

修平科技大學機械工程學系  
實務專題論文

鈦合金銲接性質研究

指導教授： 林永隆  
班級： 機械四甲  
組長： 邱俊源 BA99100  
組員： 李睿霖 BA99026  
宋雲揚 BA99046  
吳柏慶 BA99047

中華民國一〇二年十二月三十一日

## 摘要

我們做的專題題目是鈦合金鐸接性質研究，以鈦合金(Ti-4Al-20V-1Sn)來當作母材，用雷射鐸接和氬鐸兩種不同的鐸接方式，共有六種鐸接參數做實驗，鐸接完的試片以拉伸實驗來評估它的鐸接性質，同時我們也做金相觀察、硬度試驗、X光繞射來觀察材料性質與結構的變化。

拉伸試驗的結果顯示，雷射鐸接試片的抗拉強分別是707MPa與723MPa，符合鈦合金的規格，但是氬鐸的抗拉強度為312MPa與240MPa，顯示氬鐸這樣的鐸接參數並不適當。

以硬度試驗的結果來看，雷射鐸接是鐸道的硬度比母材高，氬鐸則鐸道硬度比母材低，由此可見雷射鐸接鐸道的強度高於氬鐸鐸道的強度，可能的原因是雷射鐸接每單位長度輸入的功率與氬鐸不同，經由計算雷射鐸接對材料輸入的功率分別為3000W/M與1500W/M，氬鐸為12000W/M與14000W/M，氬鐸輸入的功率大很多倍，鐸道冷卻速度慢，晶粒變大造成硬度變低。

X光繞射的結果顯示，母材它是體心立方(BCC)結構，而四個鐸道的X光繞射圖，在低角度(20度左右)有訊號產生，經過查表比對後，我們猜測它是 $\text{Al}_3\text{Ti}_{0.8}\text{V}_{0.2}$ 化合物。

## 致謝

本專題得以順利完成，感謝指導老師林永隆細心引導、耐心協助我們，並且不厭其煩和我們討論專題研究細節及研究疏失並給予我們幫助，從專題中不僅學到專業知識及經驗，更學到了處事態度及思考方式的多元化，使我們受益無窮。

同時感謝【高鐵科技股份有限公司】經理－陳政方先生，協助我們完成拉伸實驗，並提供數據，以利報告完整。

在這段過程中，學到許多課堂學不到的事，雖然遇到許多瓶頸，但在組員們的合作下一一克服。最後，謝謝一起完成專題的組員，不畏懼種種艱辛，順利熬出頭，過程中的酸甜苦辣都因專題完成劃下句點。感謝大家。

# 目錄

摘要 .....	I
致謝 .....	II
目錄 .....	III
圖目錄 .....	IV
表目錄 .....	V
<b>第 1 章緒論 .....</b>	<b>1</b>
1.1 前言 .....	1
1.2 研究動機 .....	1
1.3 時間進度管制 .....	2
1.4 工作分配 .....	2
<b>第 2 章實驗步驟 .....</b>	<b>3</b>
2.1 銲接試片 .....	3
2.2 銲接設備 .....	4
2.3 拉伸試驗 .....	5
2.4 金相與微硬度測試 .....	6
2.5 X 光繞射分析 .....	6
<b>第 3 章結果與討論 .....</b>	<b>7</b>
3.1 金相觀察 .....	7
3.2 微硬度測試結果 .....	8
3.3 X 光繞射數據 .....	10
3.4 拉伸試驗 .....	13
3.5 具體成果 .....	14
<b>參考文獻 .....</b>	<b>15</b>

## 圖目錄

圖 1.1 計畫進度管制圖 .....	2
圖 2.1 板材尺寸 .....	3
圖 2.2 雷射銲接和氬銲 .....	3
圖 2.3 拉伸試片 .....	5
圖 2.4 拉伸試驗機 .....	5
圖 2.5 冷鑲埋後的試片 .....	6
圖 3.1 金相照片 .....	7
圖 3.2(A) 3000W/1M.....	8
圖 3.2(B) 3000W/2M.....	8
圖 3.3(A) TIG-120A.....	9
圖 3.3(B) TIG-140A.....	9
圖 3.4 母材 .....	10
圖 3.5(A) 氬銲 120A.....	11
圖 3.5(B) 氬銲 140A.....	11
圖 3.6(A) 雷射銲 3000W/1M.....	11
圖 3.6(B) 雷射銲 3000W/2M.....	12

