

封面格式

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：考察)

赴法國 ACB 公司參訪超塑性成型
及擴散接合先進技術

服務機關：中山科學研究院

出國人職稱：簡聘技正、荐聘技士、技術員

姓名：楊智綱、陳義信、許堯福

出國地區：法國

出國期間：91年3月25日至91年4月6日

報告日期：91年5月3日

I0 /
CO9103062

CSIPW-91B -F0001

國外公差報告

中山科學研究院

國外公差心得報告

批		示			
		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 中山科學研究院 宋大偉 0620 1612 </div>			
公年 差度	九十一	所屬單位 各級主管	政戰部 (保研分組)	企劃處	
單位	第二研究所 二十四廠		一、審查報告內容雖僅為技術研討心得，然依附於雄風飛彈計畫並運用於飛彈武器關鍵技術，涉及敏感，建議文件請妥慎保管、傳遞，另毋須對外公開、上網乙節，請併同辦理。 二、請卓參。 本處意見如左：		
級職	技術員 技士 技正	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 許覺良 1335 </div>			
姓名	許堯福 陳義信 楊智綱	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 廖秀雄 0910 0910 1500 </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 1010 </div>	

總務會 075 號

923246



企劃處意見：

- 一、本案建議事項二，建議應給予較寬裕之公差時間以獲得良好的學習效果（原規劃「」天後因計畫審查及預算精簡等因素改為「」天）乙節，經查國防部核定本案出國人天數為「」人「」天，而貴所申辦執行出國計畫行程為「」人「」天，全案係按貴所規劃複審通過。
- 二、本案奉核後，請將資料上傳行政院研考會網站，並將報告裝訂四份送貴單位專責人員後轉送本處。電子檔亦送交本處科技資料組副本送專責人員。

企劃處 郭永聖 代
副處長 郭永聖
企劃處 邱炎川
企劃處 沈從正
正 翁雅
1100
1130

國外公差人員返國報告主官（管）審查意見表

- 一、本院二所廿四廠簡聘技正楊智綱博士等三員赴法國 ACB 公司進行「超塑性成型及擴散接合先進技術」之技術研討與訓練，實地瞭解設備性能及操作、工作原理、製程加工及夾模具設計等關鍵技術及經驗，對建立此技術有很大的助益。
- 二、此次公差所進行之技術研討及訓練之項目非常多，在時程緊湊下能夠完成既定目標，非常辛苦及難得，公差報告內容非常詳實豐碩，能針對重點及關鍵技術項目作詳實之心得整理，且所蒐集之技術資料非常多，對未來加工製程技術及模具設計等開發工作極具參考應用價值。
- 三、對於計畫改善武器系統性能的迫切需要，本廠早已進行規劃筹建此超塑性成型及擴散接合設備能量，目前正採購履約中，若進行順利可於 91 年 8 月正式加入研發生產行列；然本廠對於此設備及技術均未曾有過實際加工經驗，此次派員出國參訪觀摩，與國外專家進行技術研討及見習訓練，瞭解先進國家 SPF/DB 加工技術之發展與應用領域，並吸取國外加工經驗！~~且能縮短自行摸索測試及研發時程~~，相信對於本廠未來技術之開發極具助益，此次公差能圓滿達成任務亦深值嘉勉。

管
主
官
深
俊
0117
1020

依本院 85.11.25 (85) 蓮菁字 15378 號令，返國報告上呈時應附主官評審意見

報 告 資 料 頁

1. 報告編號： CSIPW-91B-F0001	2. 出國類別： 考察	3. 完成日期： 90年5月3日	4. 總頁數： 102頁
5. 報告名稱： 赴法國 ACB 公司參訪超塑性成型及擴散接合先進技術			
6. 核准 文號	人令文號 部令文號	九十一年三月二十日 (九一)銓鑑字第〇〇〇七一二號令	
7. 經 費	新台幣：參拾貳萬伍千貳佰肆拾捌元		
8. 出(返)國日期	91年3月25日至91年4月6日		
9. 公差地點	法國南堤市(Nantes)		
10. 公差機構	ACB Pressure Systems 公司		
11. 附 記			

封面格式

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：考察)

赴法國 ACB 公司參訪超塑性成型
及擴散接合先進技術

服務機關：中山科學研究院

出國人職稱：簡聘技正、荐聘技士、技術員

姓名：楊智綱、陳義信、許堯福

出國地區：法國

出國期間：91年3月25日至91年4月6日

報告日期：91年5月3日

附件二

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

赴法國 ACB 公司參訪超塑性成型及擴散接合先進技術

頁數 102 含附件： 是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

中山科學研究院/楊智綱/03-4456608

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

楊智綱/中山科學研究院/二所二十四廠/技正/03-4456608

陳義信/中山科學研究院/二所二十四廠/技士/03-4456683

許堯福/中山科學研究院/二所二十四廠/技術員/03-4456683

出國類別： 1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：

91 年 3 月 25 日至

91 年 4 月 6 日

出國地區：

法國南堤市(Nantes)

報告日期：91 年 5 月 3 日

分類號/目

關鍵詞：超塑性成型(SPF)、擴散接合(DB)、回彈性、熱作加工

內容摘要：(二百至三百字)

本出國公差計畫派員赴法國 ACB 公司參訪「超塑性成型及擴散接合先進技術」以期建立本院未來超塑性成型及擴散接合關鍵技術開發能力，突破傳統加工瓶頸，滿足計畫研發及生產任務需求。藉由此次參訪與廠商進行技術研討及訓練，時程安排雖非常緊湊但成果非常豐碩，除進一步瞭解設備性能需求、系統設計及工作原理、檢測方法、夾模具設計、材料處理、加工參數設計及製程加工等關鍵技術外，並實際參與加工製程之見習及訓練，獲取相關經驗及技術資料，可提供本院建立此技術能量之參考與借鏡，以期減少自行摸索測試之困擾及縮短自行技術開發之時程。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

附件三

行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：赴法國 ACB 公司參訪超塑性成型及擴散接合先進技術	
出國計畫主辦機關名稱：國防部中山科學研究院	
出國人姓名/職稱/服務單位：楊智綱/技正/中山科學研究院/等 3 人	
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 格式完整 <input checked="" type="checkbox"/> 3. 內容充實完備 <input checked="" type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input checked="" type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> ←不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> ↑以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> →內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> ↓未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input checked="" type="checkbox"/> 8. 其他處理意見： <u>業經單位。</u>
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 退回補正，原因：_____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 其他處理意見：

政戰室：該報告內容係技術研討心得，非屬本送行政核辦。

出國日期

第二研究所 琳

第二研究所 李嘉華

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應於出國報告提出後二個月內完成。

中山科學研究院公差出國人員報告目錄

壹、出國目的及緣由.....	8
貳、公差心得.....	13
參、效益分析.....	88
肆、國外公差日程表.....	93
伍、社交活動.....	95
陸、建議事項.....	99
柒、附件.....	102

壹、出國目的及緣由

本院派員赴法國 ACB 公司參訪「超塑性成型及擴散接合先進技術」，本案出國主要目的是就研發之設備性能需求、系統設計、夾模具設計、製程加工等關鍵技術與廠商進行研討觀摩及技術訓練，以獲取經驗及相關技術資料，建立本院未來超塑性成型及擴散接合關鍵技術研製能力。

為提昇超音速飛彈武器系統之性能，採用質輕且強度高之鈦合金已是必然趨勢；然而鈦合金在常溫加工下回彈性(springback)非常大(約為碳鋼之 5~10 倍)，冷作成型困難。一般碳鋼可利用傳統之冷作方法成型，然而對於高強度之鈦合金而言，由於其回彈性非常大(如表-1 所示)，若在室溫下加工成型，尺寸精度及品質均不容易控制，且冷作成型易產生皺折及裂縫等重大缺陷，圖-1 至圖-2 為 Ti-6Al-4V 鈦合金冷作成型所產生之皺紋及裂縫缺陷。為突破現行傳統成型加工之瓶頸，及滿足計畫研發及生產任務需求，因此亟待建立鈦合金熱作超塑性成型能量以解決製造瓶頸，並提昇加工品質及技術能力。

對於鈦合金之加工成型，目前先進國家均採用熱作成型方法，在高溫下材料之強度會降低、延展性會提高，且回彈性及最小彎折半徑會隨溫度之提高及成型時間之增加而迅速下降使得工件成形更加容易，而且精度及品質容易控制。而在熱作成型加

工技術中，最廣泛使用者即為超塑性成型(Superplastic Forming, SPF)技術。

表-1. 鈦合金與鋁合金及碳鋼室溫下之機械性質比較

Material	Specific gravity(SG)	UTS (kg/mm ²)	YS (kg/mm ²)	EL (%)	Springback (%)	UTS/SG
Ti-6Al-4V (Annealed)	4.5	99.3	92.4	14	10 ~ 20	22
Ti-6Al-4V(STA)	4.5	117	110	10	20 ~ 30	26
Ti-15V-3Al-3Cr-3Sn (Ann.)	4.5	77.3	78.5	22	15 ~ 20	17.2
Al-alloy 6061-O	2.7	12.5	5.5	25	0.5 ~ 1.5	4.6
Al-alloy 6061-T6	2.7	31	27.5	12	1 ~ 2.5	11.5
Al-alloy 7075-O	2.7	23	10.5	17	0.5 ~ 1.5	8.5
Al-alloy 7075-T6	2.7	57	50.5	11	1 ~ 3	21.1
Carbon steel (1030)	7.85	53	35	32	1 ~ 3	6.7

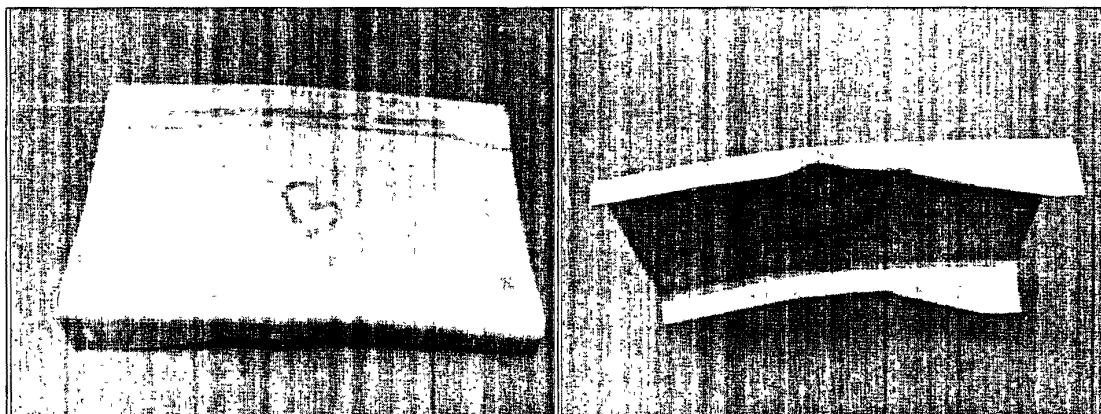


圖-1. 鈦合金弧板冷作成型產生裂縫及翹邊情形

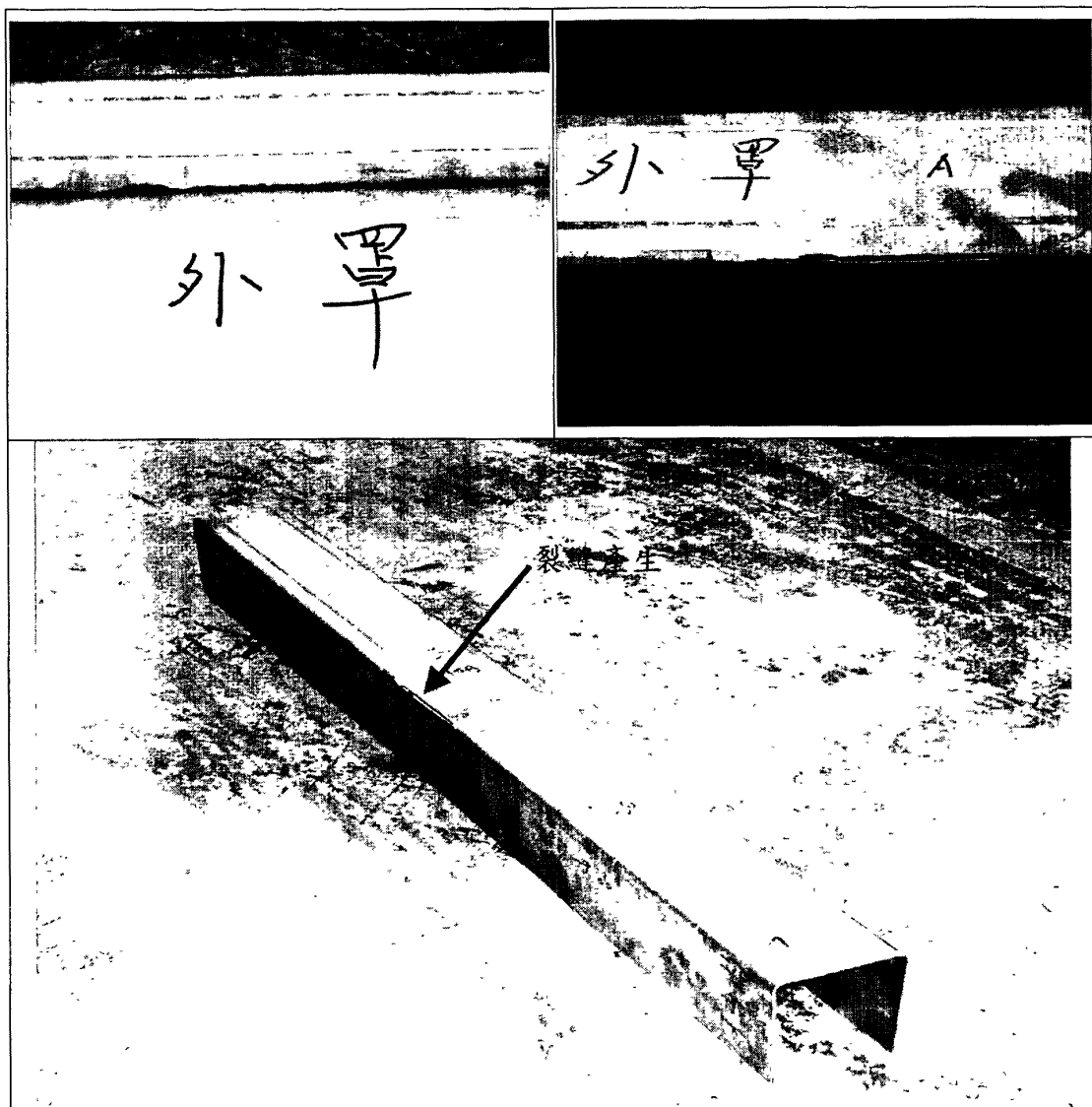


圖-2. 鈦合金外罩冷作成型產生裂縫之情形

超塑性成型屬熱作成型技術的一種，其成型主要是將板材固定於模具中，施以加熱使材料達到成型溫度後，施以高壓氣體吹製成型，而在加熱的同時通以鈍氣保護以避免材料高溫氧化；將工件在超塑性條件下成型，因材料能承受非常大的伸張變形量（最大記錄可達 5000%，典型的變形量在 100~1000%之間），即使

是複雜的工件亦可一次加工完成。

擴散接合(Diffusion Bonding, DB)是屬於高層次之接合技術，係利用材料在高溫高壓下具有良好的擴散作用而將兩種材料接合成一體，此技術可不必使用鐸料且可接合異種材料。

超塑性成型溫度與擴散接合溫度相近，若將此兩種技術加以結合應用，對於複雜且不規則之零組件均可藉 SPF/DB 達成一體成型之結構體，能有效減少零件數及接點數，不但可節省重量達到輕量化之目的，並可提昇整體結構強度及剛性。而此 SPF/DB 技術適用之材料很多，除了高強度鋁合金及鈦合金外，亦適用於鋁鎂合金、不銹鋼、超合金、介金屬合金等，甚至於一些金屬基複合材料及陶瓷材料亦可利用此加工技術來進行成型及接合。

基於「超塑性成型」與「擴散接合」之高度應用效益，國外先進工業國家自 1970 年代即全力發展此技術，並廣泛應用於國防及航太工業飛行器之結構件與零組件的製造加工，例如鈦合金、超合金及鋁合金等應用於飛機之外殼結構件、骨架、排氣整流罩、發動機零件、引擎零件及機翼等。目前此技術國外先進國家已發展相當成熟，除廣泛應用此技術於國防及航太工業外，並將此技術視為關鍵技術而限制輸出。

本廠於 89 年即積極規劃籌建熱作超塑性成型加工能量，並獲得計畫預算支援，於 89 年底完成設備購案核定，並於 90 年 6 月 26 日決標，90 年 7 月 3 日完成簽約，預定 91 年 5 月底設備到院進行安裝試車，若進行順利於 91 年 9 月可完成檢測驗收正式

加入研發生產行列，此設備及技術能量之建立除可突破傳統加工瓶頸外，亦可提昇加工品質及技術能力，滿足計畫研發及生產任務需求。為能儘速建立此核心技術能力，並縮短自行摸索試誤研發之時間，因此規劃赴國外先進國家參訪「超塑性成型及擴散接合先進技術」，藉由參訪觀摩、技術研討及訓練來獲得相關之技術資料及經驗，可提供本院建立此技術能量之參考與借鏡，以期減少自行摸索測試之困擾及縮短自行技術開發之時程。本次赴法出國公差由本廠派遣技正楊智綱、技士陳義信及技術員許堯福共三員前往，主要工作目標為：

