全可以保證長期安全工作和精確控制。

3. 雕刻品質高

由於雷射強度高、方向性好，光束極細的雷射完全可以做到精細雕刻，雕刻品分辨率很高，可實現精細圖案和雲霧狀圖案。雷射雕刻時間短，所以被雕刻材料氧化、變形和熱膨脹影響的區域都比較小，一般不需要特殊保護就可以完成高精度的雕刻。

4. 雕刻耗能少

雷射雕刻與其他雕刻方式相比較，採用了一種能量使用很直接的方式，能量轉換環節少，而且雕刻過程中操作簡單、保護環節少，所以消耗的能量少，並且能夠提高工作效率。

● 金屬材料的雷射雕刻

金屬材料雕刻的傳統方法有三種，即機械加工法、光化學腐蝕法和電解加工方法。機械加工的方法有兩個缺點：一是當雕刻一些高硬質金屬，特別是經過淬火後的一些高硬質合金，因被雕刻材料比雕刻的刀具還硬，無法進行雕刻的。二是不能對圖案精細複雜的工件進行雕刻。應用光化學腐蝕的方法進行金屬雕刻，不僅加工的速度慢，而且由於不可避免的側腐蝕效應的存在，使雕刻深度受到很大的限制，且雕刻邊緣不整齊，如果遇到耐腐蝕性強的金屬，則高精細的圖案雕刻根本就無法保證品質。電解加工方法有其先天

的不足，是因為圖案複雜細膩的工件根本就無法作為陰極，而不能雕刻。

由於雷射雕刻金屬不受金屬硬度的限制，其技術難點是如何增加雷射精密雕刻的深度。雷射金屬雕刻機相對其他雕刻方法，設備簡單、成本低、加工尺寸大、適用材料範圍廣、精度高且沒有公害。

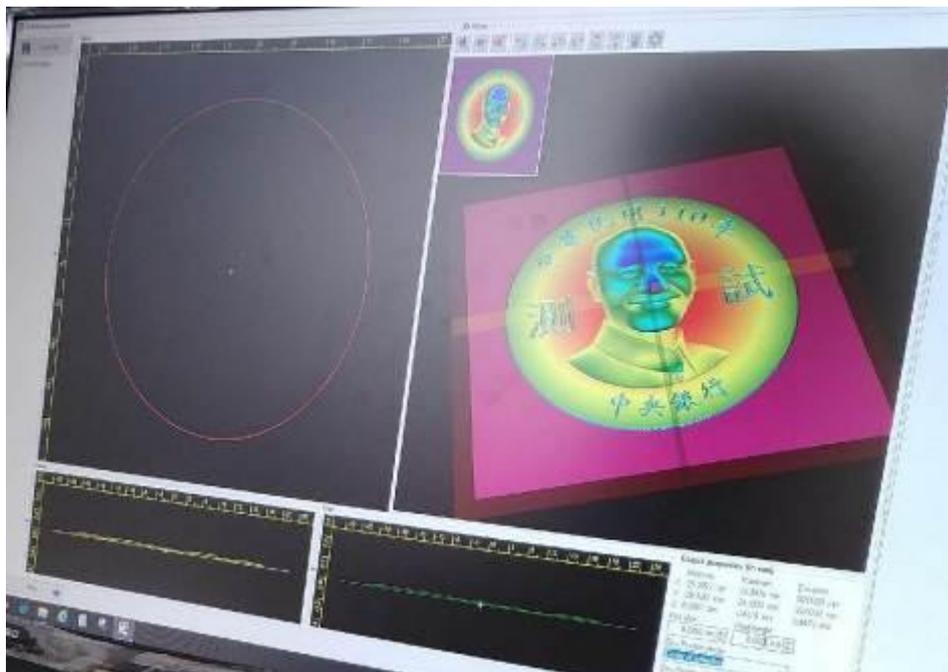
(二) FAT 部分

1. 設備物件點檢

包括雷射雕刻機一台、雷射源 20W 光纖雷射、鏡頭 4 只(f56、f100、f160、f254mm)、懸臂式控制台、控制電腦、雙相機系統、旋轉軸模組、抽氣及過濾系統、編輯電腦一組等等。

2. 3D 雷射雕刻(3D Laser Engraving)

由本廠雕刻師以 ArtCAM 軟體產製人像測試圖檔(STL 檔)匯入雷射雕刻機，可由軟體確認其設定之高度(如圖一)，並設定適當之雷射參數後，經 12 小時雕刻，目視確認其 3D 雷射雕刻鋼模效果良好(如圖二)。



圖一



圖二

3. 表面噴砂效果(Frosting)