## 表目錄

表 1 工作分配表 .....	2
表 2 銲接參數 .....	4
表 3 拉伸數據平均值 .....	13

# 第1章 緒論

## 1.1 前言

鈦合金有一些重要的特性，例如：高的比強度、優良的抗腐蝕性、好的韌性、低的熱膨脹係數、抗高溫潛變、很好的成型性，鈦合金材料乃為提高航空機具飛行性能而開發的高性能材料，隨著工業技術及科技的進步及人們消費能力的提昇，其應用領域也由早期的航太工業逐漸擴展至其他領域，諸如船艇、汽車、運動休閒器材及生醫器材等行業，人類的關係越來越密切；隨著鈦合金應用普及化之後所必須面臨的問題，則是如何克服鈦合金各種加工技術的難題。

鈦合金鉚件常常用在核子工程、土木工程、運輸與橋梁工程、石化、電廠工業、醫療器材零組件、運動休閒用品及軍用的車輛或是太空工業。鈦合金的鉚接技術具有挑戰性，因為在溫度高於 550 度 C 的時候，具有很高的活性，常常會跟氮/氧/碳/氫等元素反應，產生脆裂。

## 1.2 研究動機

我們想要比較鈦合金的雷射鉚接與氬鉚兩種鉚接方式的鉚接性質，觀察數據的變化，得到最佳的鉚接參數，以此方法讓我們更了解鈦合金。

### 1.3 時間進度管制

本專題研究內容共分為資料收集及研究、線切割、研磨拋光、硬度試驗、X光繞射、拉身試驗、結案報告等7項，我們花了比較多時間在前置作業上面，各工作項目時程進度如下圖所示。

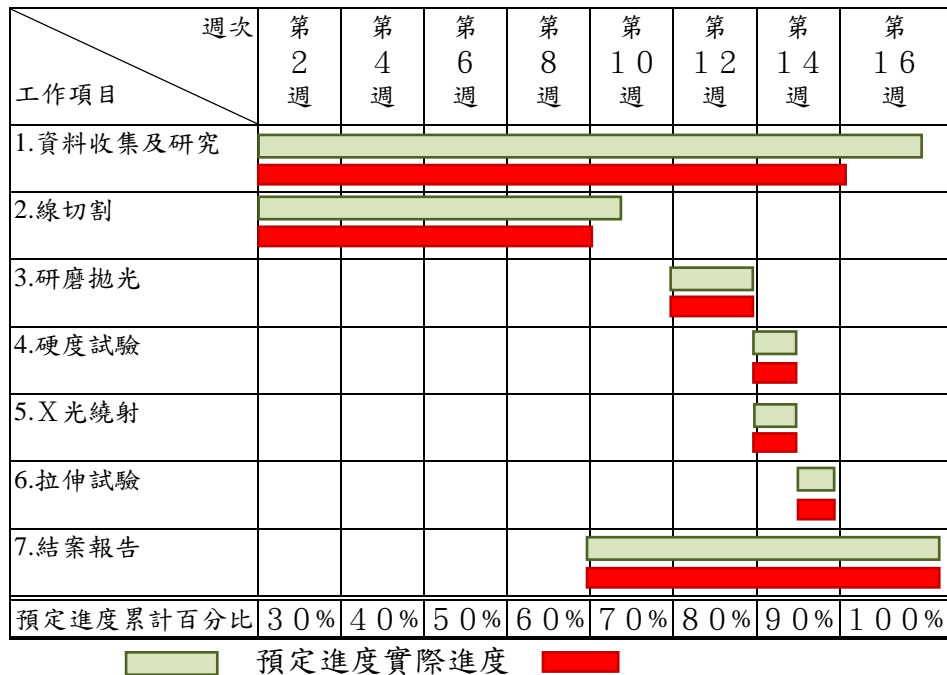


圖 1.1 計畫進度管制圖

### 1.4 工作分配

表 1 工作分配表

	線切割	微硬度	拉伸試驗	研磨拋光	X光繞射	報告	口試報告
邱俊源					○		○
李睿霖	○		○	○		○	
宋雲揚	○	○	○	○		○	
吳柏慶	○	○	○	○		○	