- (1) 參訪及觀摩超塑性成型及擴散接合之設備結構及系統設計、設備及系統性能要求、檢測方法及檢測儀器之使用情形。
- (2) 進行超塑性成型及擴散接合相關技術之研討、夾模具設計、材料選用、設備系統操作及加工製程之觀摩與技術訓練。
- (3) 蒐集超塑性成型及擴散接合設備相關軟、硬體、周邊輔助設備及檢測裝置、加工製程規劃及參數應用等之技術資料，並藉由實地參訪瞭解該技術國外之應用情形、技術效益及發展現況。
- (4) 藉由國外參訪觀摩、技術研討及實作見習，吸取國外加工技術及經驗，期能縮短自行摸索測試及研發時程。

貳、公差心得

2.1 超塑性設備系統功能介紹

本設備是由一個大型加熱爐及其所專屬之壓機系統、加熱控制系統、氣體控制系統、液壓控制系統、電氣與電腦控制系統等所組成。各控制系統經由連線至電腦主機整合，可透過模式設定、程序設定、參數輸入等程式設計，自動或手動模式執行金屬板材之超塑性成型及擴散接合之製作。在製程中所有動作之執行均可透過電腦主機執行及監控。

2.2 超塑性設備系統檢測及試驗見習

2.2.1 設備機械本體

設備機械本體如圖-3 所示，加熱爐體由絕熱材料及冷卻來保護，避免受高熱而損壞，加熱爐門可經氣壓控制系統開啟。下壓板安裝於輸送平台(shuttle table)可藉液壓馬達帶動齒輪傳動機構進出爐體，以供模具及工件進出方便安裝及拆卸。上壓板藉由 4 組液壓缸主推桿控制可上下運動，並可經由電腦程式控制對模具及金屬板材施加所需之壓力。機械本體之量測重點主要為：機體尺寸與耐熱衝擊性之陶瓷壓板(platen)尺寸量測，如圖-4 所示。最大及最小上下壓板間距之量測如圖-5。壓板加工之平面度(flatness)量測，如圖-6 所示。主推桿行程(Ram stroke)為 700mm，速率(Ram speed)量測結

果最大可達 1180mm/min。

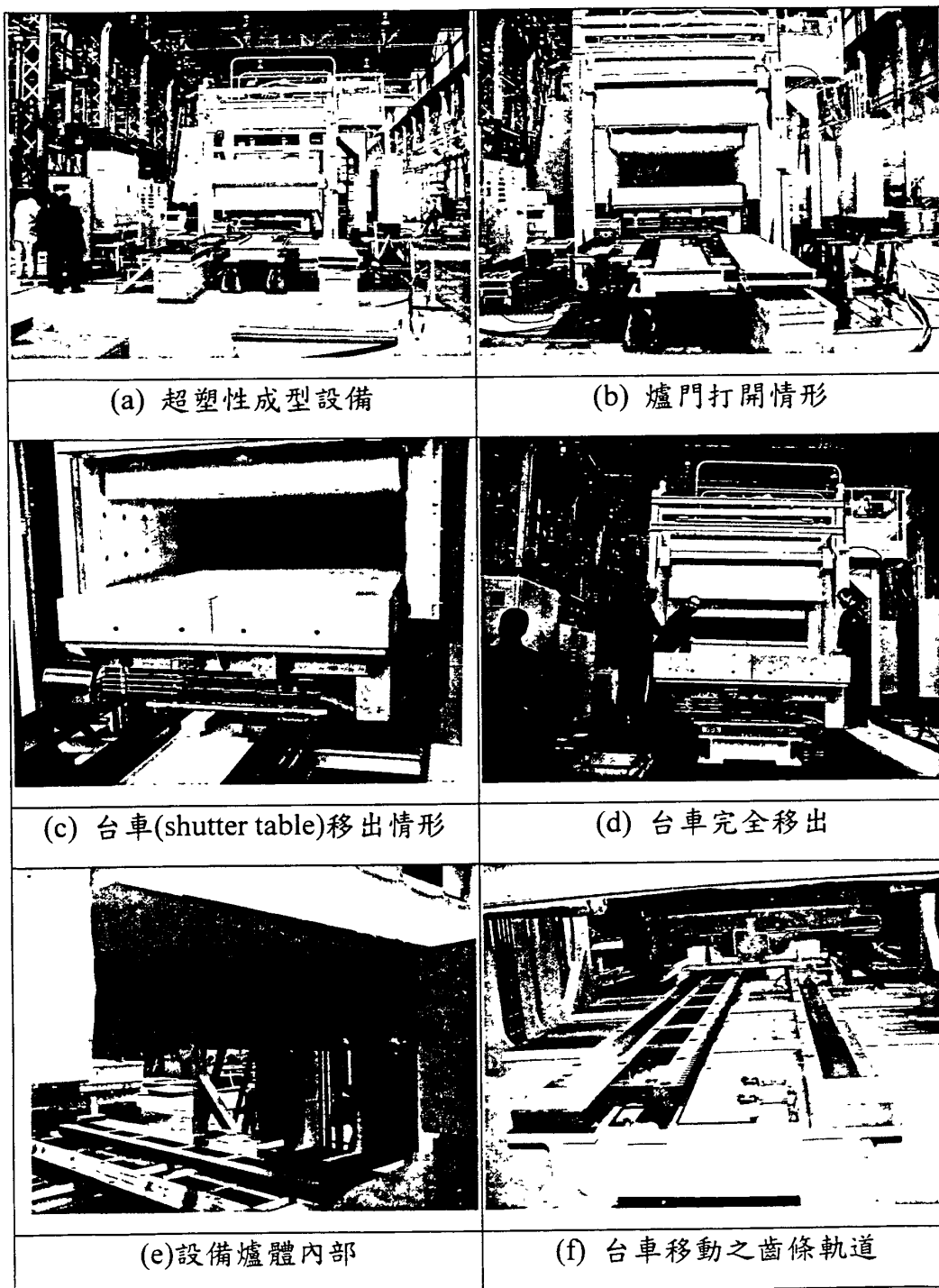


圖-3. 超塑性成型設備機械本體

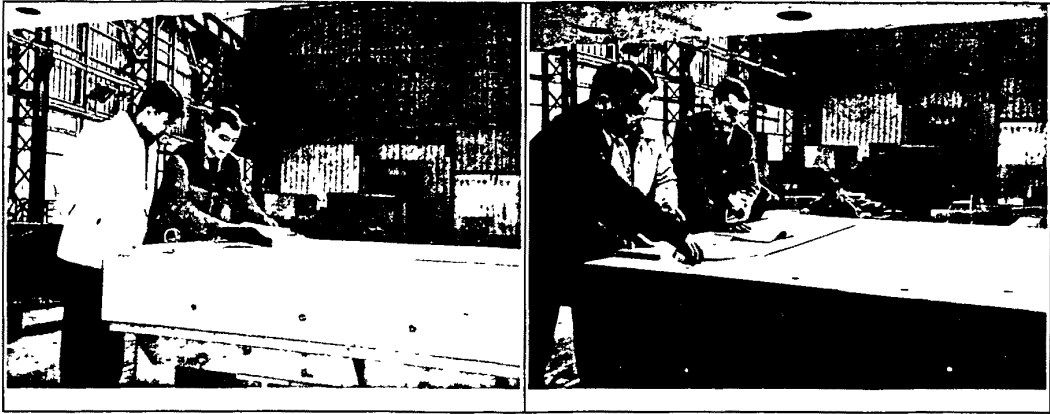


圖-4. 超塑性成型壓板尺寸量測



圖-5. 壓板最大及最小間距量測

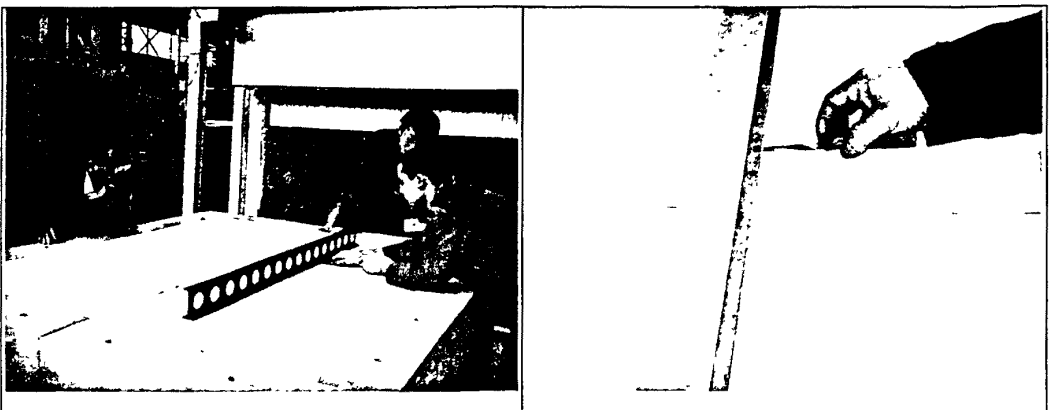


圖-6. 壓板平面度量測

2.2.2 保護氣體控制系統(吹製氣體)

成型用惰性氣體供應系統含有兩組之氣體儲存供應裝置及氣體管線，管路系統設計圖及實體裝置圖如圖-7 及圖-8 所示。使用的氣體經過過濾裝置去除雜質及污染物後，能快速在模具內產生氣壓以供工件成型用。控制超塑成形時所需之氣體壓力可達 40 bar 以上，且其壓力精度 $< \pm 100$ mbar。另有真空幫浦(vacuum pump)可進行真空排氣(vacuum purging)以及低壓成型作業，其幫浦規格為 750 瓦(watts)，抽氣速率達 $25 \text{ m}^3/\text{hour}$ 。

此氣體控制系統之優點如下：

1. 採二個完全獨立的氣體迴路作為上下模的氣體控制，控制的穩定性及精度較高。
2. 每組迴路採用二個高精度的流量控制閥，作為氣體進出控制，於保持狀態，氣壓保持在 ± 10 mbar 的範圍。
3. 每組迴路採用二個壓力感測器，一個位於模具的進口側，一個位於出口側，隨時偵測模具內壓力的變化，並且相互比較壓力，倘若壓差太大，立刻產生警報，製程相對可靠。
4. 獨特的 by-pass 設計，倘若工件成型的過程中，有不明原因阻塞模具的氣體入口，壓差太大產生警報，現場人員可利用本迴路氣體由排口導入，可以救回該工件。
5. 二組迴路連接一具真空泵，可以做負壓控制，製程可以更多的變化及彈性。

6. 系統簡潔，完全與電腦連線，對操作及維護極有幫助。

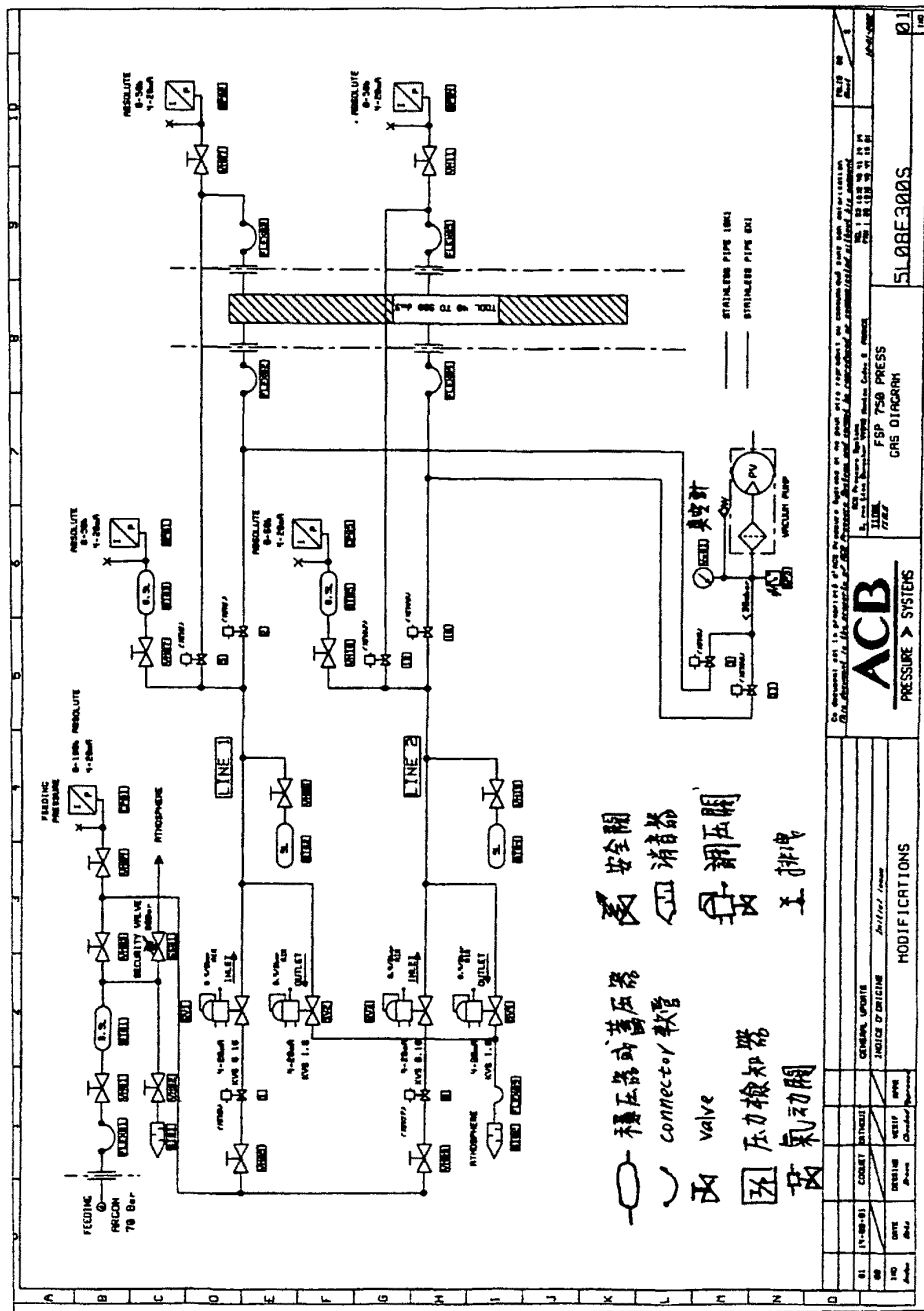


圖-7. 成型用惰性氣體管路系統設計圖

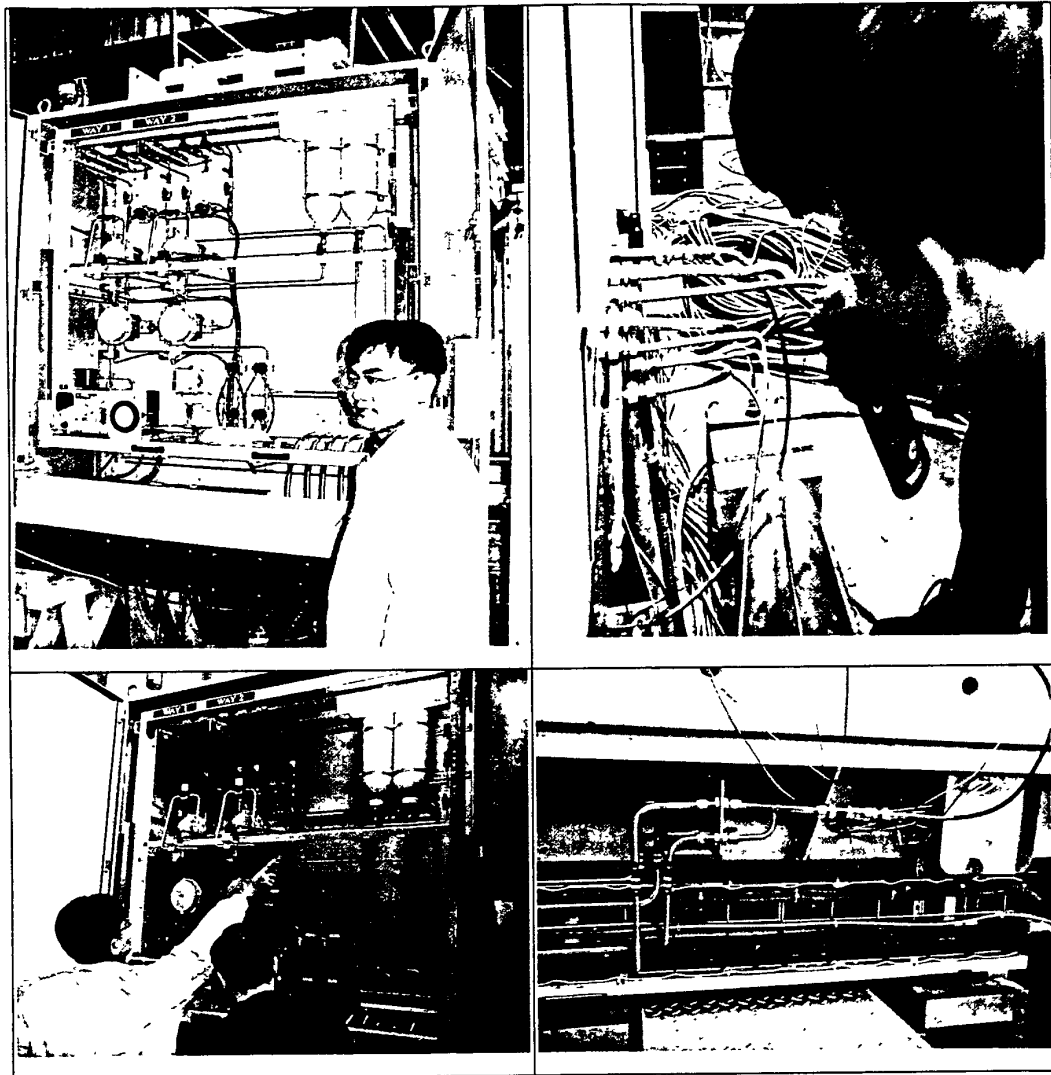


圖-8. 成型用惰性氣體控制系統及管路測漏試驗

2.2.3 壓縮氣體系統

壓縮空氣系統提供所需之乾燥壓縮空氣作為設備操作之氣動控制，本系統含有空氣壓縮機、乾燥機、儲氣桶、自動調壓器、氣體乾燥器、壓力表等，管路系統設計圖如圖-9所示，壓縮氣體控制箱如圖-10所示。壓縮氣體系統主要功能為：