由本廠雕刻師以 ArtCAM 軟體產製狗年生肖測試圖檔，利用 AC-Laser 軟體測試不同噴砂參數後製作於測試印花模上。

4. 表面彩虹效果(Rainbow Effect)

利用 f100 之鏡頭於印花模鏡面區域進行表面光柵刻紋路，此使模具在光照下形成表面彩虹效果(如圖三)。



圖三

5. 微小字(Micro Text)

以 AC-Laser 軟體設定 $60\mu\text{m}$ 字高之英文字體，透過不同焦距鏡頭雷射雕刻測試鋼料以達到清晰之字體之效果，人體的頭髮直徑約 $0.05\sim 0.08\text{mm}$ ($50\sim 80\mu\text{m}$)，可透過設定微小字雕刻參數以達到類似毫芒雕刻之效果(如圖四)。



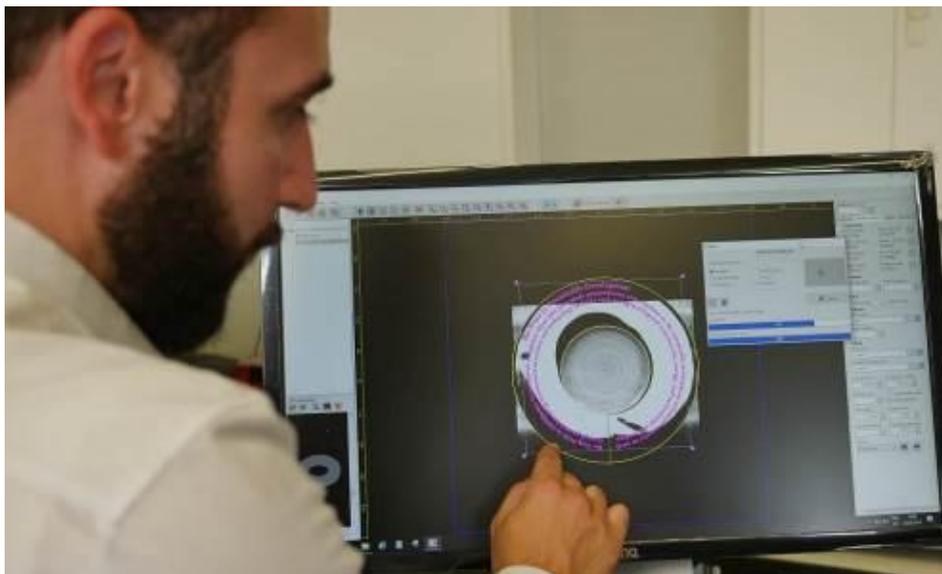
圖四

6. 針對幣邊雕刻及立體面之雕刻需求

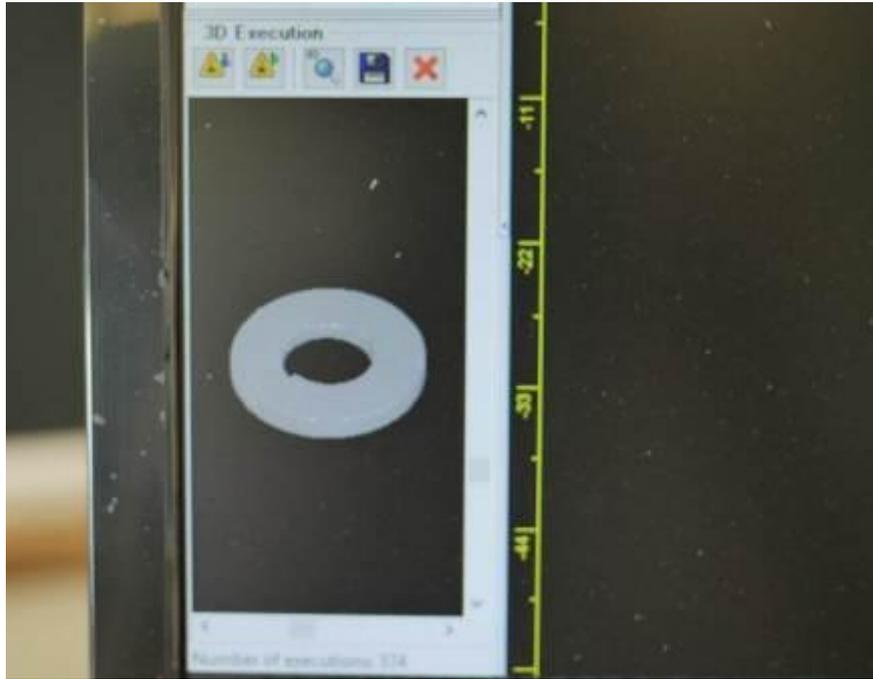
需架設三爪分度頭(Dividing Head)及專用治具夾取螺旋體獎章治具後雕刻幣邊(如圖五),幣面部分需匯入待雕刻字體之 DXF 檔案至 AC-Laser, 透過 CCD 對位方式進行定位(如圖六),因為螺旋體獎章需刻字區域並非同一平面,故需另匯入此雕刻物件之 3D 圖檔以利軟體進行動態對焦功能(如圖七),設定雷射參數後逐步刻字,可觀察在不同平面上雕刻時字體深度均勻(如圖八)。



