

第三章 實驗設計及規劃

3.1 實驗暨實驗用模具的設計

本研究設計了一可對模具內的成形材料進行剪切形操作的實驗，其模具設計的概念，主要是在模具上設計一組油壓驅動之往復機構，於射出成形保壓階段中，啟動往復剪切機構推擠模穴內的熔融高分子材料，使高分子材料在模穴內之緊縮段產生高剪切力作用，而達到模內剪切操作的目的。

模穴之設計採一模二穴、上下對稱的形式，形狀上為適用於塑膠之拉伸試驗的試片，其尺寸參考 ASTM D638 之標準規範[34]，外形尺寸如圖 3.1 所示。

模具之模座採用台灣富德巴公司 (FUTABA) 生產之 MDC SA 2030 60 60 60 SA 之標準模座，材質為 S45C；模仁材料採用 P20 的鋼材；模具上設計有一組油壓驅動往復剪切機構、八支電熱管、二組冷卻水路、四支熱電偶、一組壓電式壓力感測器及一組熱澆道系統，完整設計圖如附錄一。

油壓驅動之往復剪切機構示如圖 3.2 所示，模具上下端各有一固定式的襯套，四邊形支架與襯套間可作上下的相對滑動；在模穴上下兩端各有一支 $\phi 12$ 的擠壓桿，藉由與四邊形支架的連接固定，可作上下同步之往復運動，本實驗裝置有別於以往所做的相關研究中，採用 Qing Guan 等所計之動態保壓射出模具 (dynamic packing injection molding, DPIM) [35] 如圖 3.3 所示。本設計不但簡化過去需要二支油壓缸之機構與控制，且更能確保上下兩擠壓桿移動時的同步性，且可大幅提升剪應變率之實驗參數等優點，改進以往無法達到高剪應變率的限制。

在油壓系統設計方面，由設定之剪應變率要求可達到 1000 s^{-1} 在理論計算方面由 3-1 式可推算出受剪切之斷面的流體速度，再根據連續方程式 3-2 式得到油壓缸速度；依照油壓缸之行程、速度與出力大小，正確地選用油壓馬達、幫浦吐出量及工作壓力，詳細規格如

表 3.1 所示，油壓動力單元如圖 3.4 所示。

$$\dot{\gamma} = \frac{V_s}{h/2} \quad (3-1)$$

$\dot{\gamma}$ ：剪應變率， h ：斷面厚度， V_s ：受剪切斷面流體之速度

$$V_f A_f = V_s A_s \quad (3-2)$$

V_f ：油壓缸速度， A_f ：油壓缸出力斷面之面積

剪應變率量測部分，將位移計（potential meter）安裝於模具油壓缸上（圖 3.5），並配合資料擷取裝置同步記錄油壓桿位置與時間之數據，並計算出在剪切操作時的實際剪應變率。

模具溫度控制方面，使用二支 K 型熱電偶分別量測公母模板溫度，並分別由溫度控制器控制電熱管進行模具的加熱，使模具達到所設定之溫度。當實驗需要降低模具溫度時，啟動模溫機並同時切斷電熱管加熱，藉由循環之冷卻水帶走模具內部的熱量，而達成模具溫度控制的目的。模穴內部溫度與壓力之監測分別採用熱電偶與壓電式壓力感測器由 iNet100B 資料擷取盒直接記錄溫度及壓力值，以監控模穴內部實際加工參數的設定。

模具加熱部分，為了達到部分工程塑膠（如：PEEK、PC 等）之高玻璃轉移溫度（ T_g ）及熔融溫度（ T_m ），公母模板分別採用四支電熱管，加熱功率共達 8800 瓦特，經過實驗測試，在加熱三十分鐘時模具溫度即達 300°C 以上。澆道部分亦採用熱澆道的設計，選用鉸鴻公司所生產之 GF3C 型熱澆道，可避免高溫之工程塑膠因低溫固化而導致阻塞澆道，此外在保壓階段剪切操作時，也因熱澆道的功能發揮作用，使料管能夠長時間地維持模穴內的保壓力。