- (1) 保護氣體控制系統之氣動閥開關之控制

- (2) 設備爐體之前、後、側門之開啟或關閉
- (3) 控制油壓系統增壓 pump 之開啟或關閉

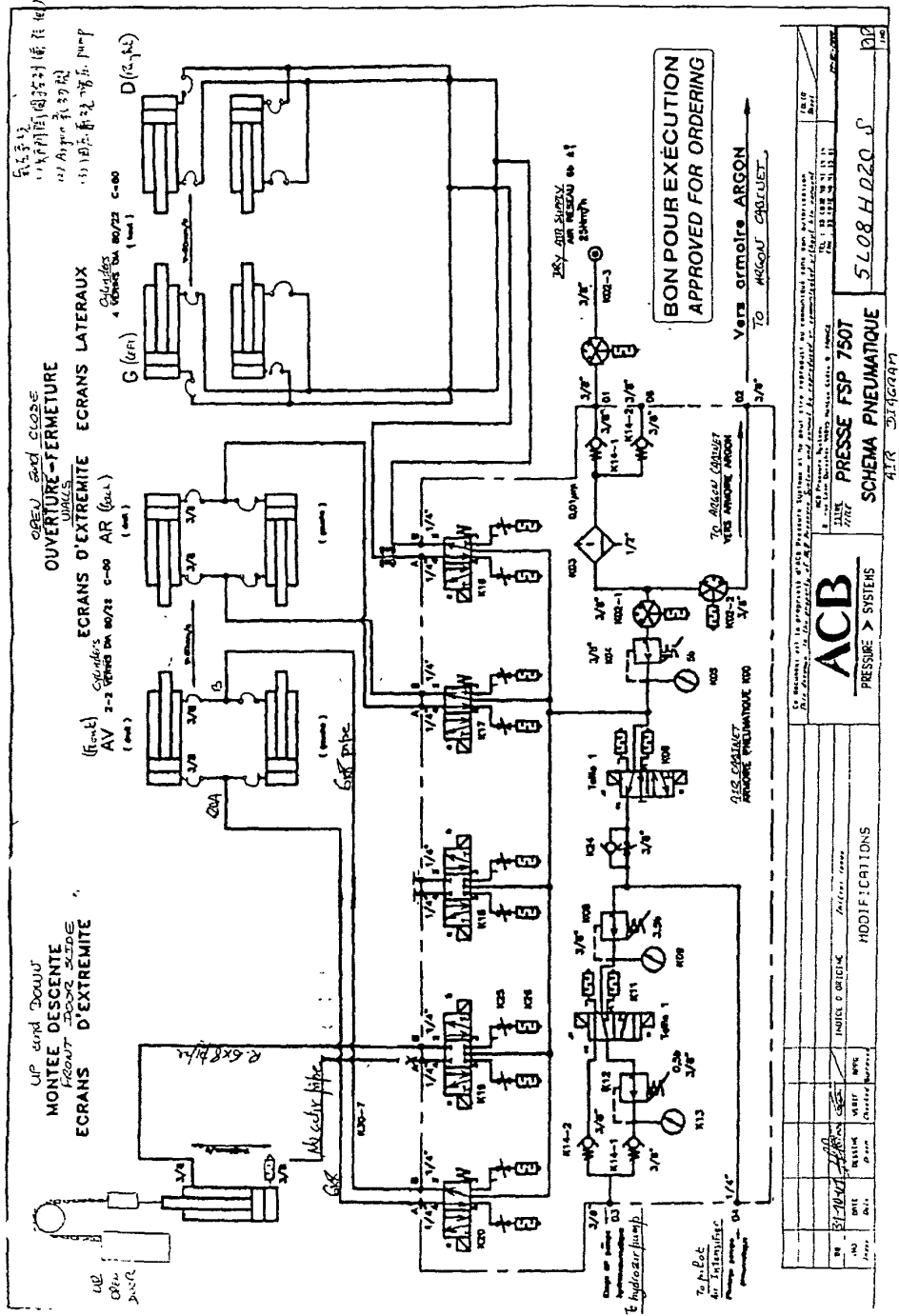


圖-9. 壓縮氣體控制系統

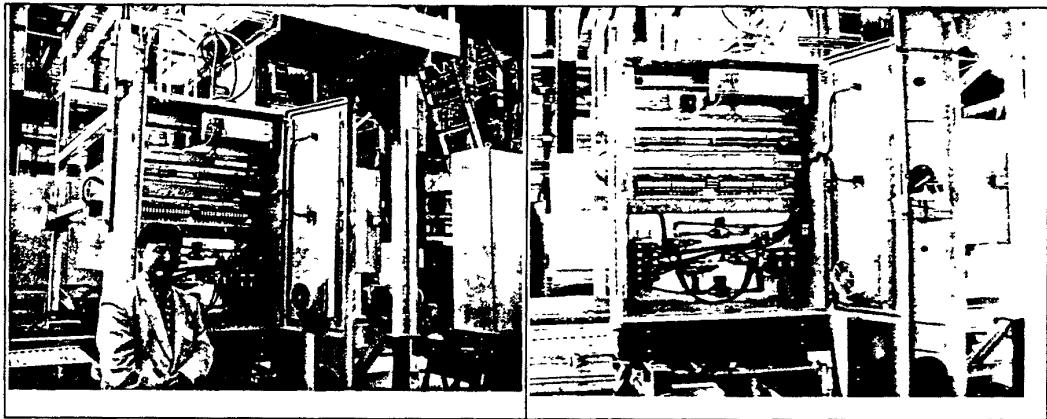


圖-10. 壓縮氣體控制箱

2.2.4 油壓系統

油壓系統管路設計如圖-11，實體裝置如圖-12 所示。此油壓系統管線安裝於設備之爐頂上，是使用耐火性液壓油，此系統提供設備作業所需之液壓動力，動力需求完全根據實際之需求，能提供穩定的壓力，且不會使液壓流體過熱，並有安全閥作為系統過載保護及配有電氣故障指示燈，圖-13 為油壓系統最大荷載測試。此系統主要功能為：

- (1) 提供 4 組液壓缸主推桿之動力，控制上壓板上下運動，並經由連線至電腦可程式控制對模具及金屬板材施加所需之壓力。模具夾緊所需的壓力是防止氣體洩漏，此系統能根據作用於模具之氣體壓力變化作調整。
- (2) 提供輸送平台(shuttle table)齒輪傳動機構之液壓馬達所需之動力，以供輸送台平進出爐門，方便模具及工件進出安裝及拆卸。

(3) 控制 safe pin 之作動，確保液壓缸控制上壓板上下運動之安全性。

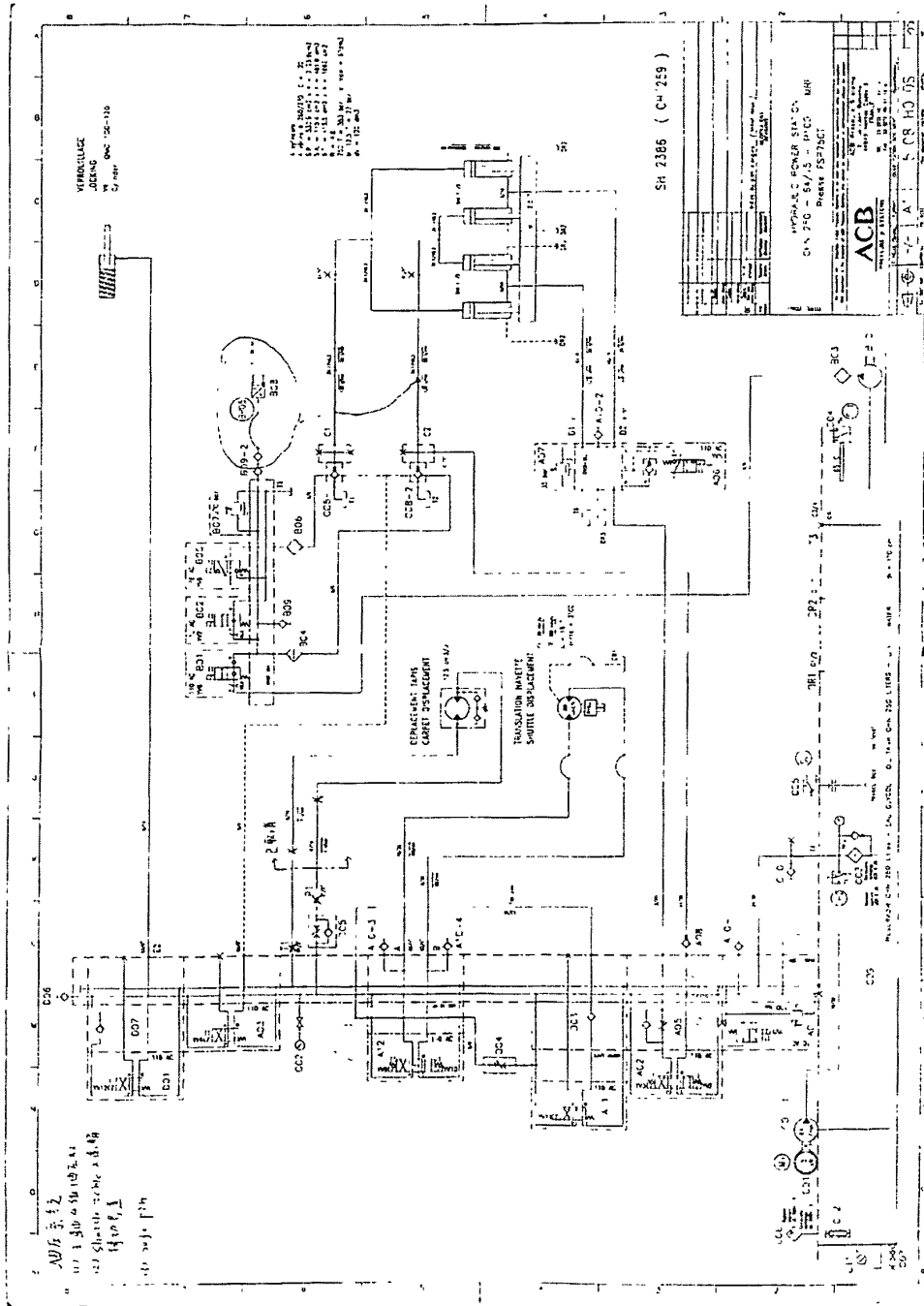


圖-11. 油壓控制系統

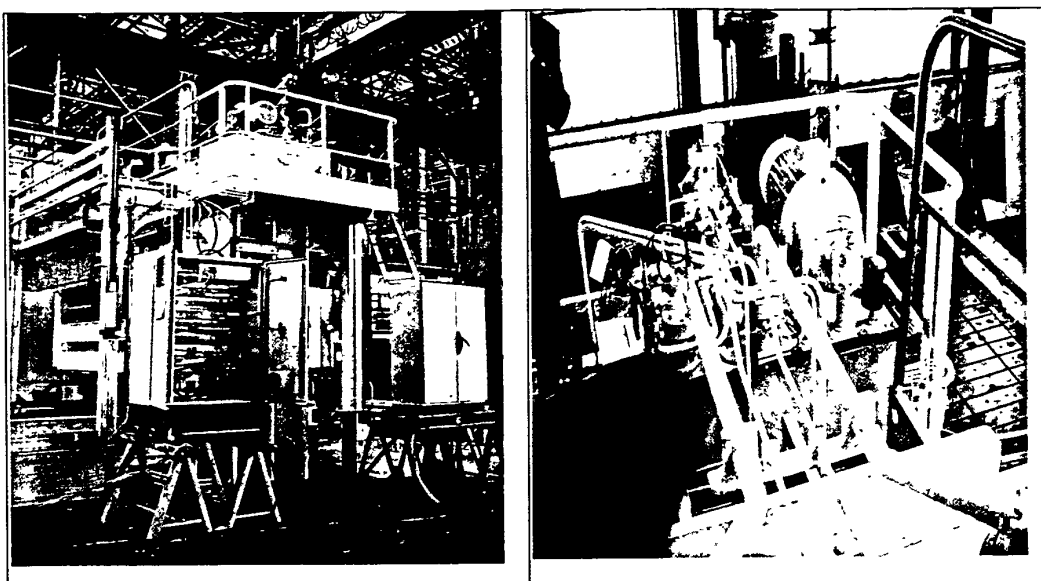


圖-12. 油壓控制系統管路



圖-13. 油壓機最大力負載測試(木板實壓測試)

2.2.5 Power supply 及加熱控制系統

Power supply 及加熱控制系統如圖-14 及圖-15 所示。加熱控制系統採用 SCR 控制，分上、下壓板加熱區(heating zone)各五區，每一加熱區均可以單獨偏移調整，每區的獨立熱電偶有過溫保護裝置，在過溫狀態下能切斷電源以保護加熱元件。加熱元件之數量及配置能使壓板之升溫速率達 $140^{\circ}\text{C}/\text{hour}$ ($250^{\circ}\text{F}/\text{hour}$) 以上。加熱控制系統具有溫度回授及自動調校控制功能，可確保模具及工件在 SPF/DB 過程之均溫性。此加熱控制系統可使壓板最高加熱溫度達 1010°C (1850°F) 以上。

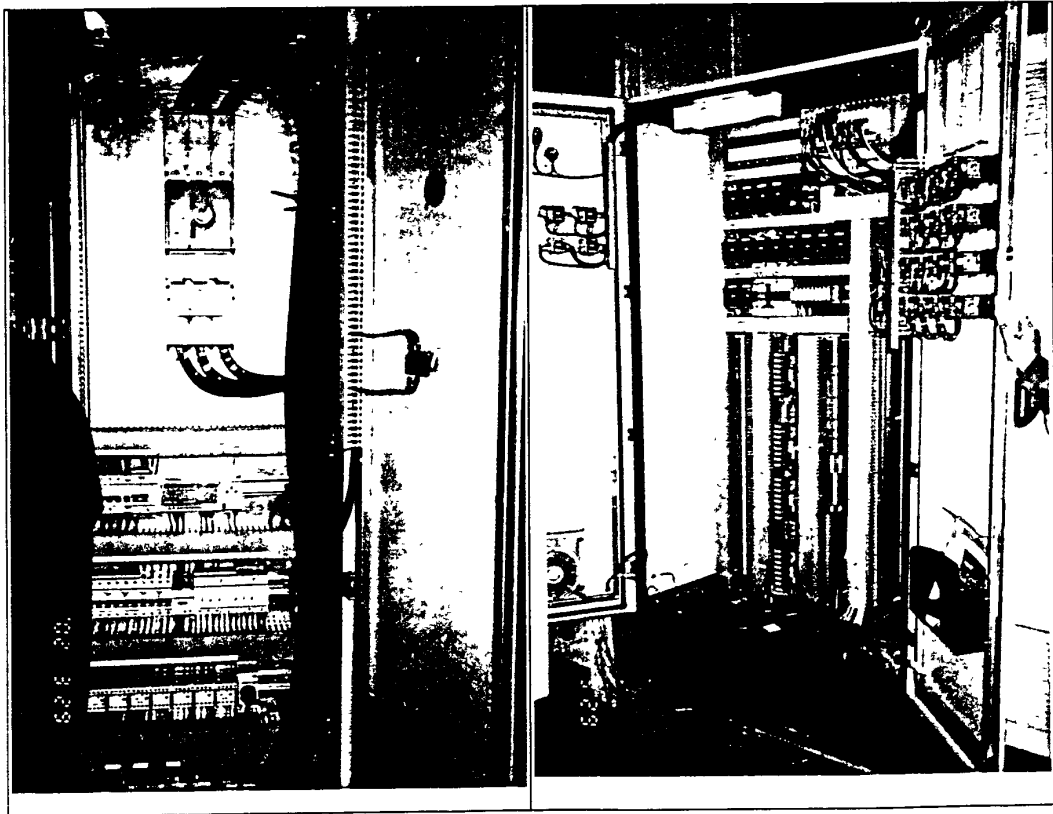


圖-14. Power supply

圖-15. 加熱控制系統

2.2.6 電腦控制系統

此設備之操作可透過電腦控制系統自動執行。將操作程序、參數之資料鍵入電腦，透過電腦之程式設定來執行成型作業程序。並且可透過電腦可隨時監控模具溫度、氣體壓力、經過時間、以及所有設備之動作和失效狀態顯示。此電腦控制系統如圖 16 所示。