圖五



圖六



圖七



立體正面之雕刻

圖八

幣邊且螺旋體之雕刻

(三) 教育訓練部分

1. 本案設備工作原理說明及各部件說明

設備工作原理

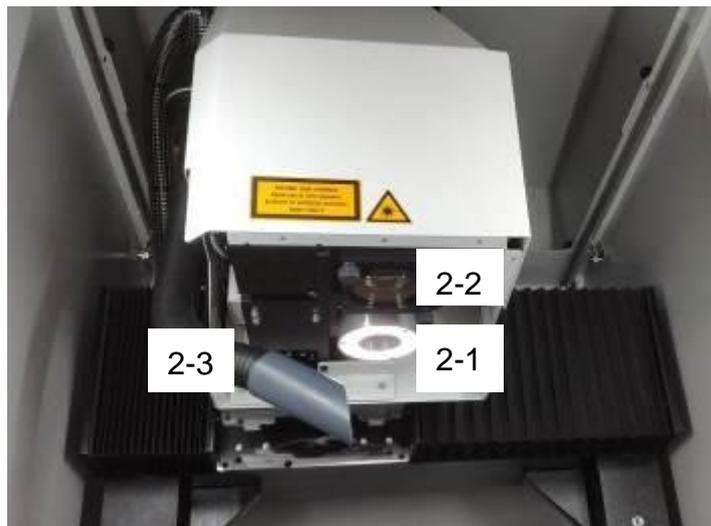
雷射光源產生後經由光纖(Fiber)導引進入光學組件(掃描振鏡)及光學鏡頭(不同焦距鏡頭有不同應用)，利用 AC-Laser 軟體提供指令給雷射控制器，使雷射光束產生不同能量之形式加工於物件上，其中電氣控制部分可精密控制 X、Y、Z 軸及旋轉軸，並可輸入 2D 或 3D 圖檔依據圖面需求進行精細的雕刻，在雕刻過程中產生的懸浮微粒可由抽氣系統(包括粗過濾及細過濾)還原成乾淨的空氣。



圖九

各部件說明(如圖九)

- (1) 雷射工作室：包含 XY 水平伺服控制平台及伺服控制 Z 軸、分度頭、旋轉分度臺，掃描頭光學組件及雷射光學組件(不同焦距之鏡頭)等。
- (2) LAS(Live Adjust System)相機系統及雷射振鏡掃描頭(如圖十)：
如圖示 2-1 的位置為 LAS 相機系統，如圖示 2-2 的位置為雷射振鏡掃描頭，圖示 2-3 的位置為雷射加工產生微粒時抽氣裝置。



圖十

- (3) 雷射工作室側門：需注意雷射加工過程不可開啟。
- (4) 主開關：雷射機台主開關旋鈕。
- (5) 控制電腦主機、雷射控制器(Laser Control)、雷射源(Laser Source)位置。
- (6) 操作電腦及懸臂式控制台：操作電腦主要用在對位鏡頭與加工物件對位，並透過軟體進行不同功能之雷射應用(Ex: 噴砂、3D 雕刻等模組功能選擇)。

