

## 第三章 實驗方法與步驟

### 第一節 研究設計及流程

本實驗以 2219-T31 與 5083-O 此兩種不同成份的鋁合金作為研究的對象，對其銲接熱裂性做一評估。利用改良式可調應變試驗機，在固定的熱輸入量條件下，施以不同的應變量與熔銲次數（熱循環次數）。銲後試片先以放大鏡觀察熱裂縫數目與長度，再製作成金相試片，以便觀察其金相組織變化的情形，而 SEM 可用來觀察試片裂縫破斷面的凝固與液化的現象，並尋找疑似的偏析物。

本研究所進行之實驗如圖 3-1 之程序進行。首先蒐集並閱讀有關鋁合金銲接熱裂方面的相關文獻，並與指導教授與學長多次討論以確定題目，接著進行材料及實驗設備之準備。截剪銲接試片後，在施銲前，先將部分 2219-T31 試片施以退火處理。清潔銲接試片後並且經過多次銲接測試，找出較佳的銲接參數，以避免滲透不足或銲穿等現象。在可調式應變試驗中，試片銲接後馬上施以不同的變形量；銲接後之試片，先進行目視熱裂縫觀察與計量。之後，再研磨加工成金相試片及微硬度試片，試片完成後進行微硬度量測、金相觀察及 SEM 破斷面分析。最後將實驗所得之數據加以整理與統計繪圖，進行結果分析討論後撰寫論文。