模具上熱電管與水路位置設計上除了必須考慮模具導梢、回位梢及螺絲之孔位外，尚得以對稱性設計之考量來避免公母模板在溫度控制時之暫態溫度分佈不一，以致於不易達到穩態之溫度分佈；公母模

板厚度尺寸亦須一致，以維持溫度控制時，合模面法線方向上的溫度梯度控制的一致性。在射出成形過程中，因不同高分子聚摻物其具有不同結晶的溫度，適當地設定模具溫度，可促使其結晶形態的成長，且為了迅速且確實完成等溫與非等溫結晶之實驗，模穴內成形品溫度必須由結晶溫度快速地降低至開模溫度，而將水路設計於接近模穴的位置，以快速完成模穴溫度的控制。模具上的水路與電熱管的位置如圖 3.6 所示。

3.2 實驗裝置

◎ 射出成形機

本實驗使用之射出成形機為德國 ARBURG 公司所生產，其型號為 ALLROUNDER 270S，外觀如圖 3.7 所示。此射出成形機具有閉迴路之控制系統，操作者藉由電腦視窗可直接編輯成形時所設定之參數與程序，包括改變射出壓力、射出速率、保壓力、保壓時間、射出量、塑料溫度及冷卻時間等參數，其機器規格如表 3.2 所示。

◎ 模具溫度及油壓控制系統

使用日本 OMRON 公司所生產之 E5CK 型溫度控制器，搭配 KYTTO 公司所生產之 SSR 固態繼電器，其可耐負載達 220V 及 25A 之電氣特性，自行組裝而成的溫度控制系統，如圖 3.8 所示。

油壓控制方面，利用極限開關 (limit switch) 配合繼電器之作動，輸出訊號至油壓電磁閥，控制油壓缸的往復運動，達到模內剪切操作的目的。詳細電路如圖 3.9 所示。

◎ 壓電式壓力感測器

由於本實驗之模具溫度要求須達 300°C，所以無法使用一般之模穴壓力感測器，唯使用 KISTLER 公司生產之 6157BB 型壓電式壓力感測器 (圖 3.10)，專門使用於射出成形之模具，可量測高溫下模穴之壓力，規格如表 3.3 所示。

◎ 資料擷取裝置

由美國 GW INSTRUMENTS 公司所生產之 #iNet100B 資料擷取盒，其可以直接量測熱電偶、應變規、熱敏電阻、電流、電壓及電阻等訊號，並具有 8 通道 (channel) 類比訊號輸出及 8 條數位訊號 I/O 線。隨機附免費之專用軟體，可提供長條圖及示波圖之顯示，且每一頻道具有獨立之類比濾波、積分時間、取樣率及數位訊號濾波等設定，對於其他套裝軟體如 LabVIEW 等亦提供軟體下載使用。

◎ 模溫機

暉吉實業有限公司所生產之水式溫度控制機，其具有兩組降溫水路提供模具進行冷卻。

◎ 雙軸攪混機

弘煜機械所生產之 PYSO-30-36-2V 型攪混機，功率 10H.P.，轉速為 0~400 rpm。

◎ 場發射掃描式電子顯微鏡

機型為 HITACHI S-4000，解析度可達 1.5nm，放大倍率為 30 倍至 300000 倍。

◎ 偏光顯微鏡

Axioskop 40，Zeiss 製，目鏡倍率為 10X，物鏡則有 5X、10X、20X、50X、100X，配備偏光鏡、補償板及 CCD 影像擷取系統，也可當作一般光學顯微鏡使用 (圖 3.11)。