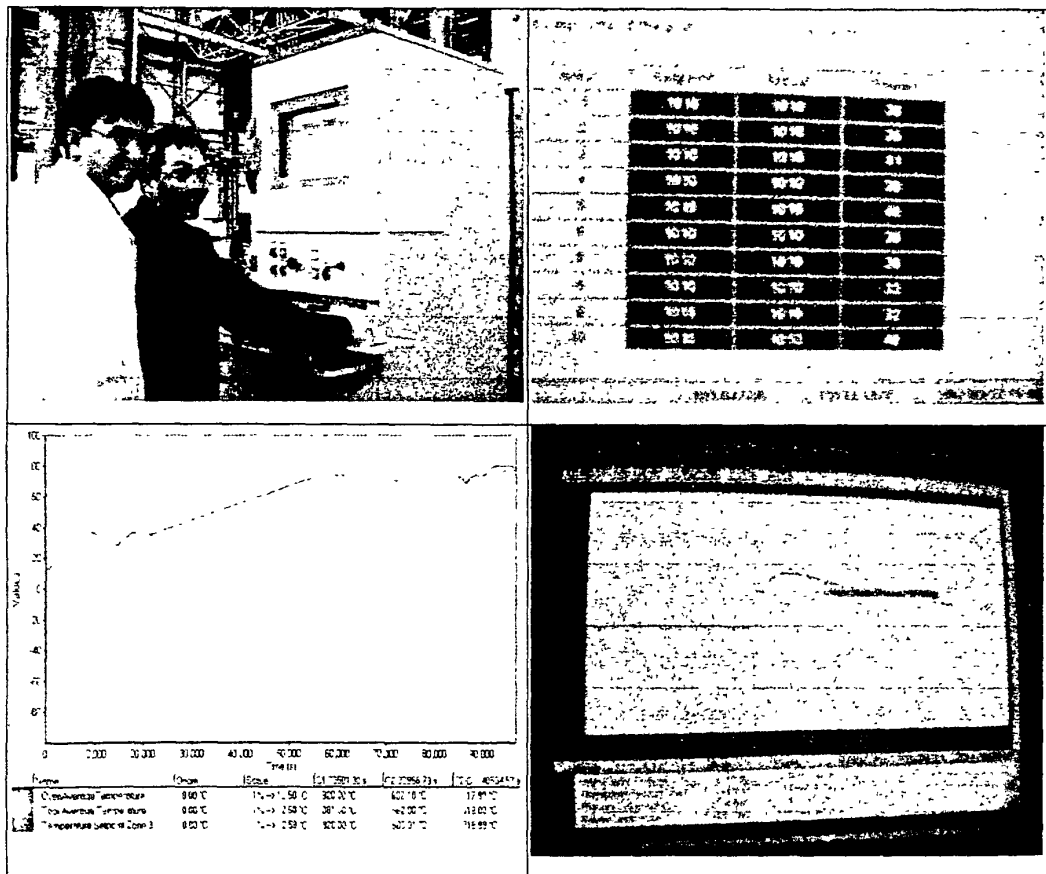


圖-16. 電腦控制系統

此電腦控制系統的優點如下：

1. 採用先進的 ISAC 架構及 WINLAG 軟體，加上 ACB 公司在 SPF/DB 設備多年累積的經驗，軟體控制的操作方便性及製程控制的周全性，很常優異。
2. 電腦系統可完全掌握設備的狀態如主壓板的溫度、壓力、shuttle table 的位置、爐門的位置，可直接在鍵盤操作並在電腦上看到動作變化，並且有安全連鎖，倘有動作或順序錯誤，會阻止該動作。
3. 電腦系統可完全掌握製程的狀態，如上、下壓板及模具之溫度及工件成型中氣體壓力之變化等，皆可由電腦自動計算需要的油壓壓力，以便保持模具緊密狀態。
4. 製程程式的編寫，溶入多年 ACB 公司在 SPF 製程的經驗，其參數的內容分為主壓機參數，模具參數，氣體控制參數，溫控參數，製程步驟及製程中所有重點皆有掌握，對日後的工件生產或新品開發極有幫助，並且程式編寫方式簡明容易瞭解可避免錯誤。
5. 電腦系統有獨特的訊息顯示欄，隨時顯示訊息，並將該訊息分三等級以顏色表示，綠色是正常，黃色是警告，但可繼續操作，紅色是錯誤必須立刻改正，所有訊息內容及開始至結束時間皆有顯示並記錄入電腦內，可隨時叫出瞭解訊息發生之狀況及現場人員對訊息是否有及時回復並處理，對日後生產狀況掌握及管理非常有幫助。

6. 製程的所有資料包括時間、壓力、溫度等完全記錄在硬碟中，方便日後做為檔案夾編排管理，每個檔案夾均可列入每個工件製程之記錄資料，時間間隔由 5ms 至 1 分鐘可自由選擇，此記錄之保存對日後製程研發及生產中的缺點分析非常有幫助。

2.2.7 冷卻系統

冷卻系統如圖 17 所示，主要提供壓板、爐體與機台間之冷卻，以避免受高熱而損壞，同時維持當在高溫成型過程，機器外面之溫度低於 65°C。

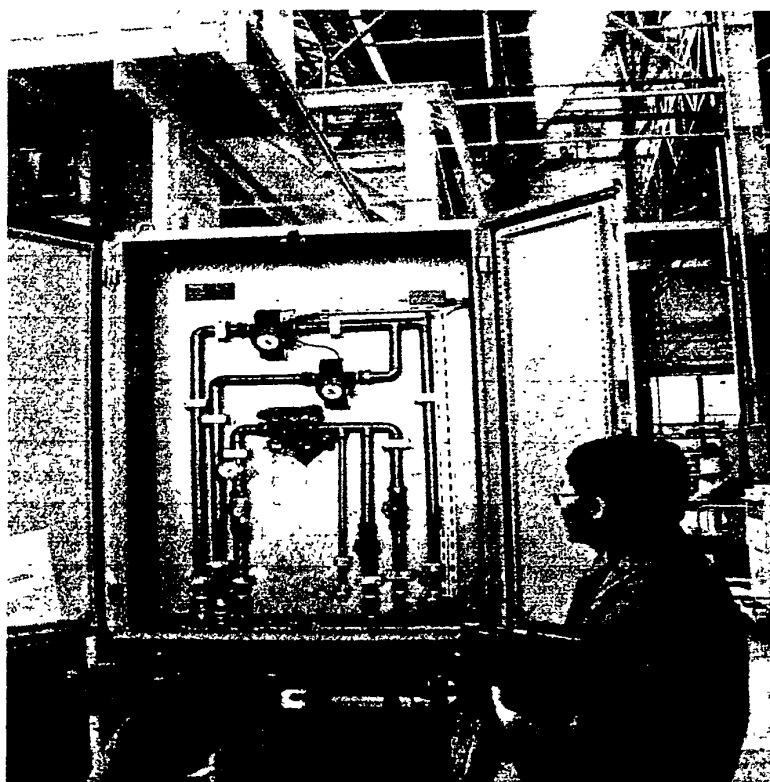


圖-17. 冷卻系統

2.2.8 設備操作

此設備操作模式有二種可供選擇，一為手動模式，另一為自動模式。手動模式如壓板上下運動及台車進出爐門之操作及加熱等皆可在此模式下執行。自動模式為正常之 SPF/DB 之操作模式，藉由電腦程式輸入程式而自動執行。圖-18 為自動模式之執行流程。

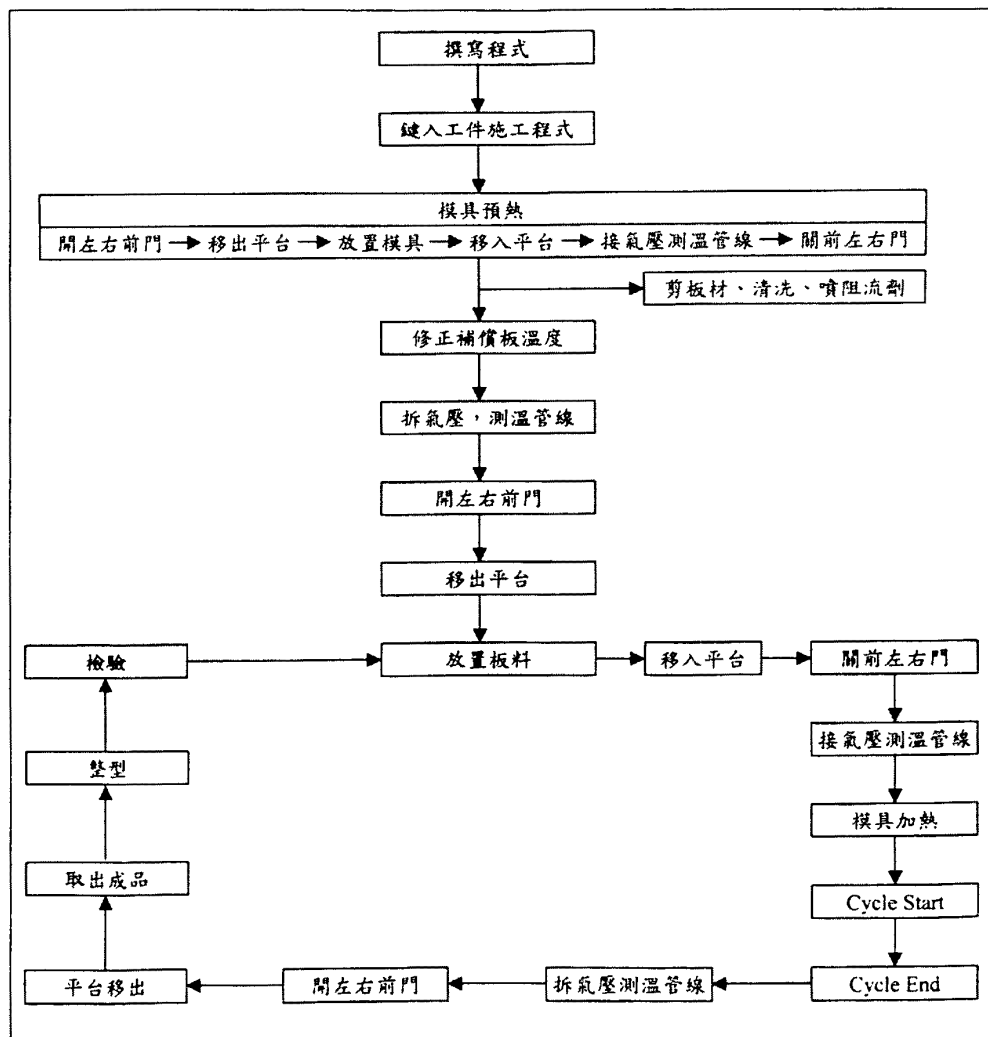


圖-18. 超塑性成型自動模式下之執行流程

電腦程式編撰方式如圖-19 至圖-26 之電腦程式設定及畫面顯示情形。在設備操作執行中發生失效狀況時，則警報器響起，自動模式並隨即停止。

● 程式編寫與執行有下列功能：

1. 根據 SPF/DB 加工的需求，由電腦輸入或編修(edit)操作參數及程序設定等使設備依程式執行外，另可選擇已儲存的程式來執行 SPF/DB 的製程。
2. 每個程式均可以從任何一個步驟開始。
3. 在自動模式時，任何時候皆可中斷程式之執行，修改程式或另選其他程式號碼，並且重新開始。

● 電腦監控及顯示功能：

1. 能即時監控工件成型時不同的參數顯示(溫度、氣體壓力、壓板位置與時間)，以及錯誤訊息顯示；並有追蹤製程及記錄功能。
2. 所有數據及圖形顯示能即時連線，並可設定追蹤及紀錄時間範圍。
3. 在分析顯示時須有以下功能：(1)畫面放大及縮小，(2)曲線的選擇與更換，(3)即時及延時顯示。

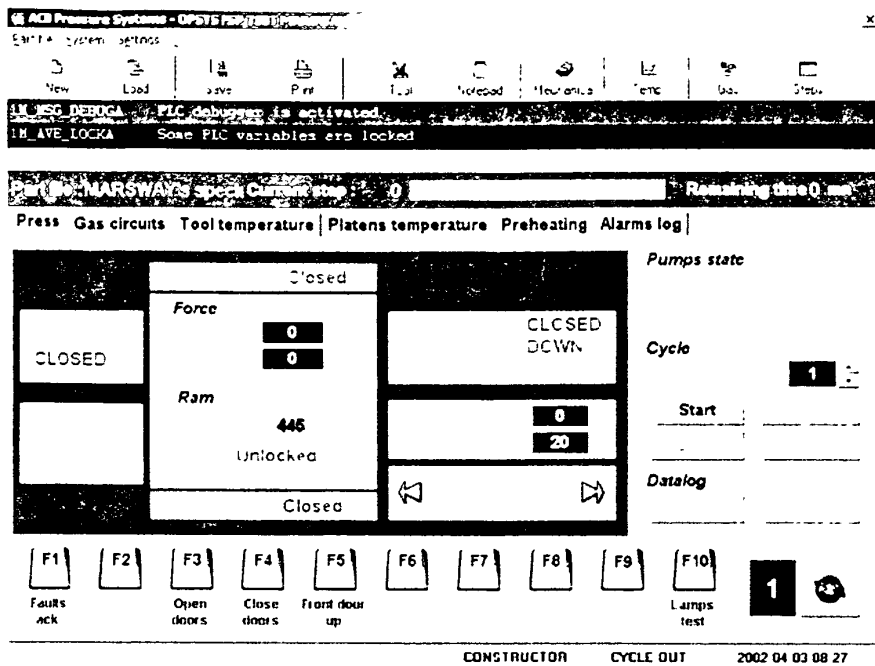


圖-19. SP7 電腦操作軟體主畫面

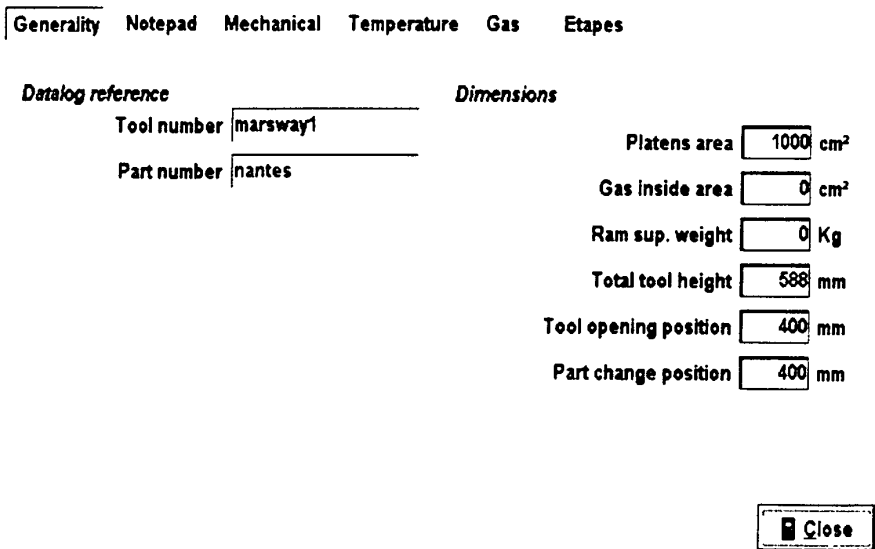


圖-20. 工件、模具及壓板之參數設定

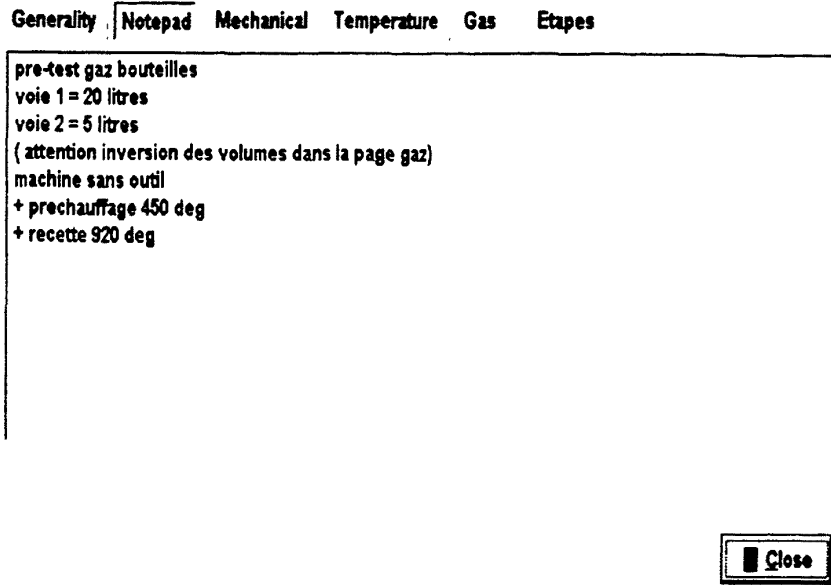


圖-21. 筆記本文字備忘錄

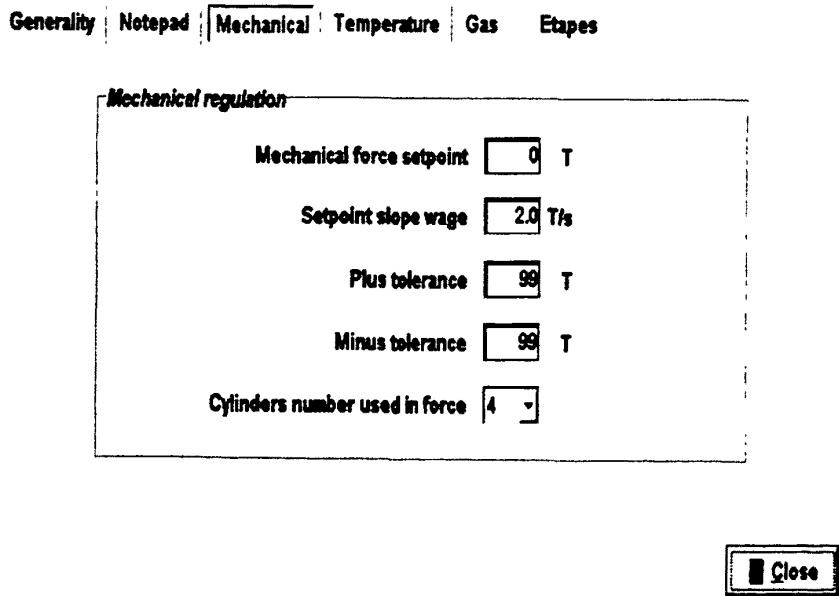


圖-22. SPF 機械參數設定

Generality Notepad Mechanical **Temperature** Gas Etapes

General setup

Final temperature °C Ramp rate °C/h

Platens overshoot value °C Overshoot duration min

Minus tolerance °C Plus tolerance °C

Tool thermocouples selection

Th1 Th2 Th3 Th4 Th5
 Th6 Th7 Th8 Th9 Th10

Offset area (in °C)