## 第2章 實驗步驟

### 2.1 鐸接試片

本專題使用的材料是厚度 3.69mm 的鈦合金板，它的成分是 Ti-4Al-20V-1Sn 鐸接試片的尺寸如圖 2.1 所示，圖 2.2 右邊板材是雷射鐸接，左邊的板材是氬鐸。

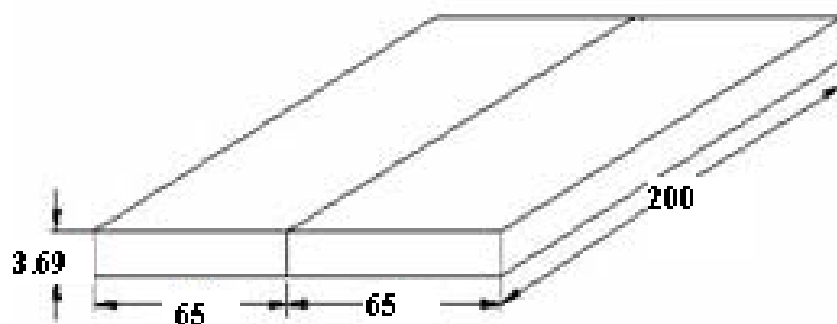


圖 2.1 板材尺寸



圖 2.2 雷射鐸接和氬鐸

## 2.2 鐳接設備

本實驗的雷射鐳接設備是 Trumph (Tru Laser Cell 3010)，鐳接參數如表 2 所示，雷射鐳接有 4 種參數，分別為 3000W/1M、3000W/2M、1000W/1M、1000W/0.5M，氬鐳有 2 種，分別為 120A、140A，共 6 種鐳接條件。

表 2 鐳接參數

	雷射鐳接	氬鐳
電極		鎢
保護氣體	100%氬氣	100%氬氣
電流 (A)		120/140
電壓		
鐳接速度 (m/min)	0.5/1.0/2.0	0.1
功率 (W)	1000/3000	

## 2.3 拉伸試驗

銲接完的鈦合金板我們利用線切割機切成拉伸試片，拉伸試片如圖 2.3 所示，圖 2.4 是拉伸試驗機，我們使用的拉伸速率為 5 mm/min。

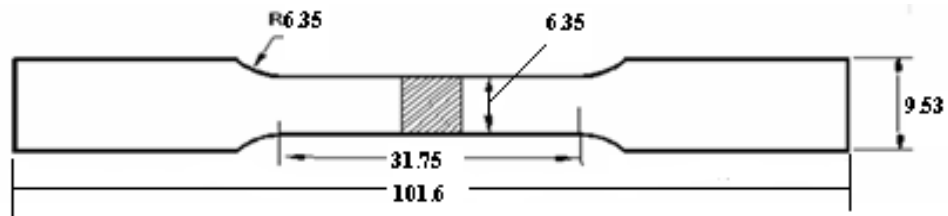


圖 2.3 拉伸試片



圖 2.4 拉伸試驗機

## 2.4 金相與微硬度測試

我們利用線切割機將鉅道的部分切下，利用冷鑲埋將試片研磨拋光與腐蝕後觀察金相及做微硬度測試，鑲埋後的試片如圖 2.5 所示，試片經過研磨、拋光及腐蝕之後，再去做金相觀察與微硬度測試，微硬度測試的荷重為 1kgf，每 0.5mm 打一個點，然後取平均值。