◎ 電腦伺服控制材料試驗機

弘達儀器股份有限公司機型為 HT-2102A 之電腦伺服控制材料試驗機，規格如表 3.4 所示。

3.3 實驗材料

採用由永嘉化學工業股份有限公司所製造之順排聚丙烯 (isostatic polypropylene)，材料等級為 1120F。以及由日本三菱工程塑膠 (Mitsubishi Engineering-Plastic Corp.) 所製造之聚碳酸酯 (polycarbonate)，材料等級為 S-3000。其物性如表 3.5 所示。

聚丙烯為一結晶性高分子材料，其結晶形態為球晶狀，同時其亦是一種普遍且廉價的商用塑膠，廣泛地應用在生活中，如食品容器、電器用品、家庭用品薄膜與纖維等。

PC 聚碳酸酯是分子結構中含碳酸酯聚合物的總稱，屬功能性之工程塑膠，其具優秀透光性、超強耐衝擊性、使用溫度範圍廣 (從 -40°C 至 120°C)、防燃性、防水性、極佳絕緣性與射出成形穩定等優越的特性，而廣泛地應用各個領域，包括運動器材、醫療器材、汽車工業、光學儀器及電子儀器等。

3.4 實驗方法

將 iPP/PC 聚摻物分別以 10/90、20/80、40/60、50/50、60/40、80/20 及 90/10 之重量百分比使用雙螺桿摻混機進行摻混，料管溫度設定為 240°C ，熔融塑料在料管內約 3 分鐘後由模頭擠出，並經水槽冷卻，再直接由造粒機將條狀塑料製成顆粒狀，依此流程共二次將聚摻物均勻摻混，並將材料烘乾保存。

將剪切試驗模具安裝於射出成形機，安裝完成如圖 3.12；在射出成形前聚摻物在料斗中必須以 90°C 烘乾 12 個小時以去除塑料內部的水份；熱澆道及模具溫度分別設定在 200°C 及 120°C ；射出成形過程先後歷經鎖模、射出、保壓、冷卻及脫模，並在保壓階段中啟動往復式油壓剪切機構，直接對於模穴內之熔融塑料施加剪切力的操作，當中的加工參數包括射出壓力、保壓力、保壓時間、剪切操作時間及模具溫度等如表 3.6 所示，依此流程成形出施加剪切操作與未施加剪切操作的拉伸試片，後續針對各種比例的成形品做內部形態觀察與機械性質測試並相互比較，找出最佳化之加工履歷。

試片處理與顯微鏡之形態觀察部分，將 iPP/PC 聚摻物試片切割成 2~3mm 之厚度，且對於聚摻物內 PC 含量在重量百分比 50 以下選擇浸泡在二乙基三胺 (DETA) 或丙酮 (acetone) 溶液內，對聚摻物之 PC 相進行蝕刻；對於聚摻物內 PP 含量在重量百分比 50 以下選擇浸泡在鉻酸溶液內，對聚摻物之 PP 相進行蝕刻，先以光學顯微鏡做初步形態觀察，其後再以掃描式電子顯微鏡做較深入的顯微組織之探討。在電子顯微鏡觀察方面，以銅膠將聚摻物試片貼在載具上，並使用濺鍍機在試片上濺鍍一層鉑/鈀 (Pt/Pd) 之導電層，濺鍍時間參數為 80 秒，使用電子顯微鏡可以達到 1K 至 70K 之放大倍率的觀察。在結晶部分的觀察，將試片以超薄切割成約 40 μ m 之厚度，利用偏光顯微鏡做結晶形態的觀察。

由射出機所成形之標準拉伸試片，使用高分子材料試驗機作機械性質測試。探討溫度、壓力及剪切操作等加工履歷對於聚摻物組織形態與機械性質間的關係，以提升聚摻物材料的性能。



表 3.1 油壓動力單元之規格

品名	規格
馬達	3HP x 4P
輪葉幫浦	HVP30，吐出量 30 l/min， 工作壓力 140 bar
油壓缸	φ 50 x 300mm 雙心可調式

表 3.2 射出成形機之規格

	項目	單位	數值
射出單元	螺桿直徑	mm	22
	理論射出容量	cm ³	30
	最大射出壓力	MPa	232
	最大射出速率	cm ³ /s	78
	最大射出力量	kN	30
	射出馬力	kW	13.7
鎖模單元	鎖模力	ton	50
	最大鎖模行程	mm	350
	最大容許模高	mm	525
	最大容許模板尺寸	mm	270 X 270