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

圖-23. SPF 溫度參數設定

Generality Notepad Mechanical Temperature **Gas** Etapes

Lines settings

	Line L1	Line L2
	<input checked="" type="checkbox"/> Used	<input checked="" type="checkbox"/> Used
	<input type="checkbox"/> By-pass	<input type="checkbox"/> By-pass
Plus tolerance	<input type="text" value="5.00"/> bars	<input type="text" value="5.00"/> bars
Minus tolerance	<input type="text" value="5.00"/> bars	<input type="text" value="5.00"/> bars
Anomaly value	<input type="text" value="1.50"/> bars	<input type="text" value="1.50"/> bars
Initial volume	<input type="text" value="10"/> liters	<input type="text" value="20"/> liters
Sweeping pressure	<input type="text" value="1.00"/> bars	<input type="text" value="1.00"/> bars
Minimal temperature for sweeping	<input type="text" value="20"/> °C	

圖-24. SPF 氣體參數設定

Generality Notepad Mechanical Temperature Gas Etapes

	Concurrent	Duration	Temp.	Line L1		Line L2	
				Pres. (bar)	Vol. (liters)	Pres. (bar)	Vol. (liters)
1	10:0	10:0	20	40.00	020	6.00	005
2	15:0	5:0	120	40.00	020	40.00	005
3	16:0	1:0	120	40.00	020	40.00	005
4	17:0	1:0	120	1.00	020	1.10	005

圖-25. SPF 時間程序參數設定

ACB Pressure Systems CFSYS SPF 200T MARSWAY

Part file : MARSWAY's speci: Current step : 0 Remaining time 0 min

Preheating

Preheating validated

Preheating command

Starting date 2002-04-09

Starting time 08:32

Final setpoint 120

Validate

CONSTRUCTOR CYCLE OUT 2002 04 03 08:37

圖-26. SPF 預熱設定

當預熱到設定之溫度時，如果壓板平均溫度與模具平均溫度不同時，由溫度參數設定「Temperature」(圖-23)，補償壓板各區之溫度，使壓板與模具之平均溫度相同。在移出平台放置板料工件於模具內後，再將平台移進爐內定位後再加熱模具及工件使其溫度回升至超塑性成型溫度，此時可再行檢查所設定之加工參數是否有誤或需再修正，若設定確認無誤後即可點選圖-19 之「Start」，再在操作控制台面板(如圖 27)上按「Cycle Start」按鈕即開始執行超塑性成型作業。圖-28 至圖-32 為執行中各項資料畫面顯示情形。

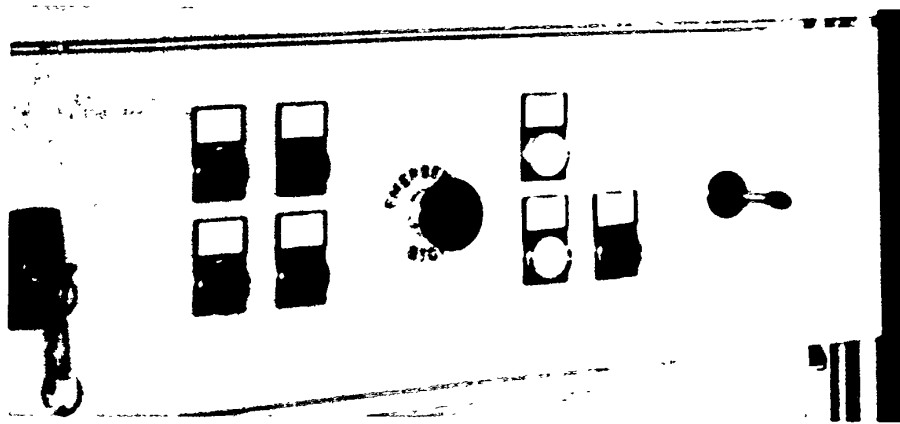


圖-27. 操作控制台面板

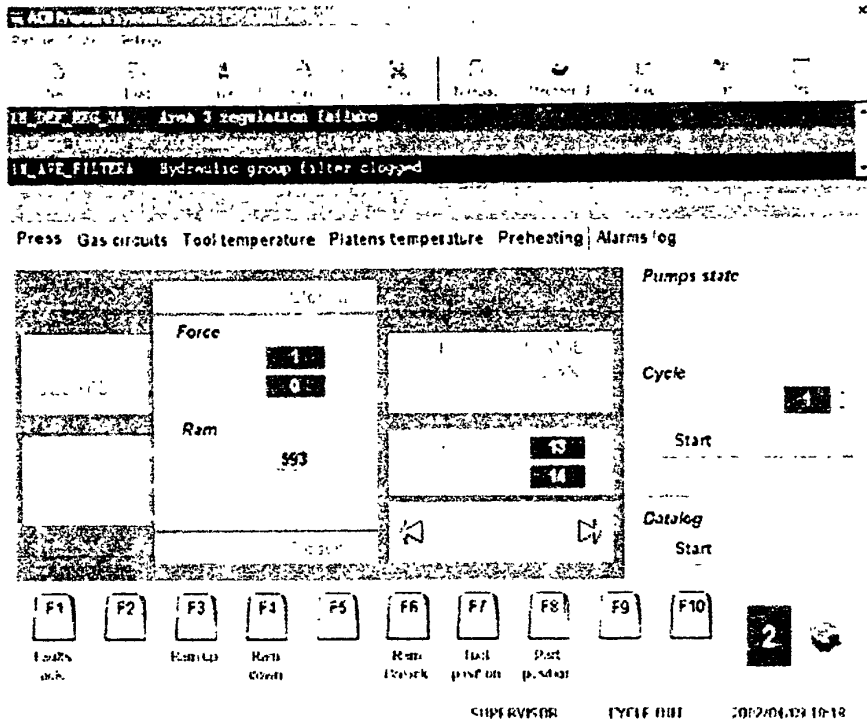


圖-28. Press 資料顯示情形

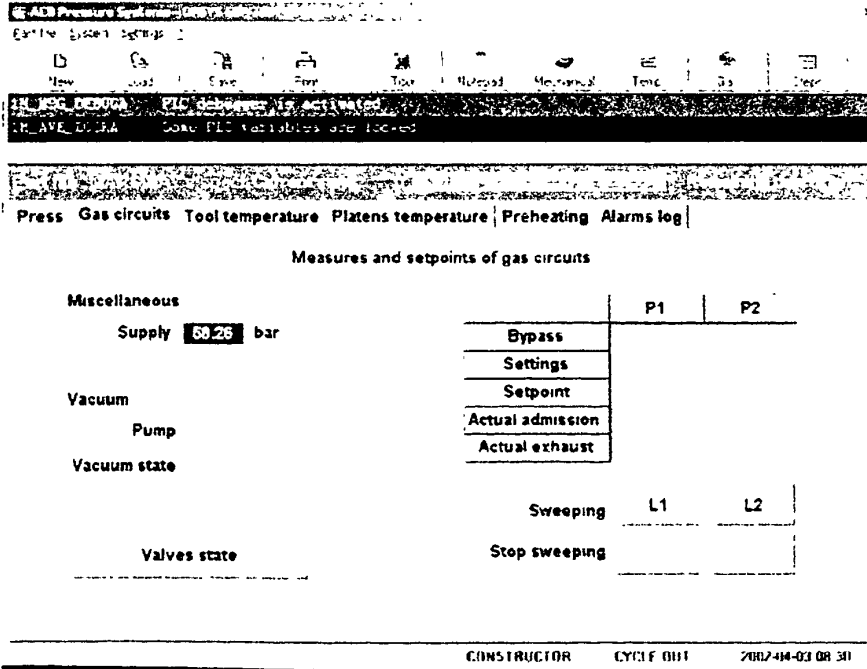


圖-29. Gas circuit 資料顯示情形

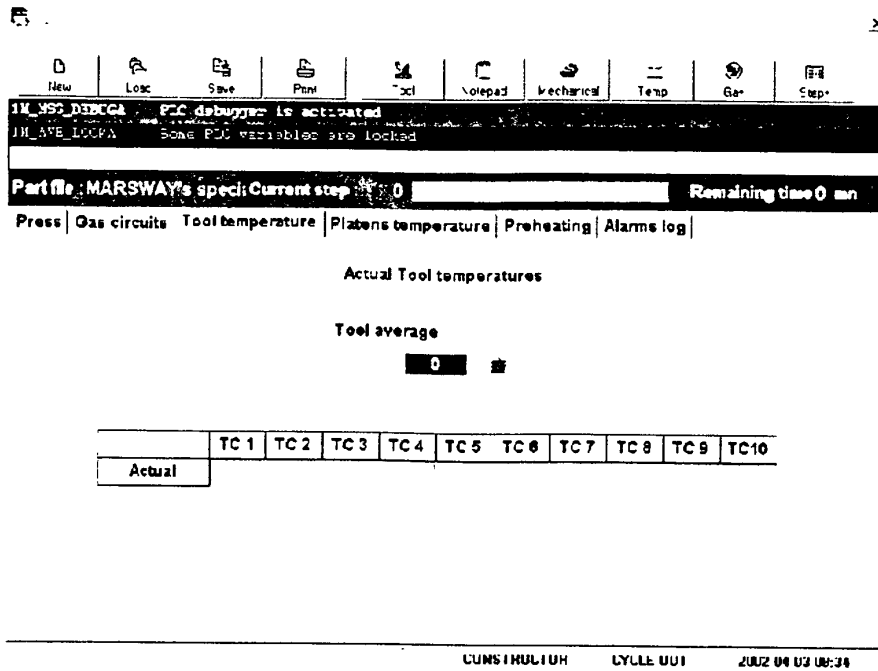


圖-30. 模具平均溫度顯示

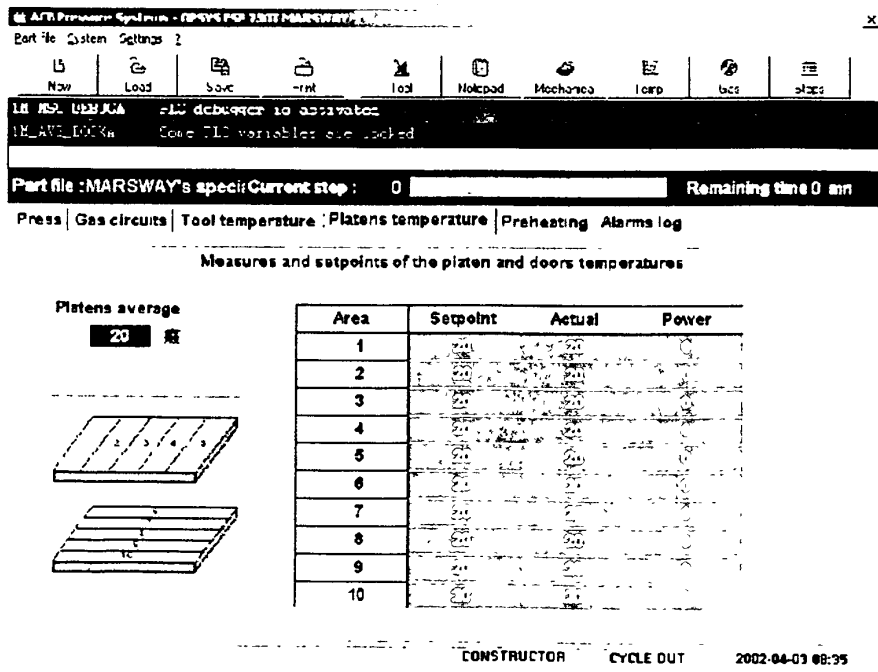


圖-31. 壓板溫度顯示

ACI Pressure Systems OPSYS PPT 230T MARSWAY

Part to System Settings

LH_MSG_0000CA PLC debugger is activated
 LH_MSG_0000AA Some PLC variables are locked

Part file : MARSWAY's spec: Current step : 0 Remaining time 0 min

Alarms logs

Historic of .2002/04/03

					Selection	Print
1	03/04/2002	08:39:10	E	PLC Debugger is activated		
2	03/04/2002	08:39:10	E	Some PLC variables are locked		
3	03/04/2002	08:39:16	E	PLC Debugger is activated		
4	03/04/2002	08:39:16	E	Some PLC variables are locked		
5	03/04/2002	08:39:14	E	PLC Debugger is activated		
6	03/04/2002	08:39:14	E	Some PLC variables are locked		
7	03/04/2002	08:39:12	E	PLC Debugger is activated		
8	03/04/2002	08:39:12	E	Some PLC variables are locked		
9	03/04/2002	08:39:10	E	PLC Debugger is activated		
10	03/04/2002	08:39:10	E	Some PLC variables are locked		
11	03/04/2002	08:39:00	E	PLC Debugger is activated		
12	03/04/2002	08:39:00	E	Some PLC variables are locked		

CONSTRUCTION CYCLE 001 2002 04 03 08:39

圖-32. Alarms log 訊息顯示

2.3 課程訓練及技術研討

除上述設備性能與系統功能介紹與檢測外，此次參訪主要的重點是在超塑性成型與擴散接合技術研討訓練和現場製程實作觀摩見習，課程安排包括超塑性成型加工技術、模具設計、材料選用、超塑性成型常見之缺陷、擴散接合技術與 SPF/DB 複合加工技術、超塑性成型模擬分析軟體介紹、SPF 模具及 SPF/DB 工件現場觀摩與研討、超塑性製程觀摩及實作見習。圖-33 為技術課程上課及研討情形。

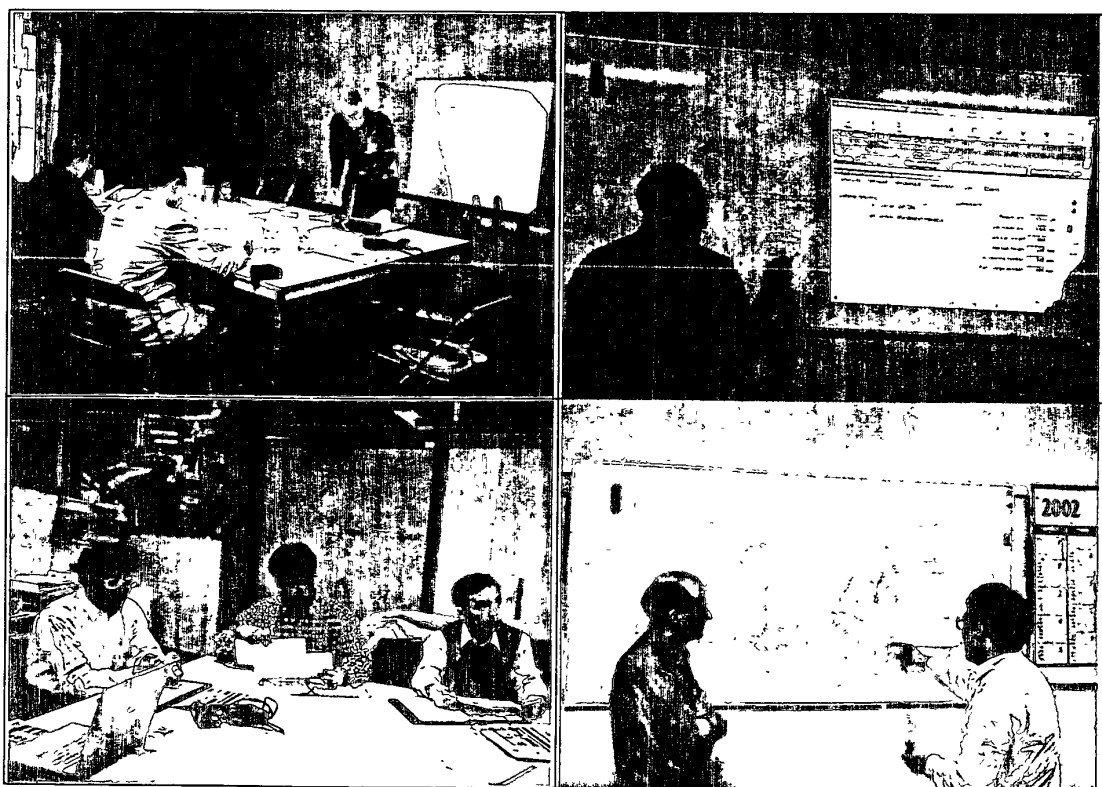


圖-33. 技術課程上課及研討情形

2.3.1 超塑性成型加工技術

1. 超塑性的型式：

一般分為：(a)組織超塑性(Structural Superplasticity)，又稱細晶超塑性或恆溫超塑性，工程上較常使用；及(b)變態超塑性(Transformation Superplasticity)，如鈾或鋅此類之熱膨脹係數具高度異方向性(anisotropy)，亦稱為內應力超塑性，其又因操作環境溫度必須重覆改變所以又稱為環境超塑性，其製程較複雜且不便，因此一般工程上較少用。