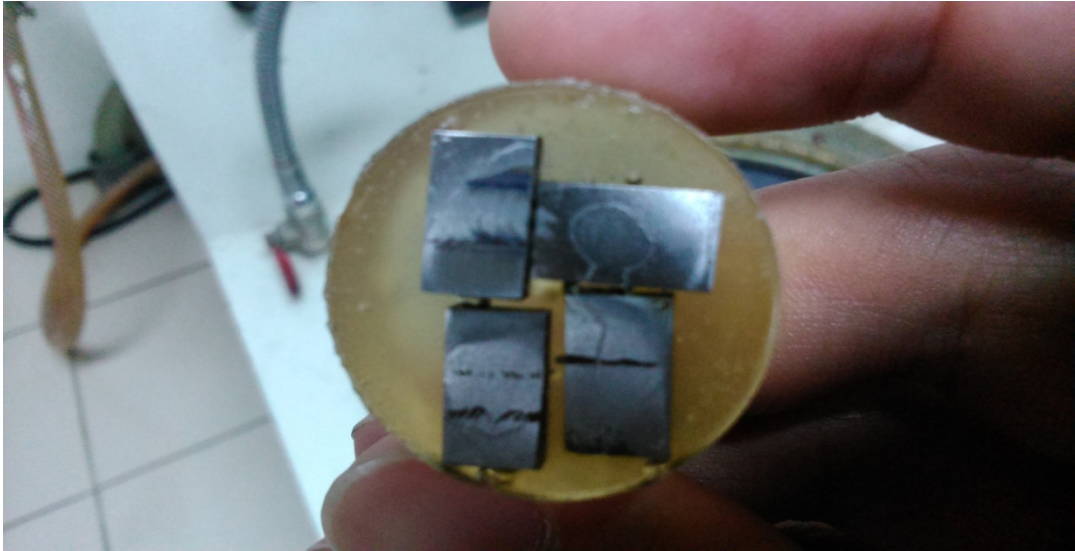


圖 2.5 冷鑲埋後的試片

## 2.5 X 光繞射分析

利用線切割機把鉅道與母材切下做 X 光繞射分析，X 光繞射儀使用 Cu 靶，X 光的波長是  $\lambda=0.15406\text{nm}$ ，電壓是 40KV，繞射角  $2\theta$  從 20 度至 100 度，掃瞄速度為 4 度/min。X 光繞射的原理是依據布拉格定律：

$$2d\sin\theta = \lambda \quad (1)$$

## 第3章 結果與討論

### 3.1 金相觀察

金相觀察後的晶體分布如圖 3.1 所示，可看到母材區與鐸道區，中間分界線為鎔融線。

因為鈦合金不容易腐蝕，加上研磨拋光不夠好，所以金相照片沒辦法看出他們詳細的差異。

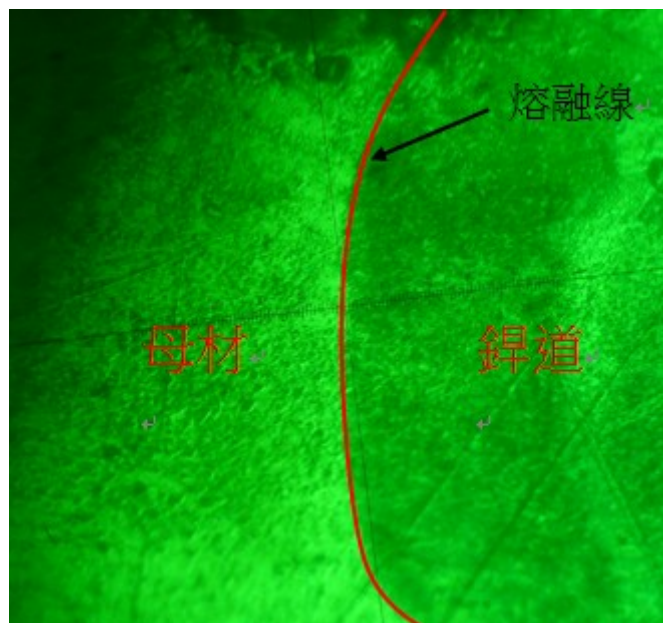


圖 3.1 金相照片

### 3.2 微硬度測試結果

下圖為硬度試驗數據，每 0.5mm 打一點所得出的數據，共 4 種數據，分別為雷射銲接 3000W/1M 如圖 3.2(A)、3000W/2M 如圖 3.2(B)。