表 3.3 壓電式壓力感測器規格

項目	單位	數值
量測範圍	bar	0~2000
超載極限	bar	2500
均勻靈敏度	pC/bar	-9.4
線性度	% FSO	$\leq \pm 1$
自然頻率	kHz	≈ 100
加速靈敏度	bar/g	<0.005
連接器操作溫度	°C	0~200
模溫範圍	°C	0~300
料溫範圍	°C	<450
重量	g	26

表 3.4 HT-2102A 電腦伺服控制材料試驗機之規格

容量選擇	kN	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10
	kgf	10	20	50	100	200	500	1000
單位切換	力量	N, kN, g, kg, ton, lb						
	位移	mm, cm, inch						
荷重分解度	1/20,000							
荷重精度	$\pm 0.5\%$							
力量放大倍率	x1, x2, x5, x10 (自動分段)							
測試速度範圍 (mm/min)	0.5~500							
速度精度	$\pm 0.5\%$							
位移分解度 (mm)	0.001							
動力控制	AC 伺服馬達 / 伺服驅動器							

表 3.5 PP 與 PC 高分子材料之物性

項目	單位	檢驗方法	PP 平均值	PC 平均值
熔融指數 Melt Index	g/10min	ISO1133	15	16
熱變形溫度 Heat Deformation Temperature	°C	ISO75	115	124
降服強度 Yield Stress	MPa	ISO527	34	62
斷裂點伸長伸 Normal Strain at Break	%	ISO527	300	119
剛性係數 Flexural Modulus	MPa	ISO178	1421	2300
密度 Density	g/cm ³	ISO1133	0.9	1.2

表 3.6 射出成形之加工參數

加工參數	參數範圍
射出壓力	500~2000bar
保壓力	500~2000bar
保壓時間	60~100 秒
剪切操作時間	20~60 秒
模具溫度	200~300°C
塑料溫度	240°C
平均剪應變率	750 s ⁻¹