懸臂式控制台按鈕或旋鈕分別為

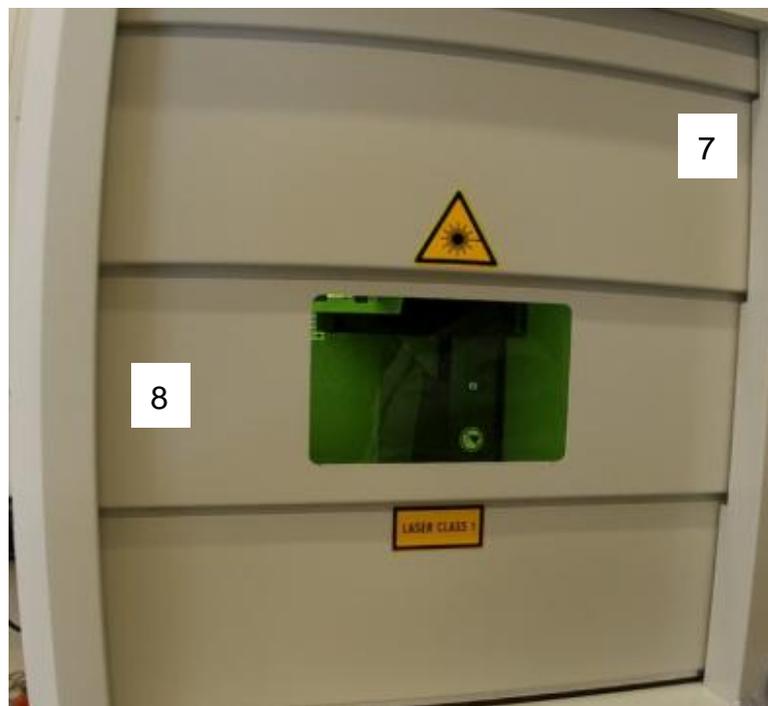
- A. 按鈕啟用軸向(Axis Release)
- B. 按鈕雷射停止(Laser Stop)
- C. 按鈕雷射啟動(Laser Start)

- D. 旋鈕可選擇一般模式及安裝模式(Normal /Install)
- E. 旋鈕啟動雷射控制器(Control On)
- F. 按鈕停止雷射控制器(Control OFF)
- G. 雷射控制器啟用信號燈
- H. 緊急停止雷射控制器



圖十一

- (7) 分段式自動門(如圖十二)：在門關閉時有手或物體卡在門的移動路徑上時，門會自動開啟避免人被夾傷或與物件擠壓造成門的損壞。
- (8) 雷射防護窗：可透過此部件觀察雷射加工物件，用以判斷雷射初期加工時雷射參數是否太弱或太強，以利及時修正雷射參數。



圖十二

- (9) 抽氣系統(如圖十三)

(2)點所提到之微粒抽氣裝置，其管線連接至如圖示之硬體，此過濾系統包含粗過濾(Pre Filter)至 $0.9\mu\text{m}$ 之顆粒、細過濾(Fine Filter)至 $0.3\mu\text{m}$ 之微粒及活性碳過濾(Active Carbon Filter)，操作面板顯示抽氣系統運轉狀態與濾心壽命。



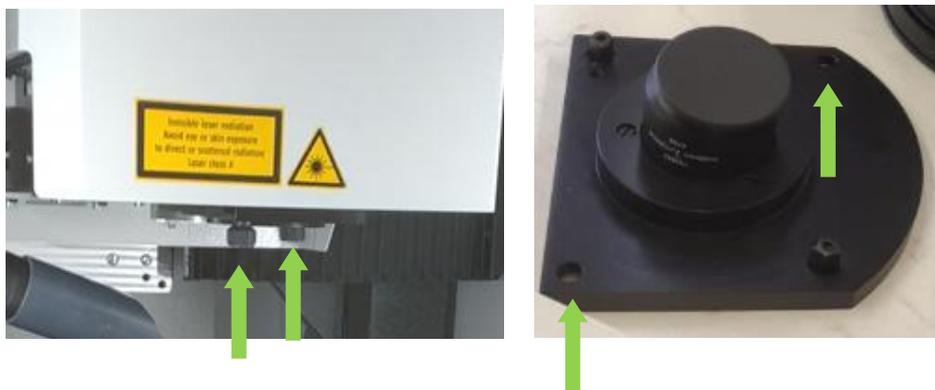
圖十三

2. 光學鏡頭及快速更換裝置：光學鏡頭分別為 f56、f100、f160、f256 四只鏡頭，f 代表 focus 意謂其焦距不同，可加工之範圍也不同，若需使用大範圍且能量較大的加工可用焦距較大的鏡頭，若需進行精細雷射雕刻可選擇焦距較小的鏡頭，但同時加工範圍也會被限縮，另外更換鏡頭時須注意開啟相對應之軟體，否則使用焦距較短之 F56 因 Z 軸行程移動將有撞機的風險。

表一：不同鏡頭之加工範圍及雷射光束大小

光學鏡頭	工作波長(nm)	加工範圍	雷射光束大小(μm)
F56	1064	18x18mm ²	15
F100	1064	70x70mm ²	20
F160	1064	100x100mm ²	40
F254	1064	118x118mm ²	65

快速更換裝置使轉換不同鏡頭變得相當容易，只需拆開鏡頭對角線的固定螺絲，拆下機台上的鏡頭，並裝上待使用的鏡頭後鎖上固定螺絲(如圖十四)，在控制電腦上選擇正確的焦距鏡頭後開啟 AC-Laser 軟體。另須注意鏡頭保護蓋是否有確實取下，否則將因雷射聚焦不正確導致鏡頭毀損。