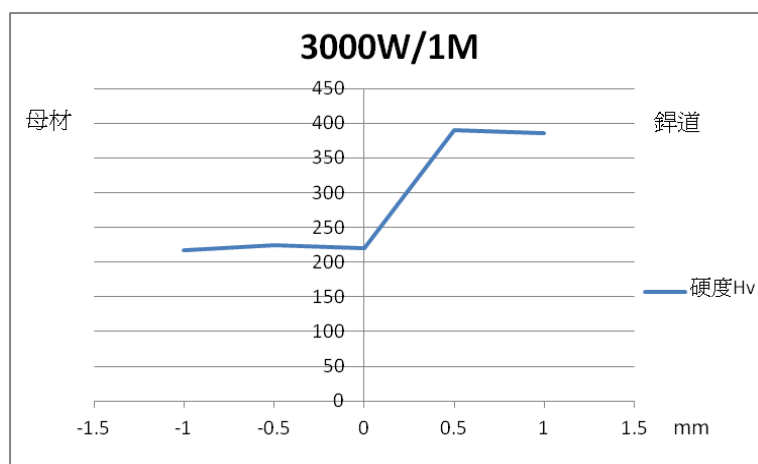


圖 3.2(A) 3000W/1M

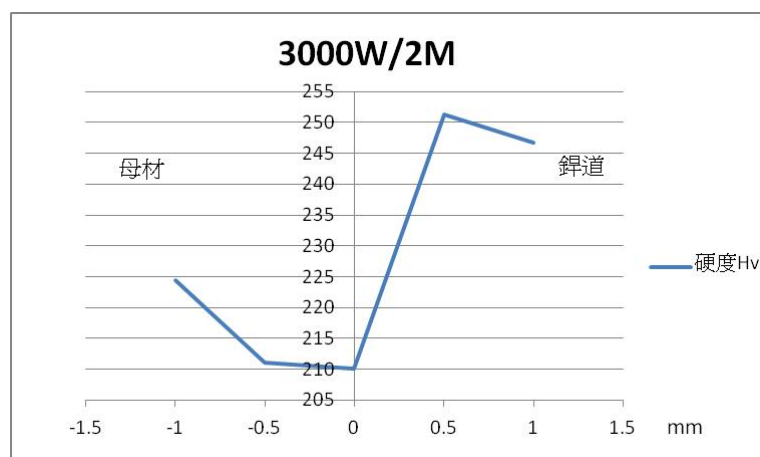


圖 3.2(B) 3000W/2M

氬鐳 TIG-120A 如圖 3.3(A)、TIG-140A 如圖 3.3(B)。

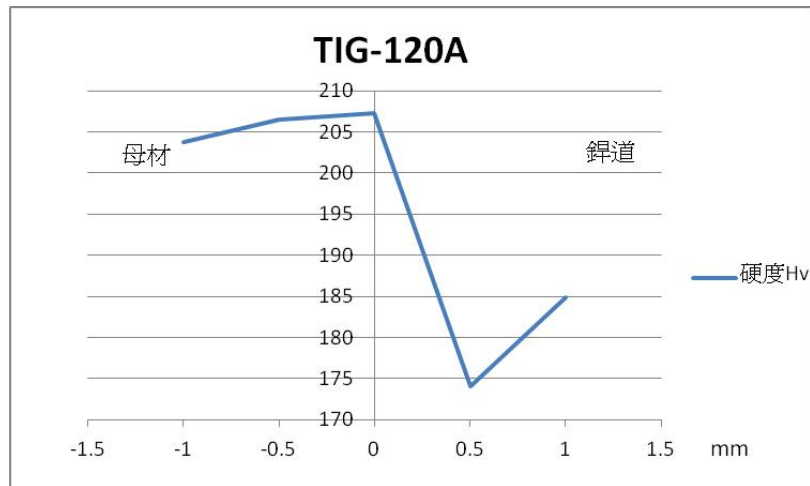


圖 3.3(A) TIG-120A

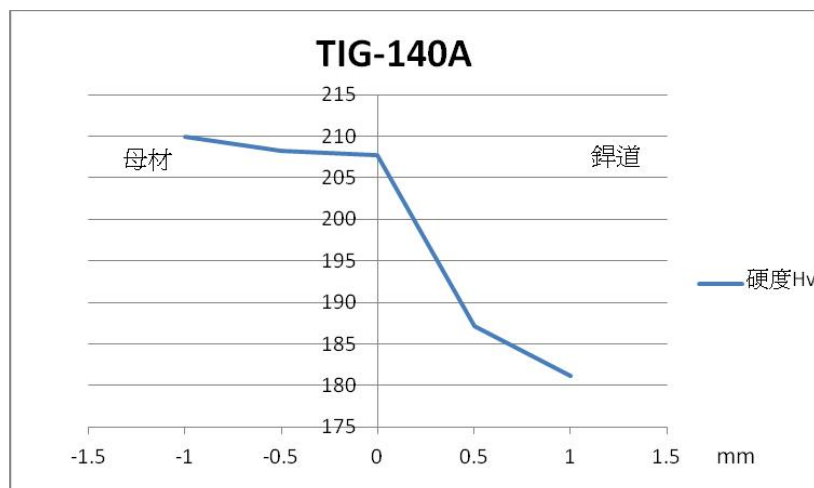


圖 3.3(B) TIG-140A

由上面數據顯示雷射鐳接(圖 3.2 A 和 B)鐳道的硬度比母材還高，而氬鐳(圖 3.3A 和 B)鐳道的硬度比母材低，造成硬度的變化可能是鐳道結構(structure)的差異，但是我們從 X 光繞射數據上，發現並沒有什麼差別，另一個可能的原因為雷射鐳接功率小，發出的熱量小冷卻速度就快，所產生的晶粒相對較小，鐳道的硬度比較高，氬鐳鐳接時所發出的熱量高，冷卻的速度相對變慢，可能產生再結晶和晶粒成長，影響鐳道的硬度，導致比母材還軟。