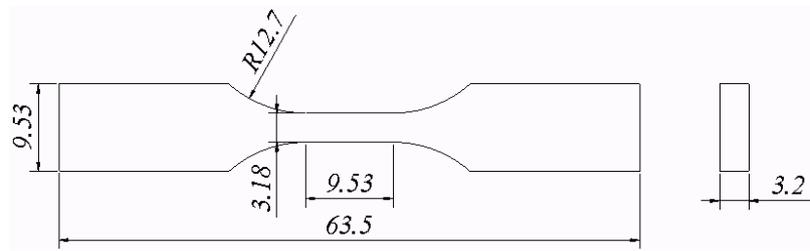


圖 3.1 ASTM D638 標準成形塑膠之拉伸試片尺寸

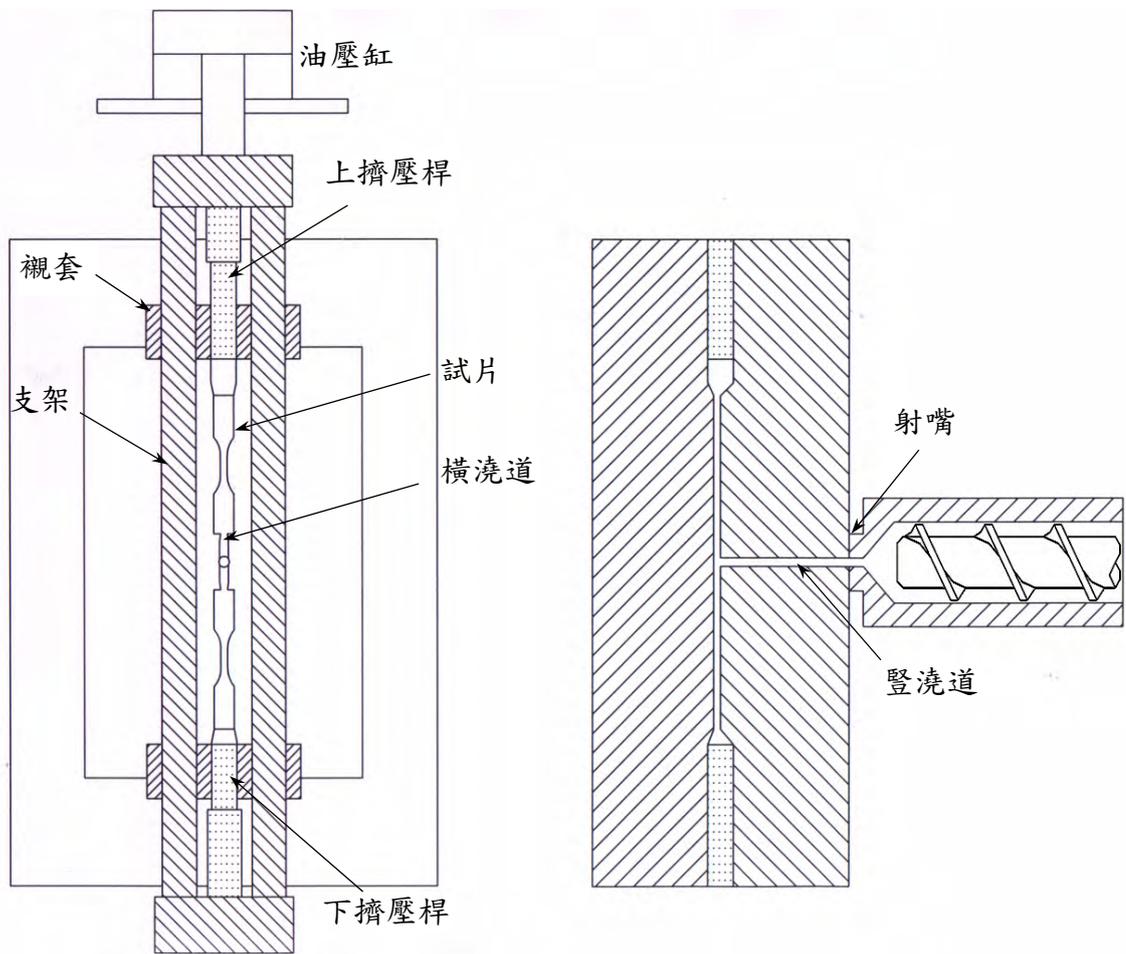


圖 3.2 往復式剪切機構示意圖

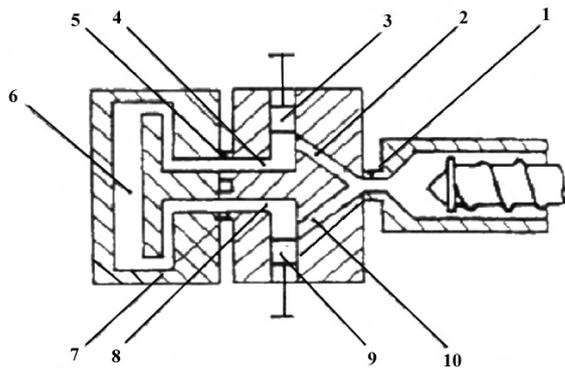


圖 3.3 動態射出模具 (DPIM) 示意圖

(1) 射嘴、(2) 豎澆道 A、(3) 油壓缸 A、(4) 橫澆道 A、
 (5) 接觸面、(6) 試片模穴、(7) 接觸面、(8) 橫澆道 B、(9)
 油壓缸 B、(10) 豎澆道 B。