圖十四

3. 雷射安全說明：分為軸向移動、電力、懸浮粒子及雷射光等四項安全說明
- (1) **軸向移動**：因雷射對位需要常在門保持開啟的狀態下進行各軸向移動，須注意人員頭手等部位是否在 XY 軸向移動的路徑上，或 Z 軸降低時與物件產生碰撞的狀況。
 - (2) **電力**：本案設備電力為 380V、32A，在機台雙側皆為高電壓、高電流之配電裝置，須特別注意電源已切斷才可開啟維修側門。
 - (3) **懸浮粒子**：在雷射雕刻物件時，雷射光轉為熱能使表面碳化的雕刻過程會產生許多微粒，就像我們看到施工人員用電鑽挖馬路時產生許多揚塵，這些微粒因為重量很輕，所以需花很多時間才能沉降下來，在加工過程中大部分是漂浮在空氣中，故需將加工產生的微粒透過馬達抽氣系統將微粒吸入過濾裝置並還原成乾淨的空氣，本案機台設定在進入雷射雕刻程序時，抽氣系統將會自動開啟。
 - (4) **雷射光**：本案之分段式自動門關閉時達到國際規範 IEC-60825-1:2014 劃分的雷射等級第一級，機器運作產生的可見或不可見雷射對人的眼睛和皮膚不會造成傷害，且在設備運作上分段式自動門關閉時雷射才會開啟，但須注意的是在側邊維修門並無此功能，所以在側邊門於雷射開啟時千萬不可打開、破壞甚至鑽孔等行為，這會使雷射外洩，雷射光具有高強度單一性，在距離 40 公尺遠雷射仍對人體有傷害，且本案設備雷射波長 1064nm 屬遠紅外線雷射，為不可見光，需有特殊設備才可觀察到雷射是否有外洩狀況。
4. 雷射雕刻機軟體 AC-Laser 操作說明
- (1) 主畫面菜單欄(Menu Bar)：包括功能(Functions)、工具(Tools)、註冊(Registration)、選項(Options)、幫助(Help)。其中較常使用為功能(Functions)，可選擇 3D 雕刻模組(3D Assistant)、標記編輯(Editor)、噴砂模組(Frosting Assistant)、光學自動判定物件(Optical Part Recognition)等功能。工具(Tools)選項可協助將雷射掃描頭中心(藍色十字開始雕刻點 Start Point)移至相機鏡頭中心(紅色十字線)。

(2) LAS 相機系統工具列：包括調整相機鏡頭的對比及亮度、回復相機原始設定、相機鏡頭中心十字線、量測工具、插入折線、編輯折線、接受折線、移動至雷射掃描頭中心後進入標記編輯模式(Editor)而不作任何軸向移動、Show Preview(預覽顯示 Editor)、將相機鏡頭中心(紅色十字線)重新校正移至雷射掃描頭中心(藍色十字開始雕刻點 Start Point)、幫助點(Help Point)可記憶許多雕刻開始點(Start Point)、ST(Stop)停止雕刻、ME(Multiple Execution)多重加工、TA(Dividing Head)旋轉軸模組控制、CAD 可輸入 DXF 圖檔等選項。