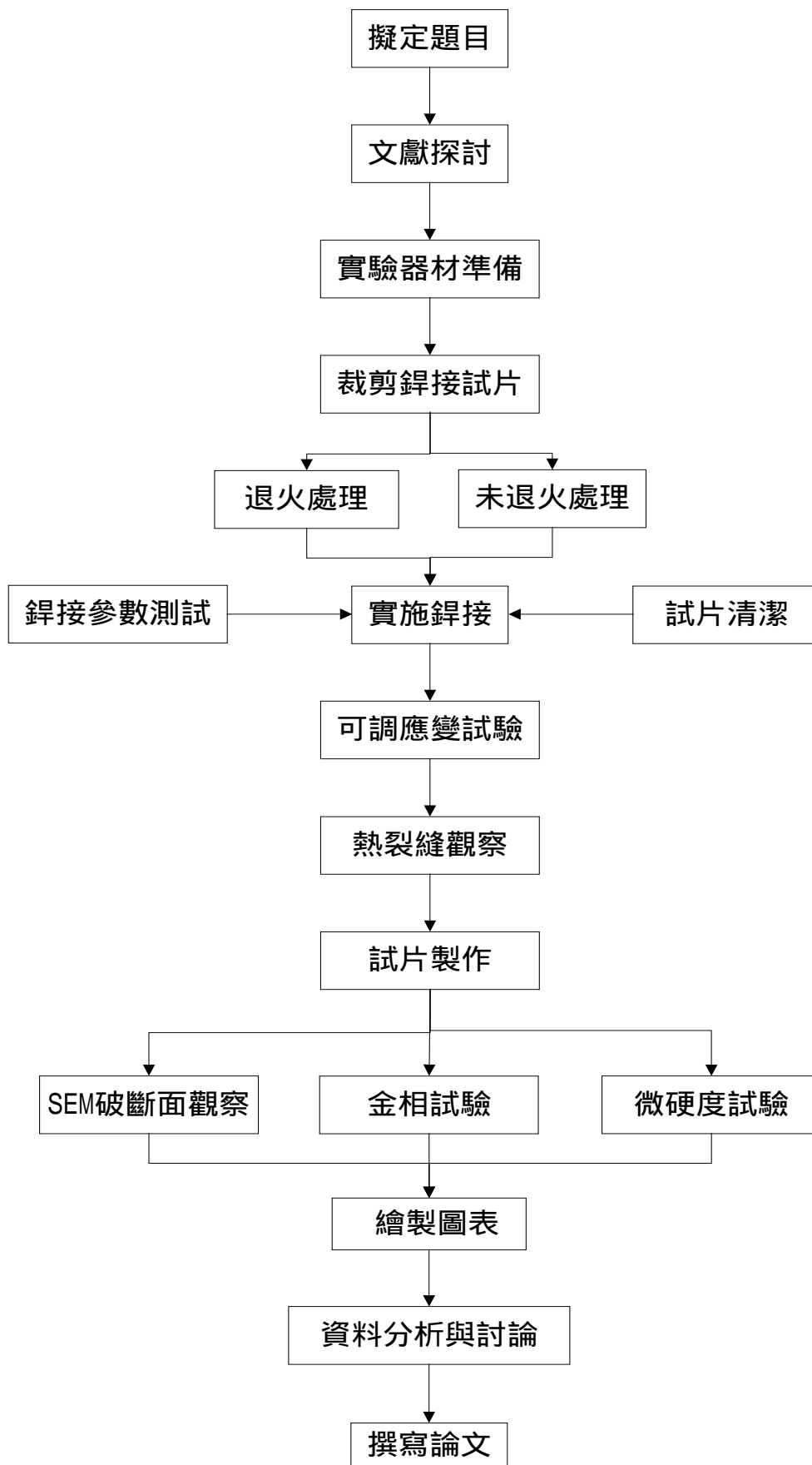


圖 3-1 實驗步驟

## 第二節 研究材料

本研究所使用的材料為熱處理型鋁合金 2219-T31 和非熱處理型鋁合金 5083-O。可調應變試片以衝床等工具機製作，尺寸大小長皆為 200mm，寬皆為 40mm、厚度 2219-T31 為 2.5mm，5083-O 為 3.0mm，其成分分析測試結果如下表 3-1 和 3-2 所示。

表 3-1 本研究 2219-T31 鋁合金化學成分表 (%)

成分 規格	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zr	Zi	Ti
<b>2219-T31</b>	<b>0.20</b>	<b>0.30</b>	<b>6.75</b>	<b>0.38</b>	<b>0.02</b>	-	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>

表 3-2 本研究 5083-O 鋁合金化學成分表 (%)

成分 規格	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zi	Ti
<b>5083-O</b>	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	<b>0.10</b>	<b>0.91</b>	<b>4.06</b>	<b>0.24</b>	<b>0.25</b>	<b>0.15</b>

### 鋁合金熱處理實驗

本研究所使用的熱處理設備為 Nabertherm 公司生產的電腦控制高溫熱處理爐。鋁件熱處理條件設計如表 3-3。2219-T31 鋁合金經完全退火處理後，其代號為 2219-O。

表 3-3 2219-T31 鋁合金退火處理試片<sup>[4][16]</sup>

材料名稱	熱處理方式	溫度 ( )	時間 ( min )
2219-T31	完全退火處理 ( 爐冷 )	430	120

註：以 430 持溫 120 分鐘後，爐冷冷卻速率不得超過 30 /hr，至少到 260 。

### 第三節 可調應變試驗

#### 壹、氣體鎢極電弧銲接設備

1. 電源機：係採用美國 Miller 公司之 Syncrowave 250 型多功能銲接機，可調整電流極性、氬氣前後吹時間、穿透深度等。
2. 自動走銲台車：係採用 Gulico 公司 GK-191-P/18A 之走銲台車，可調整走銲方向和速度。
4. 銲接電極：採用直徑 2.4mm 之純鎢電極棒。