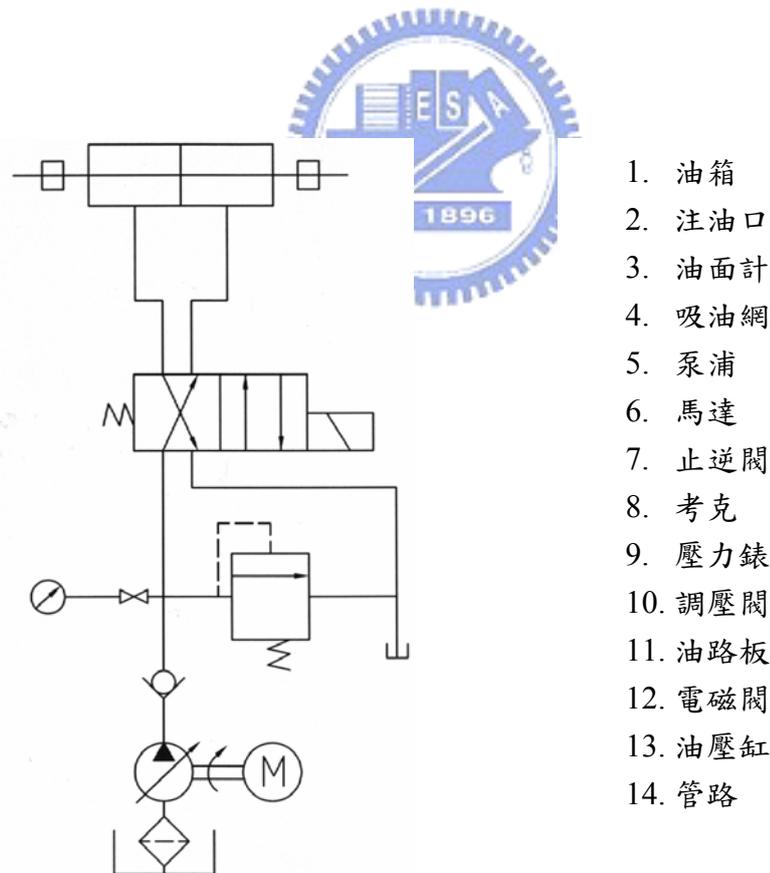


圖 3.4 油壓動力單元



圖 3.5 位移計安裝位置

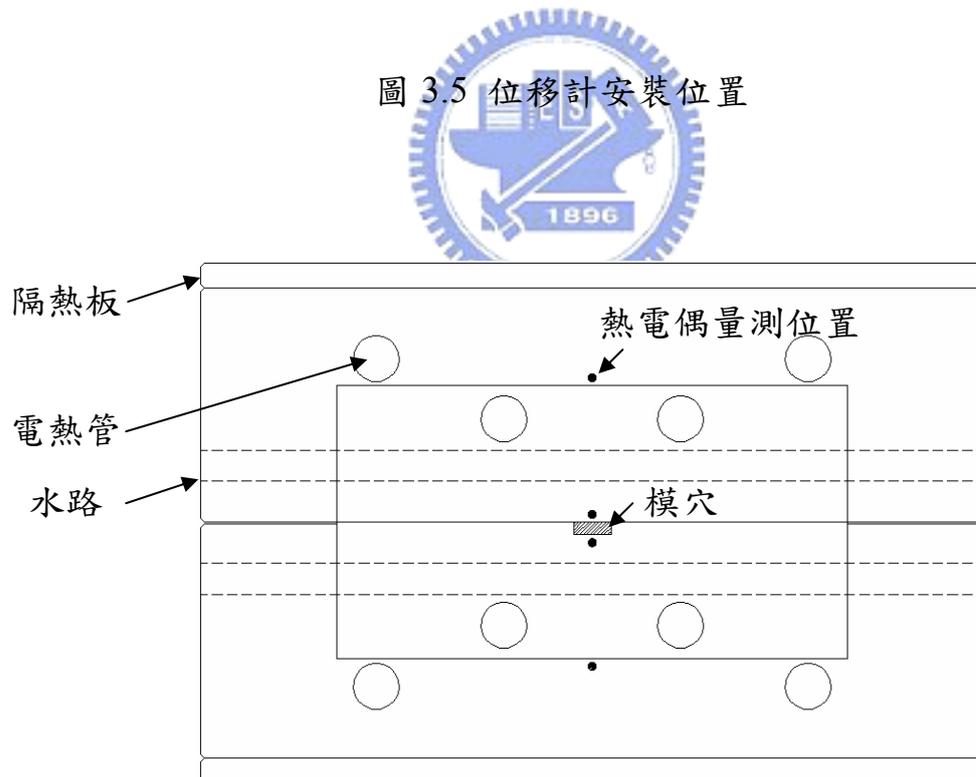


圖 3.6 模具內電熱管、水路及熱電偶量測位置示意圖