2. 組織超塑性之基本條件：

- (1) 細晶：一般 $<10\ \mu\text{m}$ ，具均勻等軸晶粒組織
- (2) 高溫： $T>0.4\ T_m$ (T_m ：材料熔點之絕對溫度)
- (3) 低應變速率：一般 $<10^{-2}/\text{sec}$

3. 細晶超塑性材料之基本要件：

- (1) 細晶粒尺寸：晶粒小可促進晶界滑移(G.B. Sliding)。
- (2) 存有第二相：細晶及雙相(微雙相)結構，具 Zener 效應。
- (3) 第二相的強度：若第二相強度大於母材，則兩相界面易生空孔。
- (4) 第二相的尺寸與分佈：微細且均勻分佈於母材中。
- (5) 晶界結構的特性：高角度晶界較容易 GB sliding
- (6) 晶粒形狀：等軸形狀受剪應力時較容易 GB sliding。
- (7) 晶界之移動性：要大，否則在 triple points 容易應力集中而產生裂縫。

(8) 晶界對拉伸分離(tensile separation)之抵抗要大。

4. 超塑性成型(SPF)變形機構：

(1)擴散潛變(diffusion creep)

(2)晶界滑移(G.B. Sliding)

(3)差排潛變(dislocation creep)

一般而言，無法以單一機構完全合理解釋所有之 SPF 變形狀態，目前以晶界滑移理論伴隨有關調適理論較能解釋其變形機構。

5. 超塑性成型的方法：

(1)吹氣成型(blow forming)

(2)可移式工具成型法(movable tool forming)：又稱熱成型法(thermo-forming method)

(3)SPF/DB 之複合加工技術。

(4)等溫鍛造(isothermal forging)或深抽(deep drawing)

6. SPF/DB 製程對工件品質之影響因素：

(1)壓力—溫度—時間(Pressure-Temp-Time)之參數設計

(2)厚度分佈最佳化設計

(3)阻隔劑(stop-off)之應用

(4)模具材料之選擇

(5)變形量及變形速率之控制

(6)金相組織變化(如晶粒大小)及組織形態或織構之不同

7. 超塑性成型加工之注意事項：

(1) 板料厚度的影響

在超塑性成型時，若引伸很深的工件，常會發生厚薄分佈不均得現象，這是超塑性成型的特性，一般無法避免，除考量設計之最小厚度限制外，另可就加工前之工件，先行利用電腦模擬分析其厚度變化情形，預先利用機械銑製或化學銑製（腐蝕）方法加工工件，如圖-34 所示，板料 3 在成型後工件之厚薄分佈情形會較板料 1 和板料 2 均勻，但此法會增加作業道次，加工設計也較複雜，除特殊工件外，一般較少使用。

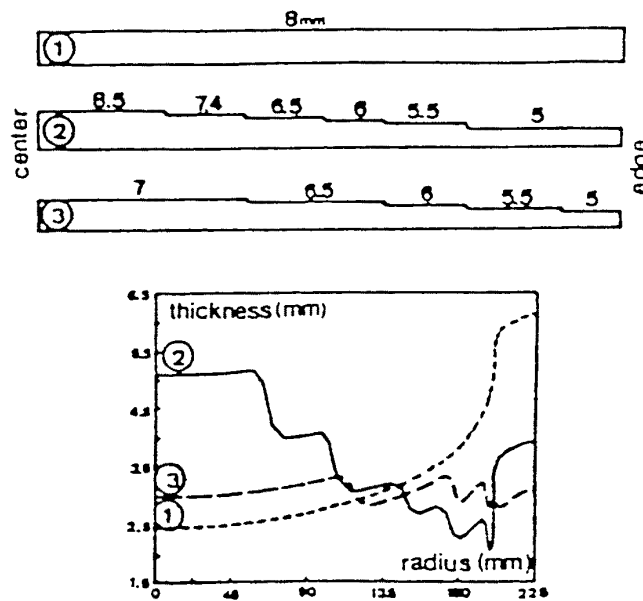


圖-34. 工件厚度設計對超塑性成型後的厚度分佈影響

(2) 超塑性金屬板材是放置在上下模之間，在高溫施以氣體吹製或

熱壓成型。圖-35 為超塑性成型過程工件逐漸變形的示意圖說明。

- (3)供應氣體源:所供應的氣體要能防止高溫吹製成型所造成的材料氧化，對 Ti-6Al-4V 合金而言，因活性大，對 O、H、N 具有高度敏感性，所以供應氣體源只能選用較昂貴的 Ar 氣，而鋁合金可選用較便宜的 N₂ 氣。
- (4)成型完畢後將工件取出時，若有變形，要趁熱整型。
- (5)SPF 成型之工件可利用雷射切割、線切割或機械銑製方法去切割所需之外型尺寸。
- (6)可利用化學酸洗腐蝕方法去除超塑性成型/擴散接合所產生的氧化層。

一般而言，鈦合金和鋁合金為良好的超塑性材料，表-2 為工業上常使用之鈦合金及鋁合金超塑性成型加工之材料，及成型前後之狀態比較。

表-2. Ti-6Al-4V 和鋁合金超塑性成型前後的冶金狀態

材料	材料初始狀態	成型後狀態
7475	O	T762
5083	H19	O
Ti-6Al-4V	經 730°C 退火處理 及脫碳處理	(*)

(*)以超塑性成型後所測得的機械性質為參考。

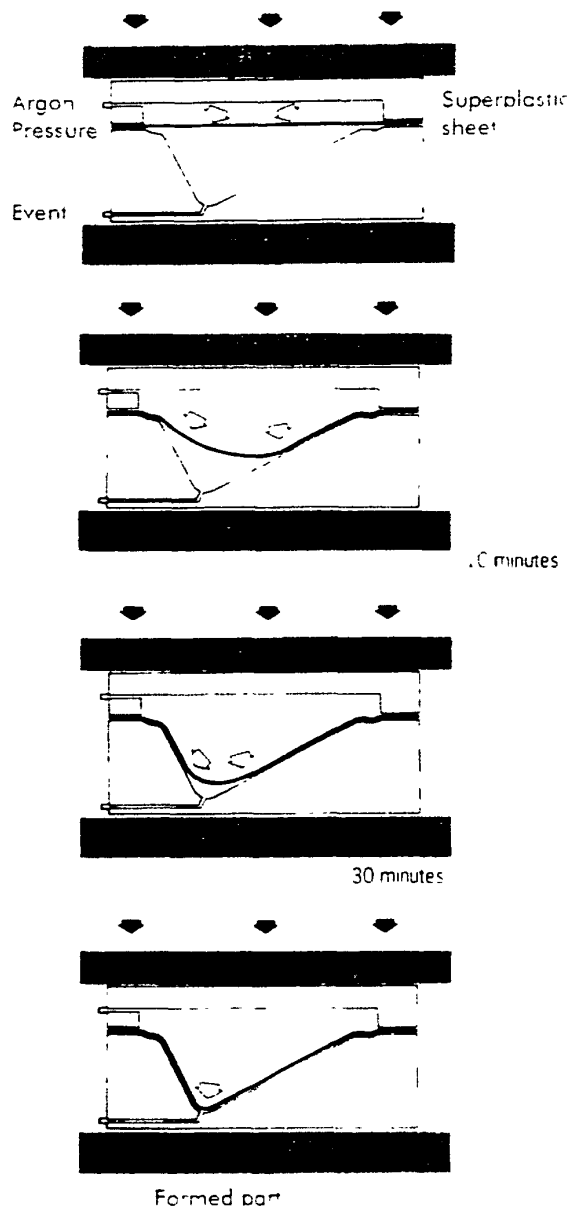


圖-35. 超塑性成型的示意圖

2.3.2 模具設計

一般而言，SPF 加工方法通常使用一平坦面的上模，且上蓋需倒角，而下模為成型凹槽的母模，主要功能提供加工材料成型空間，模具內部表面需光滑，加工粗度為 1.6，否則工件表面會粗糙，使用一段時間可用噴砂修平滑。與壓板接觸之頂面和與下模接觸之氣密槽面平行度必須在 $0.2\text{mm} / 1000\text{mm}$ 以下。圖-36 為模具設計流程圖。

1. 設計流程說明

依工件藍圖尺寸，及超塑性成型模具材料與加工特性設計 SPF 模具，如果有無法克服的困難問題，需與設計單位協商修改工件設計藍圖。SPF 模具設計完成後送去編寫 NC 機具程式，NC 機具程式編寫完成，可先以塑膠材料試製模具，並檢驗是否符合設計需求，如果無法順利製造出符合需求的塑膠模，則需再行修訂 NC 程式或修改模具設計。塑膠模完成後且符合設計尺寸需求時，便可著手製造正式的 SPF 模具，模具完成經過確認符合需求，便可進行首件 SPF 工件試製，當首件工件試製完成且經檢驗完成符合設計需求時，便可以進行加工生產，但要切記各項 SPF 製程參數儘量不要再修改，否則可能發生尺寸差異現象。

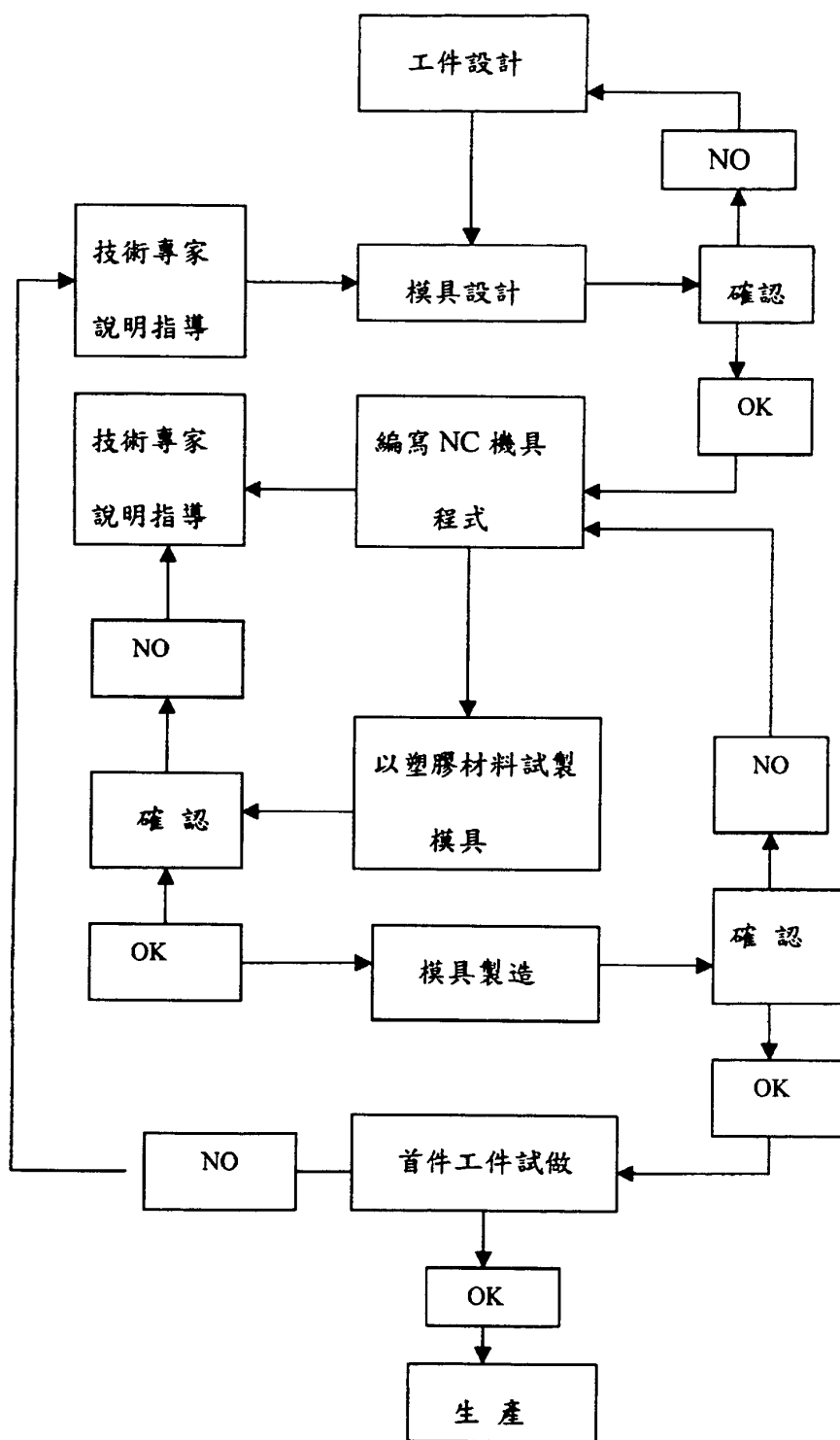


圖-36. 模具設計流程圖

2. 設計模具前先要確認的事項

(a) 工件的材質：如鈦合金或鋁合金或其他材質，因不同材料之成型溫度亦不相同，一般而言，鈦合金之成型溫度約 925 °C，鋁合金約 515-525 °C。

(b) 工件的大小：視 SPF 機具熱壓板之尺寸而定，對本廠籌建之 SPF 機具而言，熱壓板尺寸為 1900 mm×1520 mm，且上下壓板間距為 800 mm，評估之最大模具尺寸及工件承製能力為：

最大模具尺寸：1700 mm × 1320 mm × 750 mm

最大工件尺寸：1540 mm × 1160 mm × 650 mm

(c) 工件製造的數量：

- 工件數量多、模具長時間受熱作用，是否會影響其性質，及該選用何種模具材料，其價格成本為多少也要考慮，材料不同其價格差異很大，如表-3 所示。
- 若工件不大，可設計一模多工件之模具，即一道次同時製造數個工件，可以降低成本；也可以設計同時在上下模各自成型相同或不相同的工件，但二個不同的工件同時施工，必須大小雷同，成型週期時間相同。

(d) 模具的材質：依工件的材質來決定。加熱及冷卻的時間與模具材料無關。

(e) 工作環境：考慮模具吊移所需器具規格是否符合需求。

表-3. 模具材料的價格比較

MATERIALS	Price (FRF)/kg Casting with model	Price/kg Casted block	Possible Suppliers
FOR TA6V			
Z50NCW50-27-5	120 to 180		AUBERT ET DUVAL
	120 to 150		MANOIR INDUSTRIE
Z40NC40-20	100 to 150		AUBERT ET DUVAL
	90 to 140		
Z6NC55-18 (Cronite)	120 to 150		MANOIR INDUSTRIE
Z12CN25-20		70 to 130	FEURS METAL
	60 to 130		UNION DES FORGERONS UGINE
			FONDERIES DE MARLY
FOR 5083 and 7475			
40CMD8		20 to 50	SECOSAR
55NCDV7		25 to 50	THYSSEN CMM
	60 to 80		SAMBRE ET MEUSE
55CNDV4 (SM2G)		30 to 50	STANDARD MATERIAL
Z2CN18-10 (304L)			

3. SPF 模具的結構，如圖-37，對於超塑性成型而言，模具設計是最重要的工作，其設計非常複雜，除內部氣孔管路設計外，其設計要點如下：

- (a) 上模之設計：如圖-38，主要功能覆蓋在下模與加工材料上，使材料能在氣密中成型，上有氣孔，測溫孔、上下模定位梢孔，氣密槽，及吊梢等，其長寬尺寸與下槽相同。
- (b) 下模之設計：如圖-39，主要功能提供加工材料成型空間，上有氣孔、測溫孔，上下模定位梢，氣密槽，及吊梢、撬槽。如果工件成型後切割面仍在模內，則模深須以工件高度再加 5

mm 作為預留切割尺寸，外部之長寬尺寸為內部長寬之尺寸加邊框尺寸（如圖-40，約 70~80 mm）的二倍，外部高度為內部深度加底部高度(底高約為邊框尺寸)，不可為了要減輕下模重量在底部挖溝槽，如此會增加陶瓷壓板單位面積所承受的壓力。

(c) 模具 R 角與平行度之設計：如圖-41，工件所需之 R 角外，一般而言 $R=2t$ (t 為工材料厚度)，且盡量大於 10 mm，為利工件出模拔模角需 1~2 度以上。

(d) 定位梢之設計：如圖-42，成圓錐形，導引上模精確的與下模結合，以根部螺牙固定在下模邊框接合面上，其凸出平面之長度必須小於上模厚度。

(e) 吊梢之設計：如圖-43，上下模各 4 支用以吊移模具，以根部螺牙固定於上下模側壁，位於上、下模的位置要錯開，其末端要成 T 型以防止吊移過程中脫落。

(f) 氣密槽之設計：如圖-44，使上下模夾壓加工材料時達到氣密效果，鋁合金超塑性成型，上下模需要設計二道氣密槽，其尺寸如圖-45；對鈦合金材料超塑性成型可只用一道氣密槽設計，如圖-46 所示，如果鈦合金材料厚度在 4 mm 以上，可僅在上模或下模單一邊銑製一道凸槽即可。