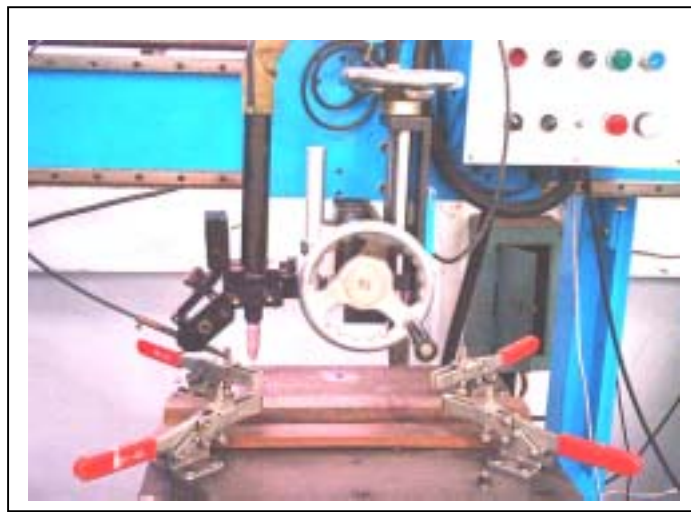


圖 3-2 TIG 氬銲機

#### 貳、銲接前母材處理

銲接鋁材時，氧化的問題甚為重要，普通溫度下鋁在空氣中立即會生成一層氧化鋁及氫氧化鋁之膜層。此一氧化膜熔化溫度超過 2050，其在液態及固態鋁中均不能溶解，且會阻止銲接時熔合，此一氧化膜在銲接鋁件前必須除去。母材表面上氧化物的清除方法，可分為化學與機械兩種方式。一般化學方法所使用的溶液為鹼性蘇打、酸液及專門溶劑；機械清除氧化膜的方式很多，如不銹鋼鋼絲刷、刮刀及砂布打磨與擦拭等，機械清潔方式如運用得當，則比化學清洗方法更方便、效果更好。

本實驗銲接前母材以手接電動鋼刷清除表面之氧化膜以利起弧，並以丙酮輕拭表面油漬後烘乾，以降低汙染。

### 參、實施銲接

本實驗銲接之試片分成兩程序進行，第一步驟先在試片上走銲，對母材進行熔銲；第二部分點銲時則在 Varestraint test 上。

進行施銲前將銲槍頭置於台車之固定座上，並調整高度使電極和銲件保持適當距離。母材板厚 2219 為 2.5mm、5083 為 3.0mm，以半自動 TIG 實施母材鎔銲。

在 TIG 銲接操作上，所必須控制參數主要有 (1) 電流 (current) (2) 電壓 (voltage) (3) 走銲速度 (travel speed) (4) 電弧長度 (Arc Length) (5) 氣體流率 (gas flow rate) 等。

銲接參數對銲件品質影響很大，不當的銲接參數會造成銲接缺陷如滲透不良、銲穿、變形等缺陷，須知道其生成原因，調整銲接參數，以達到最佳銲件品質，最佳參數的判斷係依銲道表面及內部狀況檢查判斷。經參考相關文獻之銲接參數值，經過反覆的測試與修正以尋求較佳的銲接參數與條件後，選用一組較佳的銲接參數表。

各材料最佳的銲接參數如下表 3-4、3-5、3-6 所示：

表 3-4 5083-O 較佳銲接參數選用表

參數 銲件	電流	電壓	走銲速度	氬氣流量	鎢棒直徑	銲接道數	氬氣前流 時間	氬氣後流 時間
	A	V	mm/min	l/min	mm	PASS	sec	sec
5083 走銲	100	10	320	20	2.4	一至 兩道	3	5
5083 點銲	120 3.6 秒		0.1 秒後 下壓	20	2.4		1	3

表 3-5 2219-T31 較佳銲接參數選用表

參數 銲件	電流	電壓	走銲速度	氬氣流量	鎢棒直徑	銲接道數	氬氣前流 時間	氬氣後流 時間
	A	V	mm/min	l/mm	mm	PASS	sec	sec
2219-T31 走銲	80	10	320	20	2.4	一至 兩道	3	5
2219-T31 點銲	120 2.3 秒		0.1 秒後 下壓	20			1	3

表 3-6 2219-O 較佳銲接參數選用表

參數 銲件	電流	電壓	走銲速度	氬氣流量	鎢棒直徑	銲接道數	氬氣前流 時間	氬氣後流 時間
	A	V	mm/min	l/mm	mm	PASS	sec	sec
2219-O 走銲	80	10	320	20	2.4	一至 兩道	3	5
2219-O 點銲	120 2.3 秒		0.1 秒後 下壓	20			1	3

本實驗銲接參數的決定原則，依下列之步驟進行<sup>[10]</sup>：

1. 先選一組參數試銲。
2. 試片外觀檢查，檢查表面是否理想，有無銲蝕或推搭之情況。
3. 沿銲道垂直面使用砂輪切割機截取某一斷面，察看其熔透情形。
4. 表面狀況不佳或熔透情形不完全者，將參數重新修正。
5. 重新試銲，重複前面之步驟，直到表面狀況良好且熔透深度足夠。
6. 將初步銲好之試片用金相顯微鏡觀察氣孔分佈情形，若氣孔數量太多則回到前面之步驟，並檢討氣孔發生之原因。

#### 肆、可調應變試驗變形量參數之設定

本研究 2219 材料之厚度為 2.5 mm

本研究 5083 材料之厚度為 3.0 mm

公式： $\epsilon = (t/2)/R = t/2R$

若模塊 R 固定為 R = 50、 75 、 100 ( mm )