(3) XYZ 軸向(Axis)控制及自動門控制狀態(State)。

(4) CCD 即時影像或圖形預覽。

5. 雷射雕刻機對位系統使用說明

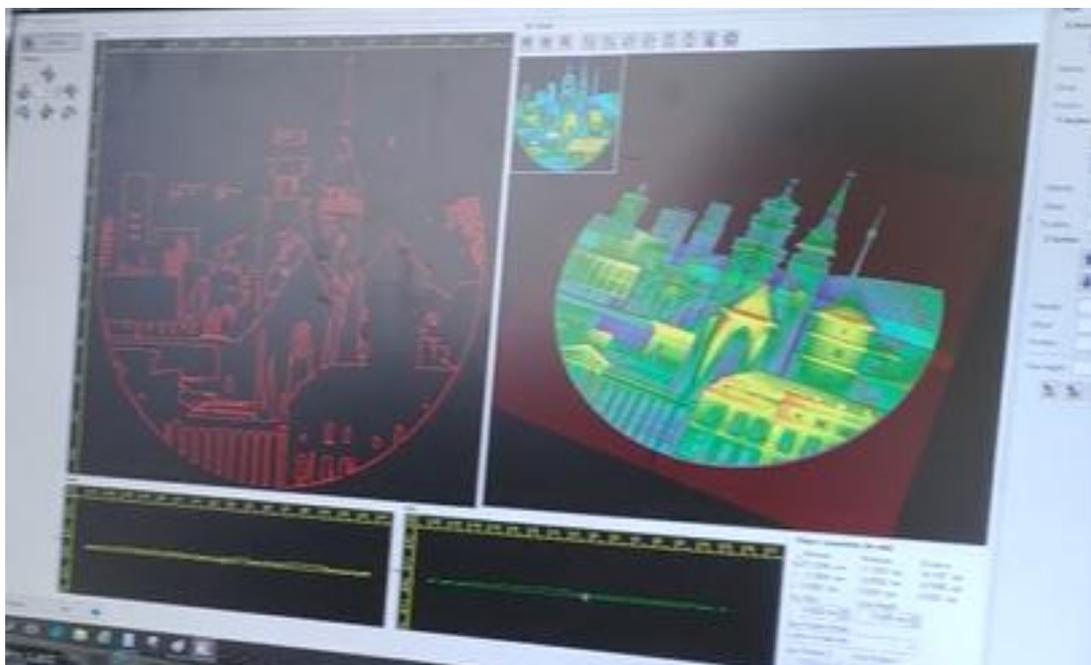
將相機鏡頭中心(紅色十字線)與雷射掃描頭中心(藍色十字開始雕刻點 Start Point)對到後，按下雷射雕刻執行鈕，雷射掃描頭將會移動到工件開始雕刻點並執行雷射雕刻動作。

6. 標記編輯(Editor)雷射雕刻參數設定及模具實作

包括工具列、元素群(Elements)、圖形預覽及雷射參數設置(Element Options)。工具列上有直線、三角形、矩形、圓形、文字、Bar code、多邊形等繪圖功能，對於本廠較實際的運用為把美工軟體編輯好的 2D 檔案(本機台可匯入 DXF 檔及 DWG 檔)匯入雷射雕刻機，雷射參數設置完成後加以雕刻或運用噴砂效果於所需之工件上。

7. 3D 雷射雕刻參數設定及模具實作

- (1) 在主選單選擇功能(Functions)中的 3D 雕刻模組(3D Assistant)，可載入 3D STL 檔。
- (2) 透過空白鋼料確認一次雕刻參數移除厚度(Ex:0.38 μm)輸入至模組中，軟體將會計算雕刻 3D STL 檔(Ex:0.3mm)所需要的切除層數(Slice count)。
- (3) 透過 CCD 對位並搭配軟體移動至雕刻物件。
- (4) 由模組中(如圖十五)確認圖案雕刻為陰模雕刻(Negative Engraving)或陽模雕刻(Positive Engraving)。
- (5) 有時候因參數設定問題可能導致雕刻情況不理想或不正確，因 3D 雕刻時間可能高達 8~12 小時，若一開始即設定錯誤會浪費許多時間，所以按下開始雕刻後須確認雷射雕刻火花是否正常，若火花不正常須即時調整參數。



圖十五

8. 表面噴砂處理(Frosting)參數設定及模具雷雕實作

(1) 利用編輯(Editor)方式：

此應用於欲加工區域已有現成的 2D 平面圖檔，可匯入圖檔進行雷射參數設定並進行雷射噴砂，對於加工區域亦可透過軟體設定進行主題噴砂之效果(如圖十六)，或背景砂面之反向效果(如圖十七)。



圖十六



圖十七

(2) 利用噴砂模組(Frosting Assistant)方式：

此可應用在無 2D 平面圖檔時，可自行繪製所需噴砂位置產生噴砂區域檔案(如圖十八手動繪製形成圖十九可應用噴砂之圖檔)，但此方式一來可能因操作者繪製方式造成有些微差誤，另外圖案若較為複雜需花費一些時間進行圖案之繪製，建議由美工人員利用原始圖檔製作 2D DXF 檔以利後續進行噴砂效果製作。



圖十八



圖十九

9. 表面幻彩效果(Rainbow Effect)參數設定及模具雷雕實作

在功能選單上設定(Setup)中有一個選項為開始參數搜索(Start Parameter Search)可製作如圖二十的功率(Power)和速度(Speed)之XY矩陣圖，X軸部分為參數功率(Power)隨X軸正向方向功率遞增，Y軸部分為速度(Speed)隨Y軸正向方向速度遞增，透過製作矩陣圖以利我們快速篩選適合之參數。