(g) 氣孔之設計：如圖-47 所示，排氣孔須位於最後成型處以避免被塞住，其數量需適當，孔徑約 $\Phi 1.6 \sim \Phi 2$ mm。

(h) 測溫計孔之設計：如圖-48，測溫點裝置用來安裝熱電偶檢測

溫度，鑽裝測溫器的孔其尺寸為距離工件表面 10 mm 處，且以相對位置設計，以達測溫準確度。

(i)定位梢孔之設計：如圖-49，位於上模成長方半圓形孔及圓孔，便於上下模定位、結合與分開，其孔徑約等為定位梢直徑+0.5 mm。

(j)撬槽之設計：如圖-50，便於使用撬棒將已成型之工件從模具內撬開，再以鉗子夾持取出。

(k)模具尺寸之計算：必須考量模具及工件熱膨脹係數之不同，如表-4 和表-5 資料，需依下式作計算評估：

$$(1 + \alpha_{part}T) \times L_{part} = (1 + \alpha_{tool}T) \times L_{tool}$$

$$L_{tool} = L_{part} \times [(1 + \alpha_{part}T)/(1 + \alpha_{tool}T)]$$

上式之符號表示，說明如下：

α_{part} ：工件在成型溫度下之熱膨脹係數

α_{tool} ：模具在成型溫度下之熱膨脹係數

L_{part} ：常溫下工件尺寸

L_{tool} ：常溫下模具尺寸

T ：成型溫度

表-4. 適合鈦合金熱成型之模具材料的熱膨脹係數

材料	20~925°C 的熱膨脹 係數(1/°C)	$\sigma_{Ti} / \sigma_{steel}$
Ti-6Al-4V	10.64×10^{-6}	
Z50NCW50-27-5(XN50TF)	16.5×10^{-6}	0.995
Z40NC40-20(XN40TF)	17.5×10^{-6}	0.994
Z12CN25/20(NS30)	19×10^{-6}	0.993
Z75C26M(BR260*)	12.6×10^{-6}	0.998
Z6NC55-18(Cronite)	16×10^{-6}	0.9952
NETSHAPE(Ceramic *)	0.7×10^{-6}	1.0064
22-9-4*	20.3×10^{-6}	0.9985

- 有“*”之材料盡量避免選用為模具材料
- BR260：抗潛變性差
- Ceramic: 在 Ti-6Al-4V 和 ceramic 之間接合時，應力抵抗性差。
- 22-9-4:抗蝕性差

表-5. 適合鋁合金熱成型之模具材料的熱膨脹係數

材料	20~925°C 的熱膨脹係數 (1/°C)	$\sigma_{Al} / \sigma_{steel}$	
7475	25×10^{-6}		
5083	28×10^{-6}		
		7475	5083
40C MD8	14.2×10^{-6}	1.0056	1.0069
55NC DV 7	14×10^{-6}	1.0056	1.0069
Z2 CN 18 10(304L)	18.5×10^{-6}	1.0033	1.0048
55 CN DV 4(SM2G)	13.8×10^{-6}	1.0056	1.0071
HT600(Ceramic)	0.7×10^{-6}	1.0110	1.0126

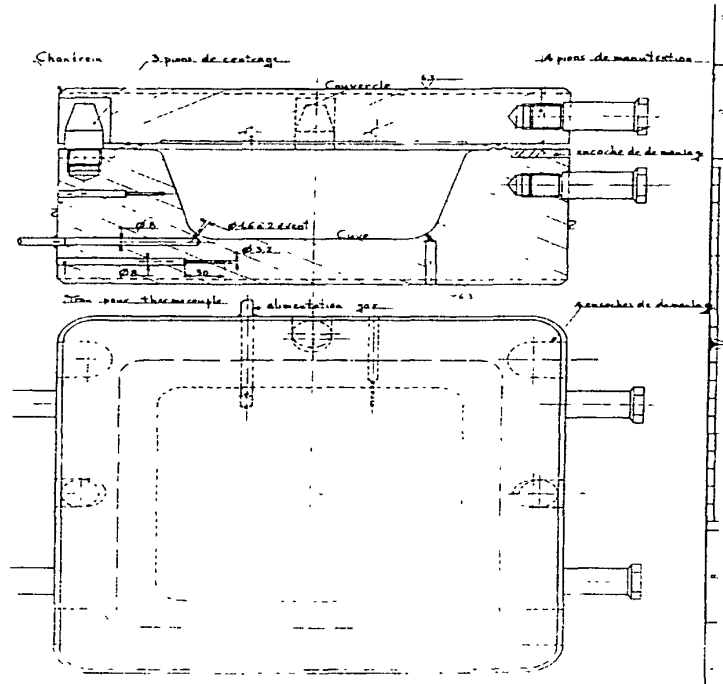


圖-37. SPF 模具結構設計圖

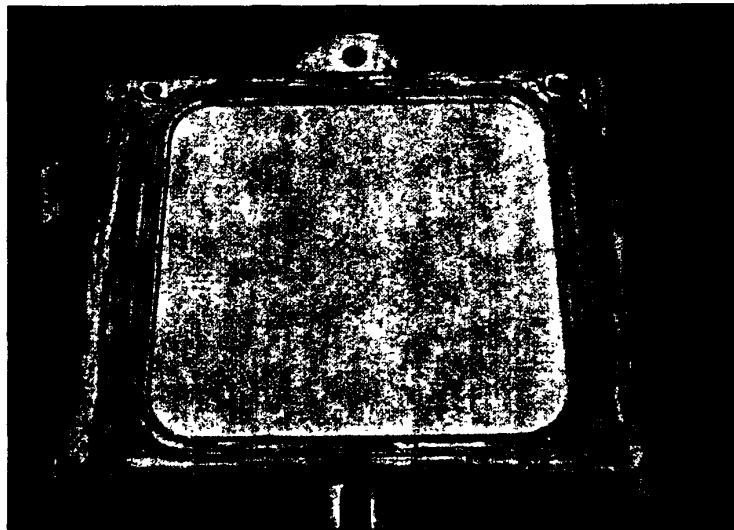


圖-38. SPF 模具的上模



圖-39. SPF 模具的下模

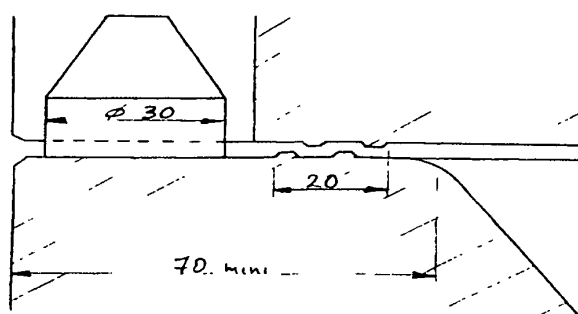


圖-40. SPF 模具之內、外部尺寸及邊框尺寸

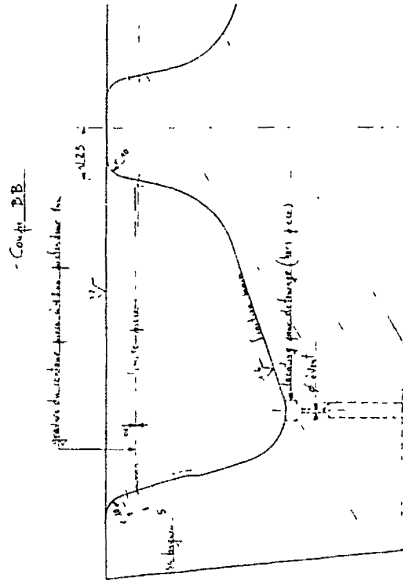


圖-41. SPF 模具所需的 R 角及拔模角設計

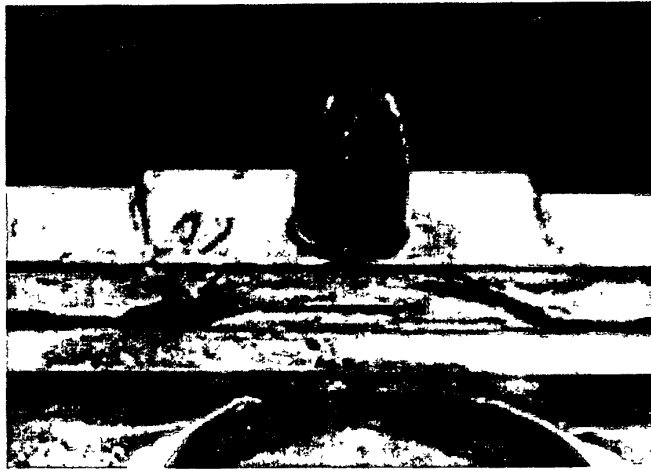


圖-42. SPF 模具的定位銷設計

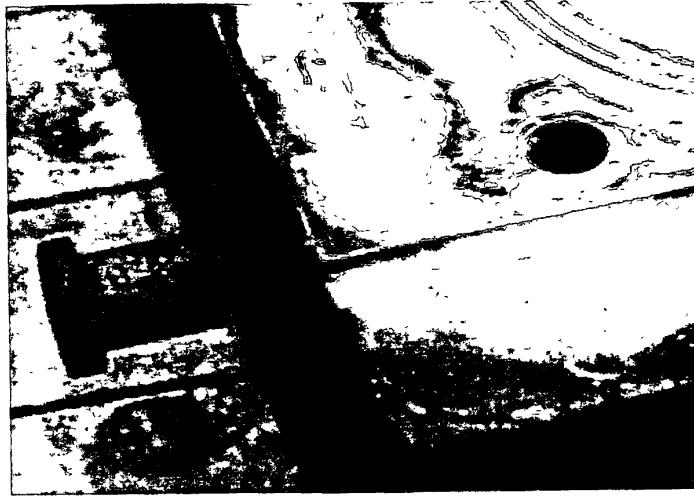


圖-43. SPF 模具的吊銷設計

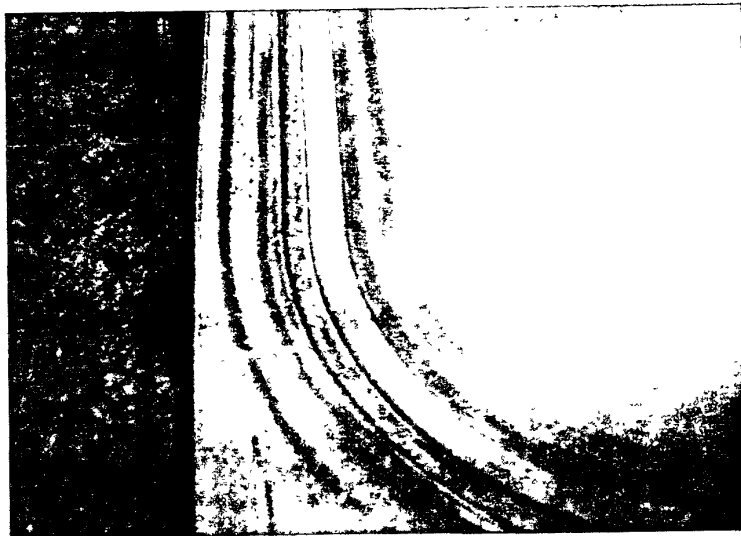


圖-44. SPF 模具的氣密槽設計

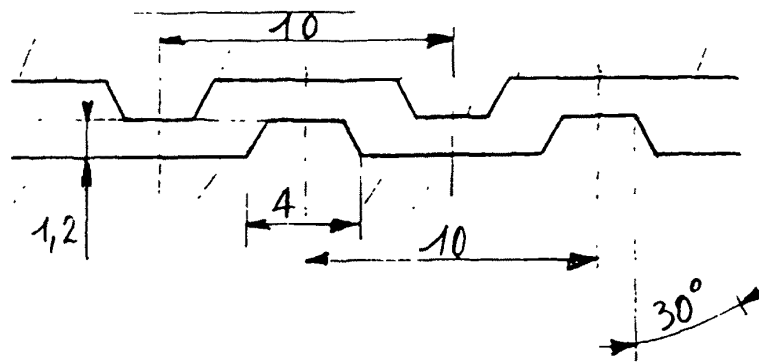


圖-45. 鋁合金超塑性成型模具之兩道氣密槽設計

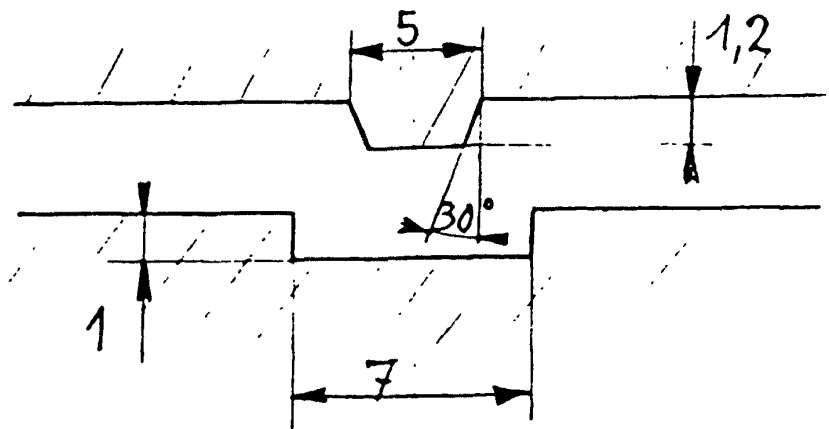


圖-46. 鈦合金超塑性成型模具之一道氣密槽設計

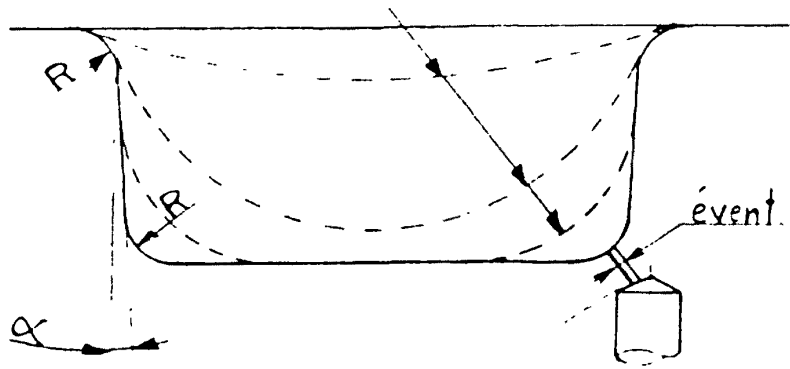


圖-47. SPF 模具排氣孔之位置設計

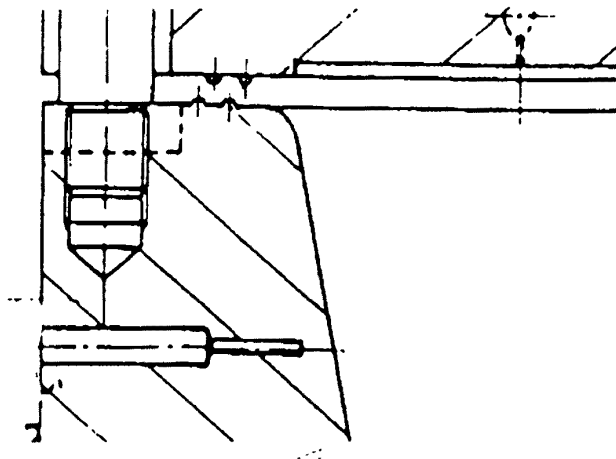


圖-48. SPF 模具的熱電偶插槽孔設計



圖-49. SPF 模具的定位銷孔設計

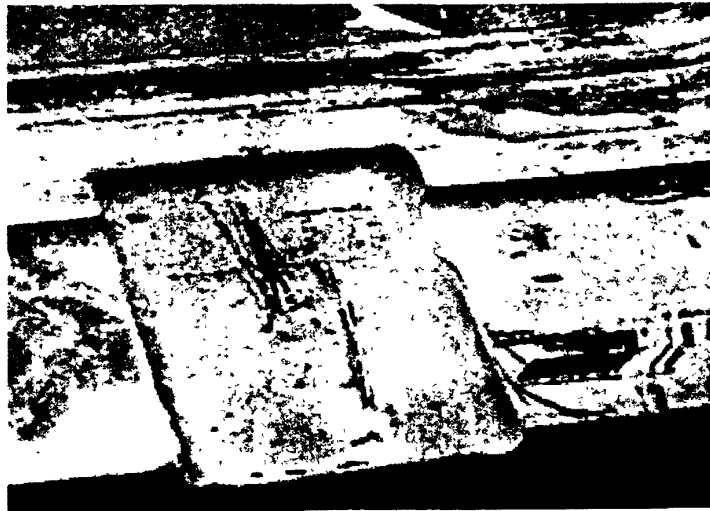


圖-50. SPF 模具的撬槽設計

2.3.3 材料選用

材料的超塑性行為深受常數 m 所影響。當 m 至少高於 0.3 時，材料可以被認定具有超塑性。若 m 值接近 1 時，材料即具有高伸長率、高超塑性的材料行為。理論上任何材料只要在定溫下具有穩定的細晶結構(一般小於 $10\ \mu\text{m}$)，即可用 SPF 製程來成型。

- 目前工業上使用之超塑性成型材料，主要有：
 - (1)雙相不銹鋼材料
 - (2)英高鎳 718
 - (3)鈦合金
 - (4)鋁合金
 - (5)金屬基複合材料
 - (6)結構陶瓷材料
 - (7)陶瓷-陶瓷複合材料
 - (8)其他材料：如銅基合金，鎂合金等

- Ti-6Al-4V 合金
 - (a)Ti-6Al-4V 具有非常良好的超塑性成型及擴散接合特性。超塑性成型溫度約 925°C ，若溫度超過 β 變態點(約 980°C)時，會造成 β 單相而且晶粒迅速成長使超塑性性質變差。
 - (b) 擴散接合的溫度與超塑性成型的溫度相當，擴散接合時需注意氬氣保護，以免生成氧化層而阻礙擴散接合之進行。

(c)擴散接合溫度和超塑性成型溫度相近，兩個製程可以在一個熱循環程式下進行。然而 Ti-6Al-4V 雖然可以在更低的溫度下進行擴散接合，但得花更高的壓力和更長的時間。圖-51 為在 925°C 下，Ti-6Al-4V 進行擴散接合的時間和壓力的關係。壓力愈高，所花的時間愈短，但模具容易變形，故擇取較適當的壓力接合，如 Air Bus 之鈦合金工件的接合條件為壓力 18bar，擴散接合的時間約 3 小時。