則以 3mm 設計， $\epsilon = 3\%$ 、 2% 、 1.5%

則以 2.5mm 設計， $\epsilon = 2.5\%$ 、 1.67%、 1.25%

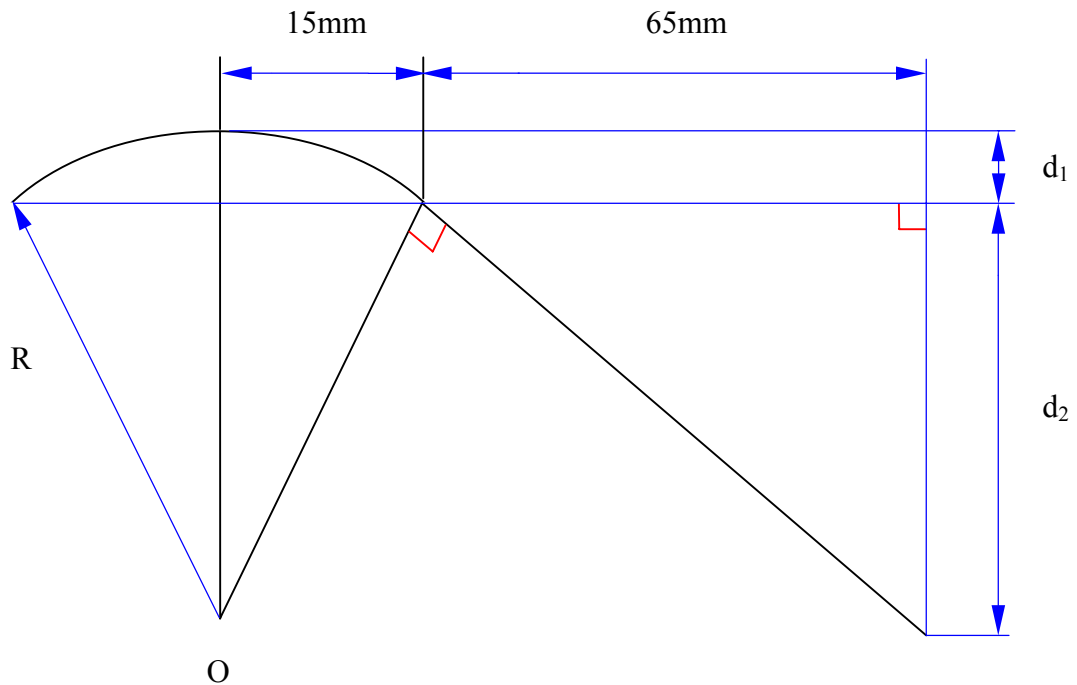


圖 3-3 可調應變試驗變形量計算幾何簡圖

$$d_1 = R - \sqrt{R^2 - 15^2}$$

$$d_2 = 65 \cdot 15 / \sqrt{R^2 - 15^2}$$

$$d = d_1 + d_2$$

應變量 ( )	模塊 ( R )	d ( cm )	d <sub>1</sub> ( cm )	d <sub>2</sub> ( cm )
1.5%	100mm	10.99	1.13	9.86
2%	75mm	14.78	1.515	13.268
3%	50mm	22.74	2.303	20.440



圖 3-4 全自動可調應變試驗機

## 肆、實驗方法

本研究嘗試使用可調應變試驗的方法來印證及評估鋁合金的熱裂敏感性，2219-T31、5083-O 被選擇作為研究的對象，同時有別於以往使用填充金屬的研究，而以氬銲進行母材之原材銲 (Autogenous Welding)，純粹就母材本身之熱裂敏感性加以研究與探討。

實驗設計的方法如圖 3-5 所示。第一步驟先進行走銲，第二步驟才進行點銲，第三步驟則迅速施加變形量。

全部的銲接試片，第一道銲接時其熔透深度均為  $1\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ 。除此之外，走銲銲道寬度皆為  $5.5\pm 0.5\text{mm}$ ，可調應變試驗銲點直徑皆為  $6.0\pm 0.5\text{mm}$ 。期望藉由控制相同的熔透深度、銲道寬度和銲點直徑來比較三種鋁合金材料之熱裂性。