此功能亦可於抓取篩選參數時使用。

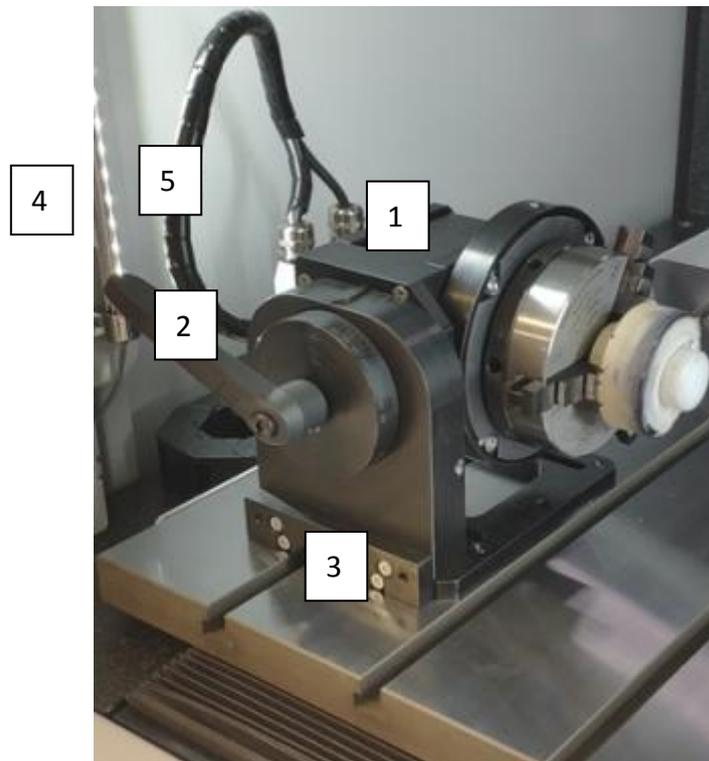


圖二十

10. 旋轉軸模組架設及實作

硬體部件說明(如圖二十一)：

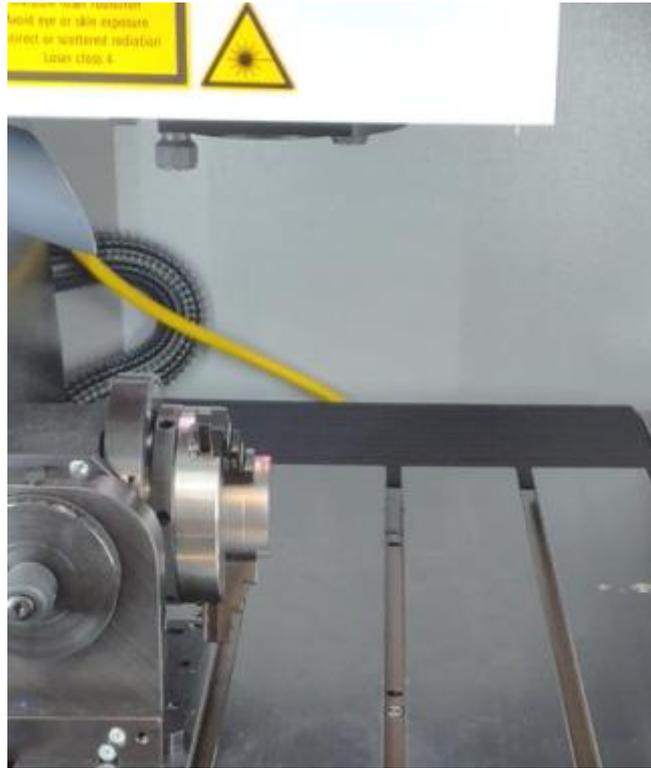
1. 滾動卡盤，前端為 3 爪夾持物件
2. 角度刻度的讀取標記，用 0~90 度的刻度進行角度設置
3. 安裝於機台上之底盤
4. 連接電纜
5. 電動機與量測系統編碼器的接頭