圖 3.7 德國 ARBURG ALLROUNDER 270S 射出成形機

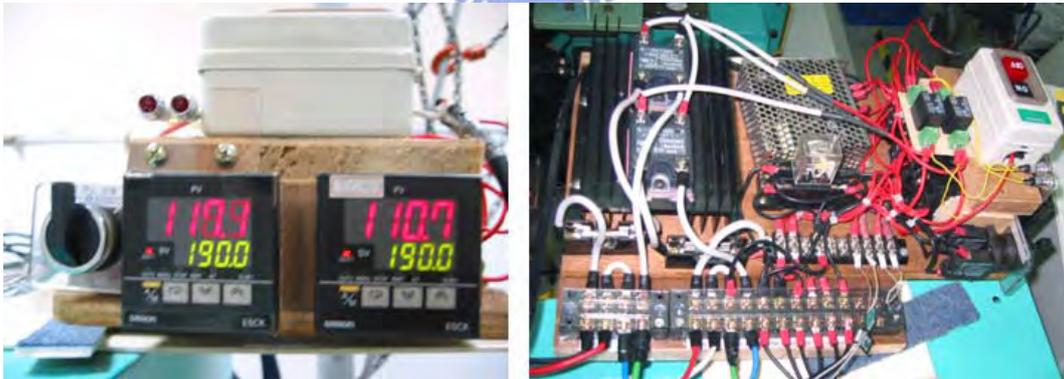


圖 3.8 模具溫度及油壓控制系統

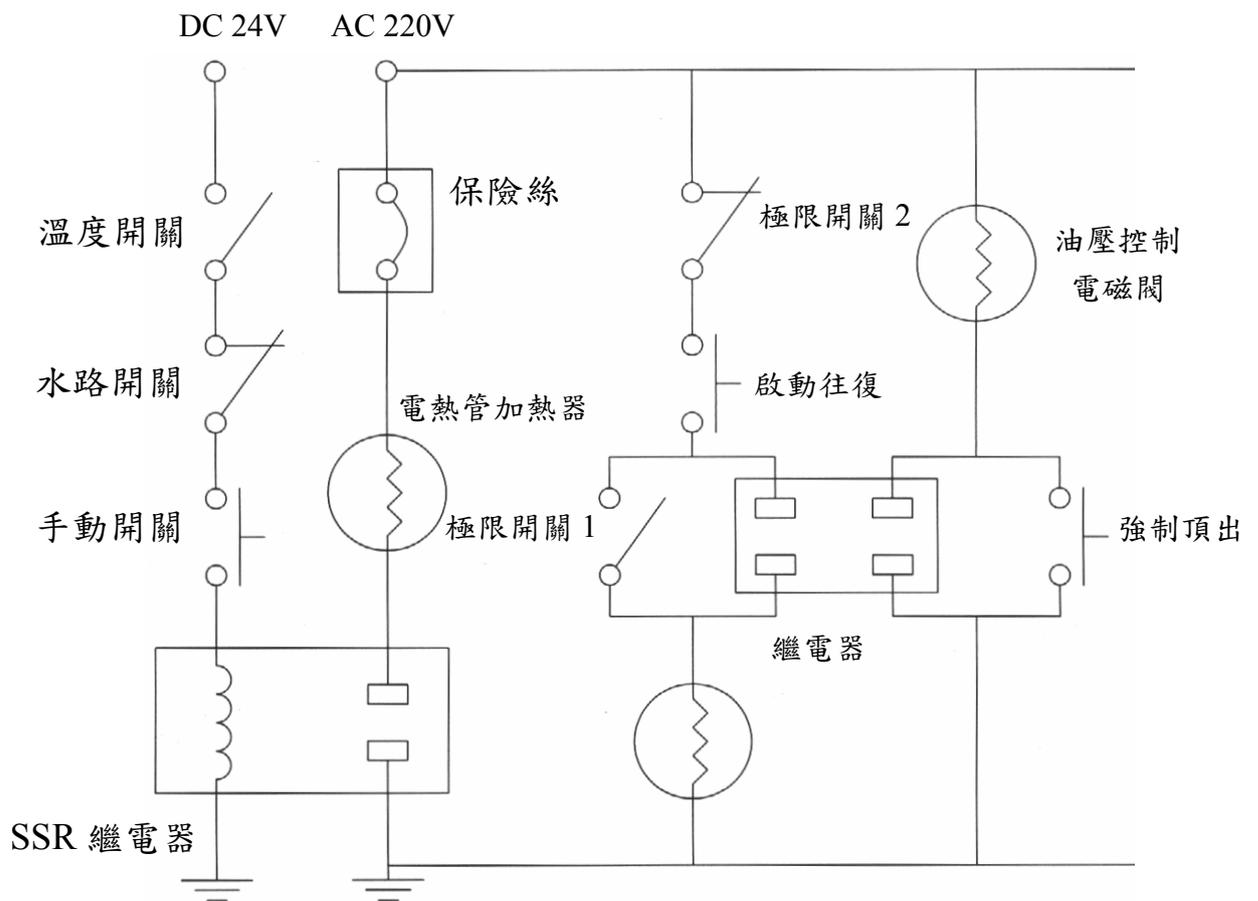