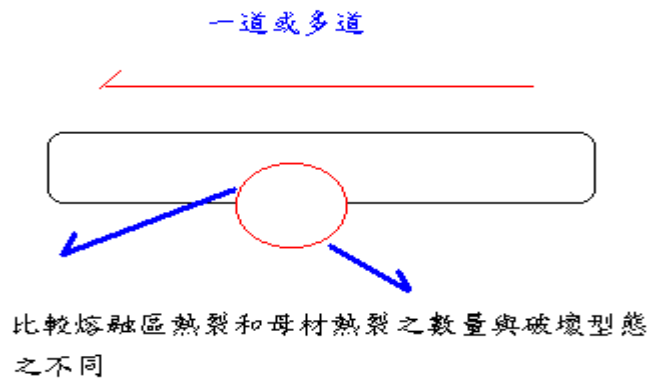


圖 3-5 多重熱循環銲接試片設計示意圖

#### 第四節 熱裂縫觀察

將可調應變試驗中試驗完畢後之試片，直接透過實體顯微鏡( binocular microscope ) 放大至 50 倍率觀察，並利用影像擷取程式進行量測與計算各試片在銲道金屬、熱影響區上之裂縫數目、裂縫總長度等。實際情形如下圖 3-6 所示。

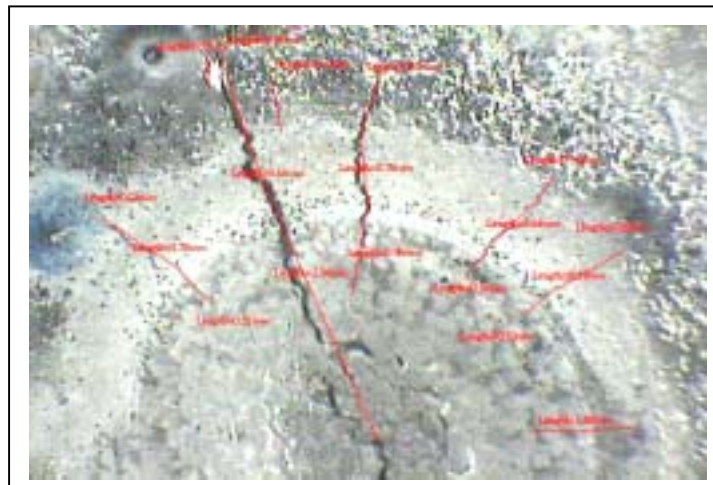


圖 3-6 熱裂縫量測實際情形

## 第五節 金相顯微組織觀察

將熱裂試片擷取部分以做成金相試片，觀察區域如下圖 3-7、3-8 所示。

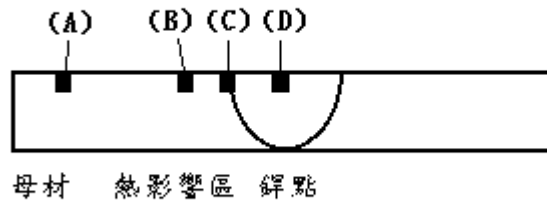


圖 3-7 單點銲金相試片擷取示意圖

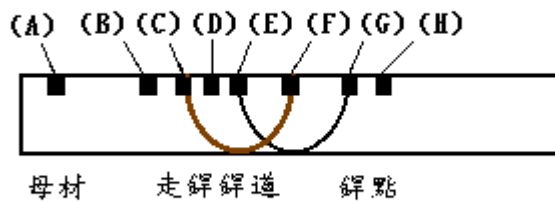


圖 3-8 多重熱循環金相試片擷取示意圖

將金相試片以冷鑲法鑲埋。如下圖 3-9 所示。

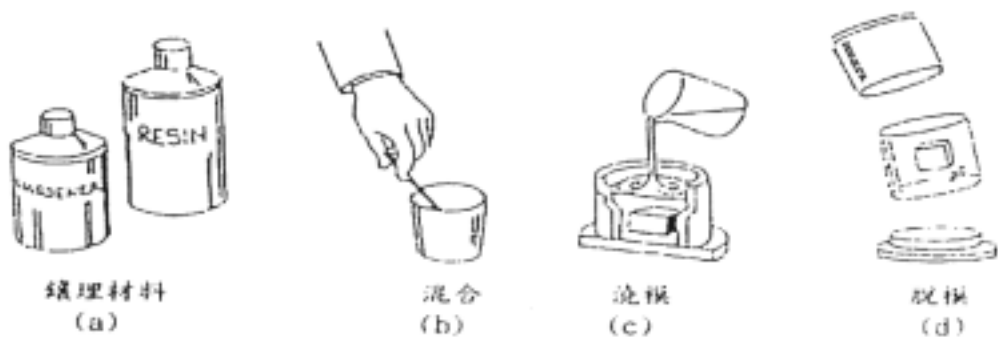


圖 3-9 冷鑲法鑲埋流程示意圖

將欲觀察材料取樣，製作成金相試片，經砂紙由 180 號研磨至 1500 號，接著以氧化鋁粉 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 懸浮液拋光至  $0.05\ \mu\text{m}$ ，再以腐蝕液 Keller's ( $2\text{mlHF} + 3\text{mlHCl} + 5\text{mlHNO}_3 + 190\text{mlH}_2\text{O}$ ，其中 HF 的重量百分濃度為 48%，HCL 及  $\text{HNO}_3$  的比重分別為 1.14 及  $1.42\text{g/cm}^3$ )。至於浸蝕時間的長短則依不同的鋁合金材料而稍作調整。一般而言，2219 約需 10 15 秒，5083 鋁合金約需 45 50 秒。