### 3.3 X 光繞射數據

圖 3.4 是母材的 X 光繞射圖，第一個波峰是發生在  $2\theta = 39.64^\circ$ ，依據布拉格定律  $2d\sin\theta = \lambda$ ， $\lambda = 0.15406\text{nm}$ ，代入布拉格定律得到  $d_{hkl} = 0.22718\text{nm}$ ，因為母材是  $\beta$  相它的晶格常數  $a = 0.332\text{nm}$ 。

依據

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{(h^2 + k^2 + l^2)}} \quad (h^2 + k^2 + l^2) \doteq 2.1 \quad (2)$$

所以可能的(hkl)就是(110)，相同的方法其它的波峰的位子我們依序標為(200)、(211)、(220)等平面，它是標準的體心立方晶體結構，沒有其他的相產生。

圖 3.5(A)與圖 3.5(B)分別是氬鐳 120A 與 140A 的鐳道的 X 光繞射圖，圖 3.6(A)與圖 3.6(B)分別是雷射鐳 3000W/1M 與 3000W/2M 的鐳道的 X 光繞射圖，X 光繞射的結果，以母材圖 3.5 作為基準，比較其他材質的差異，比較圖 3.5(A 和 B)與圖 3.6(A 和 B)後，發現在 20 度左右產生了一個物質如下面所示