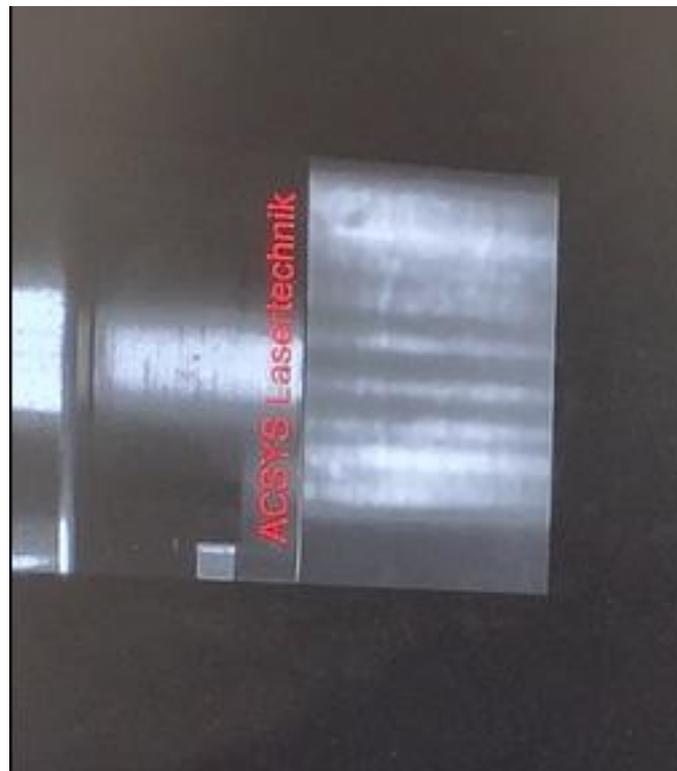
圖二十一

軟體使用說明：

1. 開啟桌面軟體 AC-Laser f160 DH，需特別注意開啟錯誤軟體將會使鏡頭焦距錯誤導致鏡頭撞到旋轉軸物件，導致鏡頭毀損。
2. 量測物件尺寸輸入至軟體並利用 3 爪夾取物件(如圖二十二)。
3. 進入編輯(Editor)模式將待雕刻檔案輸入(如圖二十三)，透過軟體設定移動待雕刻文字或圖案對位至物件上。
4. 設定雕刻參數後啟動雕刻。



圖二十二



圖二十三

11. 維修保養部分

- (1) **線性滑軌**：XY 平台移動之滑軌在運作一段時間後(原廠建議一年一次)需進行上油保養，以確保其軸向移動順暢。
- (2) **光學鏡頭**：操作前須檢視光學鏡頭是否有髒污或顆粒沾附，需以拭鏡布擦拭清潔鏡頭表面之髒汙或微顆粒，特別注意不可用水或刺激性之化學藥品會汙損鏡頭表面。
- (3) **抽氣系統**：需注意抽氣系統之濾心使用壽命是否已達到需更換之程度(顯示反黑滿格時，表示需要更換濾心)。

參、心得與建議

- 一、 在操作安全性上有防止雷射外洩、觸電、微粒汙染、軸向撞擊等四大部分，設備操作前須檢點自動安全門功能是否正常、側邊維修門是否緊閉以避免雷射外洩的狀況，雷射開啟後確認抽氣系統是否正常運轉以確保有效地抽取雷射鋼料表面造成之懸浮微粒，使操作人員可安全無虞的狀況下進行雷射作業。
- 二、 透過本次實習機會巡訪製造工廠觀察設備在各階段生產樣態，可更瞭解設備內部組成、運作原理及維修保養重點工作，並直接與原廠技術人員交流討論，瞭解機台在使用上需注意的重點問題，對於設備投入生產時可更為有效率以減少自行摸索的時間，建議日後本廠購買相關國外設備時持續派員至原廠進行實習訓練。
- 三、 ACSYS 之雷射雕刻機對於本廠之多層次噴砂效果提升具有非常重要之地位，現有人員需費工費時反覆作業以達到噴砂效果，對於局部區域複雜或微小的狀況下傳統工法有其限制無法製作，而新購雷射雕刻機若須達到此效果除了在設計端考量圖案搭配性外，美工軟體需產製 2D 噴砂圖檔載入雷射雕刻機是相當有必要的，畢竟圖檔即是給予雷射雕刻機加工路徑，透過操作者找到最佳的雷雕參數，互相搭配才可使設備達到最大之效能，並完美達

到我們所要的效果。

- 四、ACSYS 之雷射雕刻機在 3D 雷射雕刻領域上初步看起來可應用於本廠祖模雕刻(Master Die Engraving)，迥異於傳統工法，其實際參數及生產條件仍需持續測試與驗證以達到設備功能完善與加快生產之可能性。目前對於幣章主題為建築物、會徽、校徽等可直接利用本廠現有美工軟體繪製 3D 圖檔，其圖檔即可直接載入雷雕機進行 3D 雕刻，但其他如人物、生肖等需以傳統石膏盤製作才可強烈表現出雕刻之細微工法，現階段其 3D 圖檔僅能以掃描器設備方式產生，目前所使用之掃描設備費時效率不佳且效果受到環境之震動影響，影響後續修圖需花費更多之時間等問題，建議評估增購功能效率更佳之 3D 輪廓掃描設備，以使石膏盤完整掃描形成 3D 圖檔，減少美工人員修補在掃描過程產生的片面區域遺失或雜訊部分。
- 五、為強化設計端及拋模作業之聯繫協調，需建立溝通機制並強化設計人員與工程人員之教育訓練及實作能力，使設計人員能充分瞭解本台雷射雕刻機工作及處理能力，後段工程人員亦能完整加工，展現設計師設計概念及元素，提昇本廠產品工藝能力。