然後以清水、酒精清洗吹乾，最後再以 OLYMPUS BX60M 型光學顯微鏡 (如圖 3-10) 觀察比較不同參數對鐳道、熱影響區、母材等金相顯微組織之影響。

金相組織觀察試片之製作流程如下所示：

試片取樣 (切割機械)	粗磨	鑲 埋 (熱鑲)	細 磨 (手磨到#1500 砂紙)	洗淨試片 (水)
拋 光 (研磨拋光機)	洗淨試片 (水)	洗淨試片拋光面 (酒精)	吹 乾 試 片 (熱風吹風機)	
檢查拋光面 (金相顯微鏡)	腐 蝕 (腐蝕液)	洗 淨 試 片 (酒精或水)	吹 乾 試 片 (熱風吹風機)	
觀 察 (金相顯微鏡)	拍 攝 金 相	分 析 試 片		

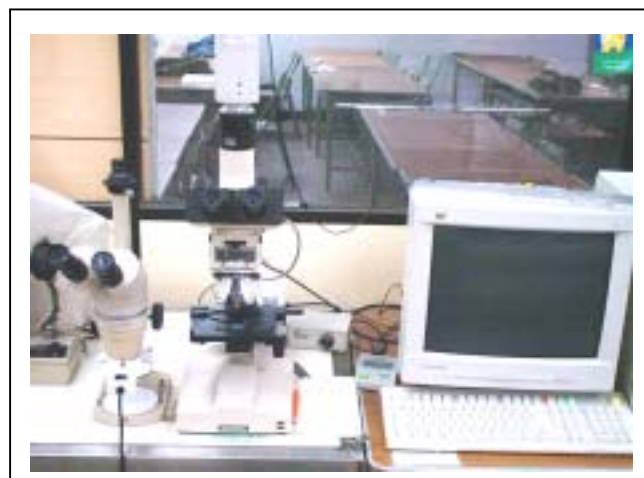


圖 3-10 OLYMPUS BX60M 型光學顯微鏡

## 第六節 微硬度量測

微硬度試片和金相顯微組織試片製作方法相似。這裡不再贅述。

試片以 MATSUZAWA MICRO-SA vickers 微硬度機量測，如圖 3-11 所示。量測以荷重 100g，維持時間 10 秒，沿鐸道橫斷面中心線每隔 0.5mm 打一點，並於該點上、下又各打一點，以鐸點中心各向兩邊 10mm 施測，其範圍涵蓋鐸道、熱影響區及母材三大部分。測完後將所得的數據繪製成微硬度曲線，以了解鐸件微硬度在不同條件狀態下之差異。



圖 3-11 MATSUZAWA MICRO-SA vickers 微硬度機

## 第七節 掃描式電子顯微鏡 (SEM) 觀察

將 Varestraint 熱裂試驗之試片裂縫處切割成適當的尺寸，裝入丙酮之燒杯內，以超音波震盪器清洗。清洗後以高倍率之掃描式電子顯微鏡 (scanning electron microscope, SEM) 來觀察試片裂縫的破斷面是否有明顯的凝固組織與液化現象，並藉此驗證是否為沿晶式破壞，以分析證明熱裂縫的存在。