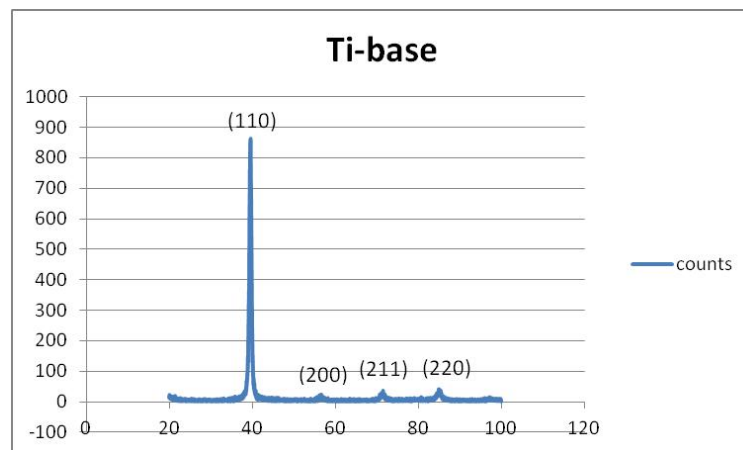


圖 3.4 母材



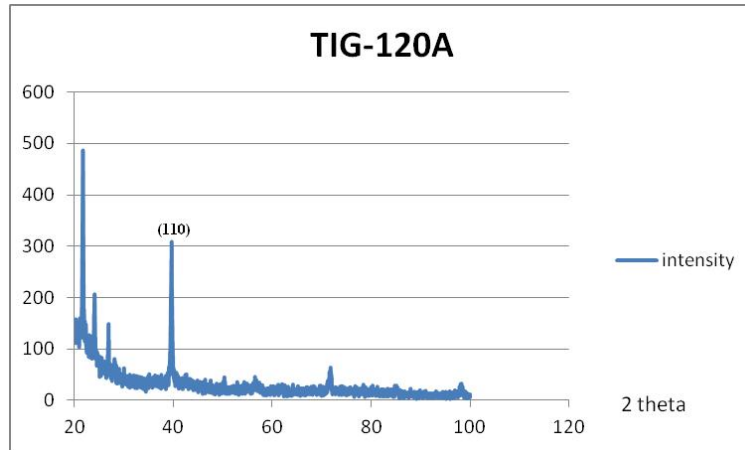


圖 3.5(A) 氬鐸 120A

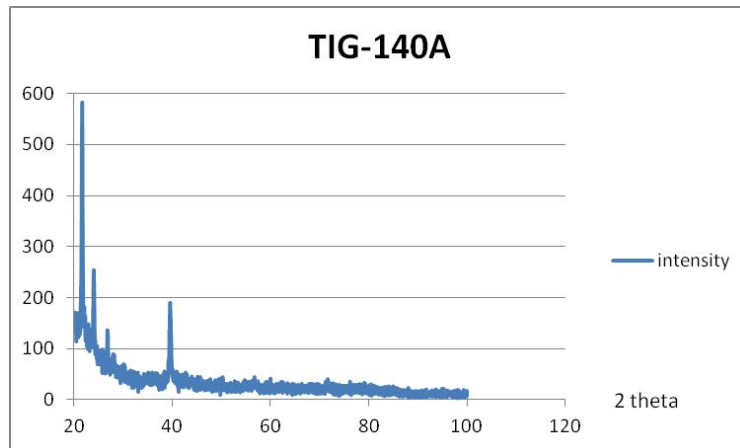


圖 3.5(B) 氬鐸 140A

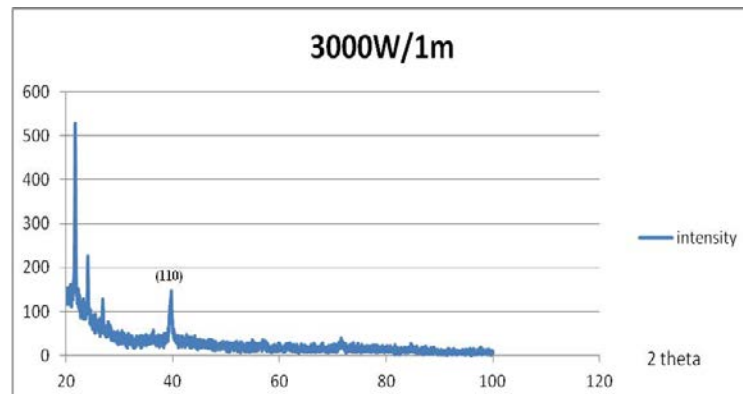


圖 3.6(A) 雷射鐸 3000W/1M

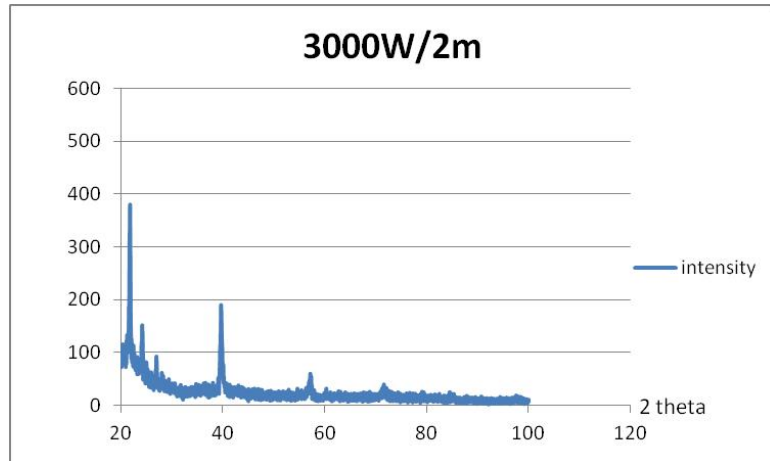


圖 3.6(B) 雷射鐳 3000W/2M

由母材的 X 光繞射圖分析圖 3.4，母材料的結構為體心立方，所以它是  $\beta$  鈦，比較母材與鐳道圖 3.5(A 和 B)與圖 3.6(A 和 B)四種 X 光繞射圖的差異，我們發現在低角度(~20 度左右)有繞射訊號產生，根據 X 光繞射的資料庫 (JCPDS)比對，這些繞射訊號可能為  $\text{Al}_3 \text{Ti}_{0.8} \text{V}_{0.2}$  化合物所產生，關於這個化合物的確認，需要進一步做穿透式電子顯微鏡分析。

### 3.4 拉伸試驗

拉伸實驗的結果如表 3 所示

表 3 拉伸數據平均值

試片名稱	力量最大值 kgf	降伏強度 Mpa	抗拉強度 Mpa	延伸 mm	延伸率 %