圖 3.9 溫度暨油壓控制系統電路圖

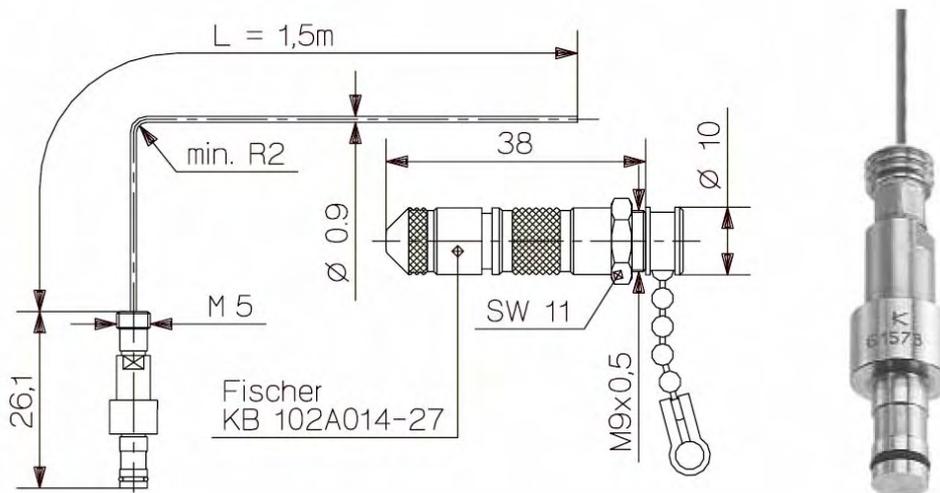


圖 3.10 壓力感測器外觀與尺寸



圖 3.11 偏光顯微鏡



圖 3.12 安裝於射出機上之剪切試驗模具