3000W /2M	1690.0	639.0	706.9	4.05	15.9
3000W /1M	1729.7	652.6	723.4	2.73	10.8
140A	746.8	279.1	312.3	1.03	4.0
120A	575.8	217.9	240.8	0.86	3.4

經由線切割切下的試片，我們發現有一些銲接條件有缺陷，分別為 1000W/0.5M、1000W/1M，所以就沒有做拉伸試驗。根據表二的數據我們發現雷射銲接的試片抗拉強度大於氬銲的試片，經過我們檢視試片的破斷面發現氬銲的試片鎔透不足。雷射銲接試片中，高功率高走速的試片延伸率比較好。

### 3.5 具體成果

拉伸實驗發現雷射鐳高功率高走速的抗拉強度比較好，其中高走速的延伸率比較好。硬度測試雷射鐳道的硬度比母材高，氬鐳的鐳道比母材還軟。雷射焊接是鐳道的硬度比母材高，氬鐳則鐳道硬度比母材低，原因可能是氬鐳輸入的功率大很多倍，鐳道冷卻速度慢，晶粒變大造成硬度變低。四個鐳道的 X 光繞射圖，除了體心立方(BCC)結構外，在低角度(20 度左右)有訊號產生，經過查表比對後，它可能是  $\text{Al}_3\text{Ti}_{0.8}\text{V}_{0.2}$  化合物。

## 參考文獻

1. Reed-Hill Abbaschian所著物理冶金-第三版修訂版，編譯為劉偉隆、林淳杰、曾春風、陳文照，由全華科技圖書股份有限公司出版。