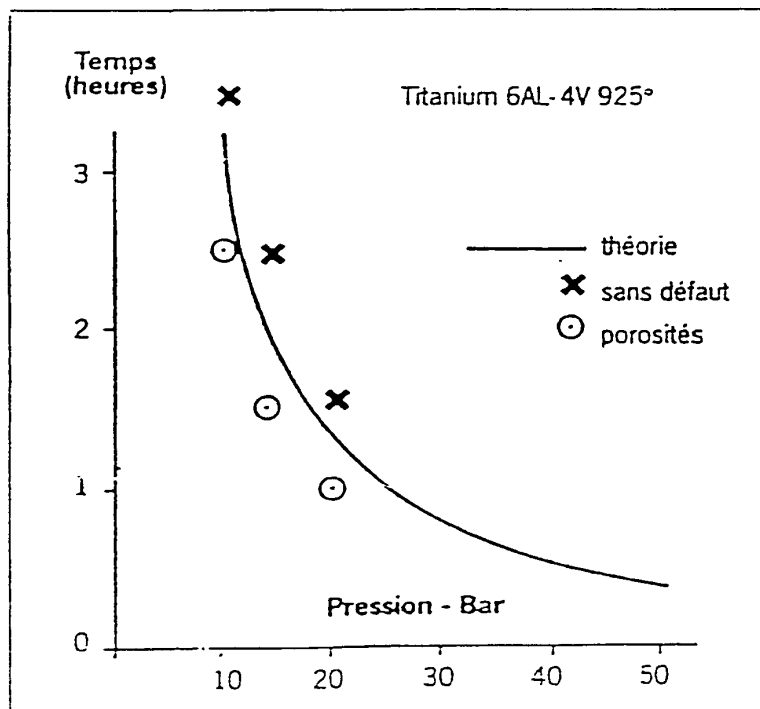


圖-51. Ti-6Al-4V 在 925°C 下擴散接合時間和壓力的關係

- 鋁合金

(a) 很多鋁合金具有良好之超塑性，如 7475、5083、2004、2095、6802 等，及一些鋁鋰合金(Al-Li)材料，如 8090 等。

(b) 鋁合金進行超塑性成型或擴散接合時，容易形成大量空孔或孔洞而導致機械性質或接合性變差。然而某些鋁合金(如 7475)，在特殊製程上可避免氣孔產生，解決方法之一為背壓成型法(back pressure forming)。

(c) 一般而言，鋁合金之擴散接合因容易在接合界面形成擴散障礙層，技術上較為困難。

- 超合金 Inconel 718

(a) Inconel 718 超合金的理想成形溫度約為 975~985°C，若溫度過高因晶粒快速成長會使 Inconel 718 超合金的超塑性成型形狀不佳。溫度過低(950°C 以下)亦不適合超塑性成型。

(b) 在 915°C 以下 Inconel 718 超合金的主要強化相是 γ ，915~995°C 時主要強化相變為 δ ，在超塑性成形溫度時，晶界處的球狀 δ 相是控制晶粒大小的主要析出物。

(c) Inconel 718 之擴散接合因容易在接合界面形成擴散障礙層，技術上較為困難，欲獲得較佳之接合強度，需在母材上鍍上活化層(如鍍 Ni)或採用較特殊之擴散硬銲接合或過渡液相(TLP)擴散接合方法。

2.3.4 超塑性成型常見之缺陷

超塑性成型中，常因吹氣速率太快、吹氣壓力設計不當或壓板壓力不足以構成氣密等因素而造成缺陷，常見的缺陷有氣孔、

裂縫、氧化層、成型不足及厚度過度薄化等。氣孔及裂縫，通常由吹氣成型速率太快所造成；而氧化層太厚通常是模具內部未完全氣密及氣氛保護所致。成型不足及厚度過度薄化等問題則是吹製溫度、壓力及時間設計不當所致。

- 超塑性材料孔洞形成的因素：

(1)在 SPF 過程中，孔洞(cavitation)的形成是一種普遍的現象，孔洞是由成核及成長兩步驟形成。

(2)一般 SPF 材料均由兩種或兩種以上的相構成，構成相的強度或塑性特徵如果存在明顯的差異，孔洞就會形成。在超塑性材料中，孔洞一般在晶界或相界中，特別是容易在三晶界相交處產生。孔洞形成的影響主要為：(a)成為超塑性材料斷裂的原因，及(b)降低材料之塑性。

(3)屬於孔洞敏感性的超塑性材料有： α - γ 鋼、鋁合金、鋅合金和鎂合金等。Pb-Sn 共晶合金，雖不屬於孔洞敏感性材料，但如有硬的第三相粒子存在，也會發生孔洞。Inconel 718 亦發現會有孔洞的形成。

(4) 孔洞形成的因素有：應變、應變速率、溫度、晶粒度、硬的粒子及微量硼和氫元素的添加等等。

在超塑性成型時，除容易產生孔洞外，若溫度、壓力及應變速率之參數設定不當時，非常容易產生裂縫，如圖 52 所示。另由於工件成型後為提高生產效率，一般均在高溫狀態下立即取出

工件，因而會有表面氧化層現象，此氧化層可用化學酸洗 (chemical mill)方法予以去除。

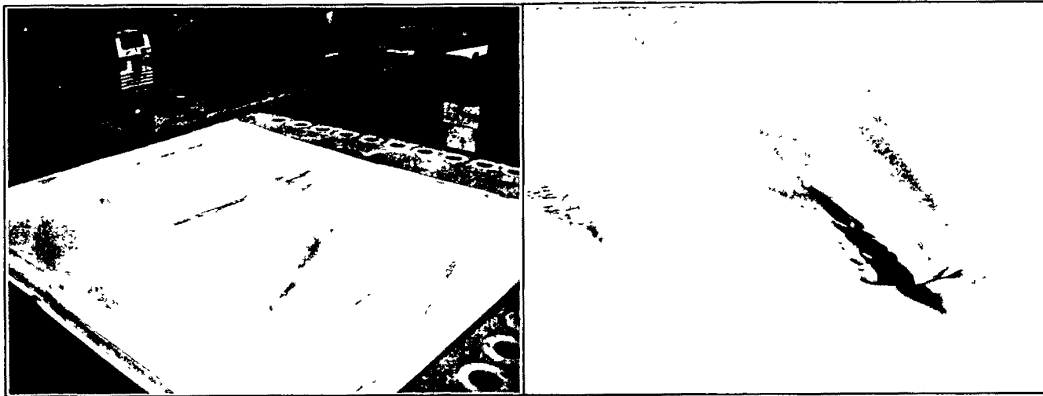


圖-52. 超塑性成型的裂縫缺陷

2.3.5 擴散接合技術與 SPF/DB 複合加工技術

擴散接合過程如圖-53 所示，剛開始板料與板料之間的接觸時為點接觸，經過高溫吹氣加壓後，變為面接觸，但仍有少量的空孔 (1st step)，經過一段時間的晶粒成長和擴散消除空孔，最後經由體擴散完全緊密接合。

影響擴散接合的重要因素如下：

- (1)所供應氣體的壓力
- (2)擴散接合溫度及時間
- (3)接點設計及阻流劑之使用
- (4)板料的表面平面度及清潔度

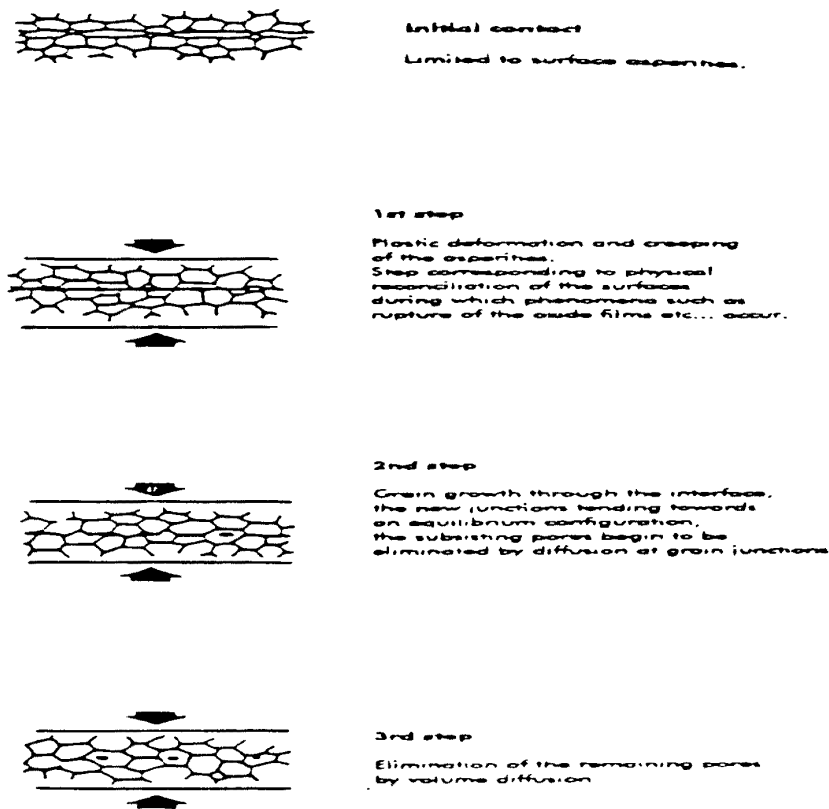


圖-53. 擴散接合過程的示意圖

SPF/DB 複合加工技術是指結合超塑性成型與擴散接合兩種技術，完成一體成型之中空結構體，如圖-54 所示。對 3 層板之 SPF/DB 而言，阻流劑(stop-off)僅塗中間板料不需接合之處和兩端板料與模具之接觸面；對 4 層板之 SPF/DB 而言，接點設計非常重要，阻流劑塗在不需接合之處，且需控制塗量，不要太多以避免流至欲接合之處，至於與模具接觸的部分應全部塗滿，避免工件與模具接合而造成工件取出困難。SPF/DB 複合加工技術在製程作業上較為複雜且困難，模具設計、工件設計、氣體管路設計及加工製程參數設計上均非常重要，另在工件接合面之平面度

與粗度要求及工件之清潔與氣氛保護上亦需特別小心謹慎。

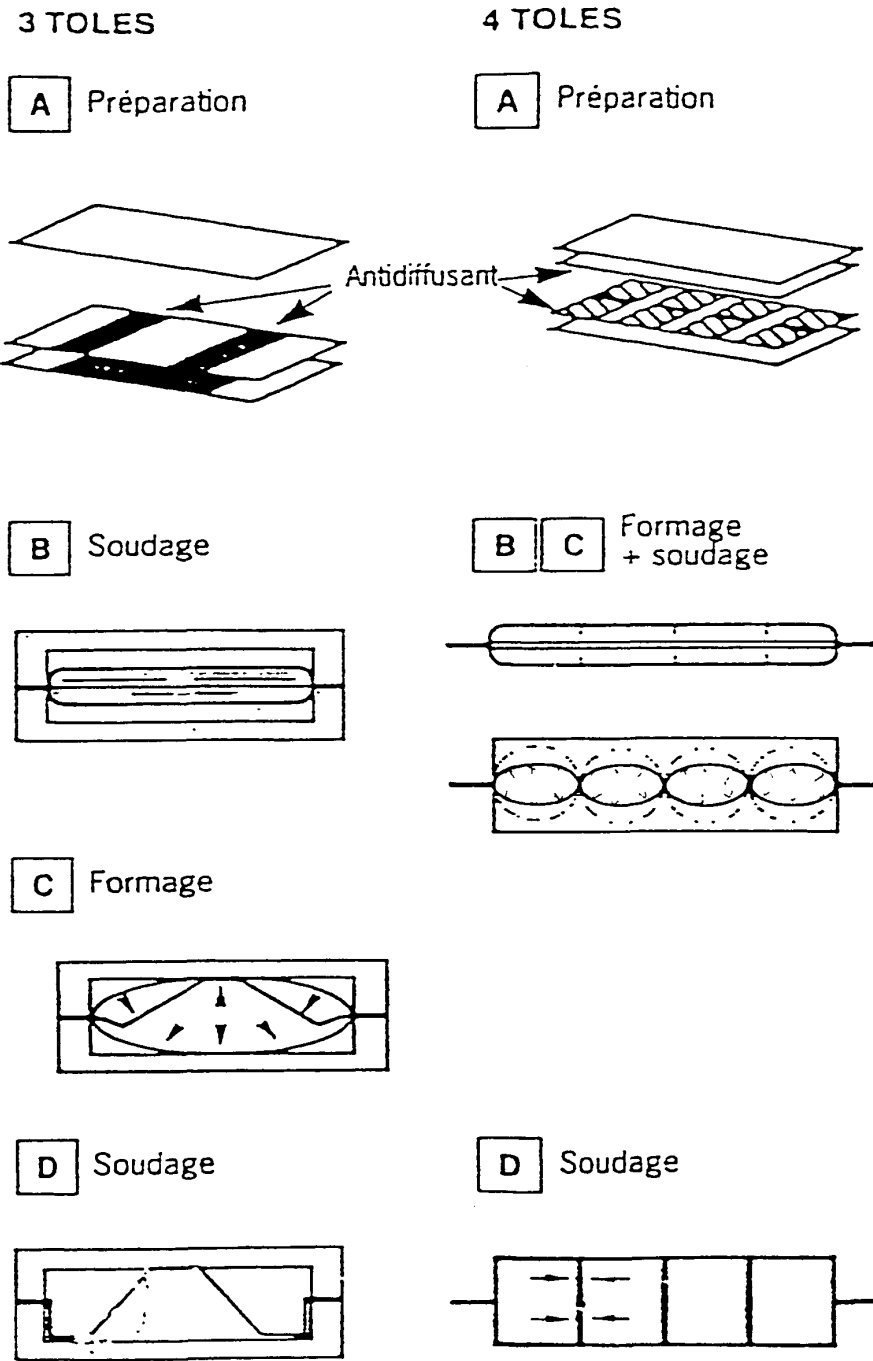


圖-54. SPF/DB 複合加工技術之三層板和四層板製程說明

2.3.6 超塑性成型模擬分析軟體介紹

模擬分析軟體主要是提供工件正式製作前之加工參數模擬以預知工件超塑性成型時之變形過程、最後成型形狀及厚度分佈情形，藉以瞭解所設計之加工參數如溫度、壓力、使用板材厚度、成型時間等是否合適。此軟體可提供工件成型參數適用之評估及預知成型工件之形態，對實際加工之參數設計非常有助益及可大幅減少實際研發試誤時間之耗費，在發展超塑性成型加工技術上實為必須建立之基礎能量之一。

超塑性成型模擬分析時，必須提供一些已知參數及邊界條件值，如下所述：

- 模具的幾何形狀
- 工件與模具的摩擦係數
- 確認幾層板料（板與板之間的空隙愈小愈好）
- 板料的材料類別及基本性質
- 板料的最大變形速率
- 板料的初始厚度
- 計算的類型（軸向或旋轉）
- 確認材料的 K、m 值

根據 $\sigma(\varepsilon) = K(\varepsilon) \times \dot{\varepsilon}(\varepsilon)^{m(\varepsilon)}$ 。一般而言，鈦合金之 K 和 m 值可視為常數，但鋁合金之 K 和 m 並不能視為常數。

超塑性成型模擬分析軟體之應用如圖-55 所示，氣體吹製壓力隨著時間變化之情形。圖-56 可得到工件成形後，工件厚度隨位置變化之分佈情形。圖-57 為超塑性成型的 2D 電腦模擬。

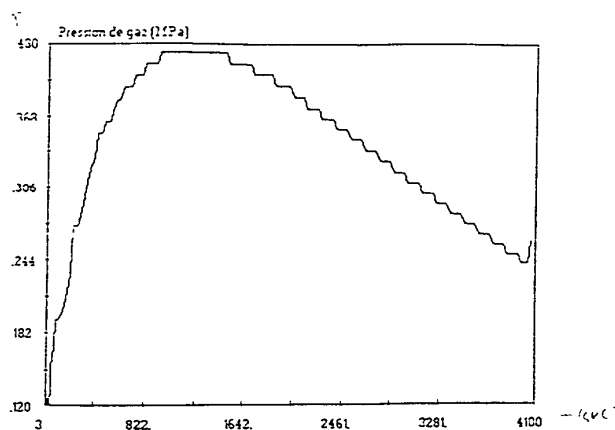


圖-55. 超塑性成型氣體吹製壓力隨著時間變化的情形

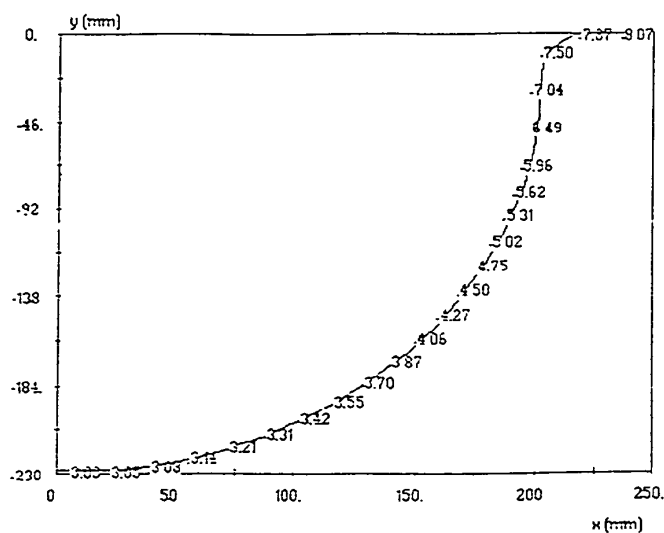


圖-56. 超塑性成型工件厚度變化分佈的情形

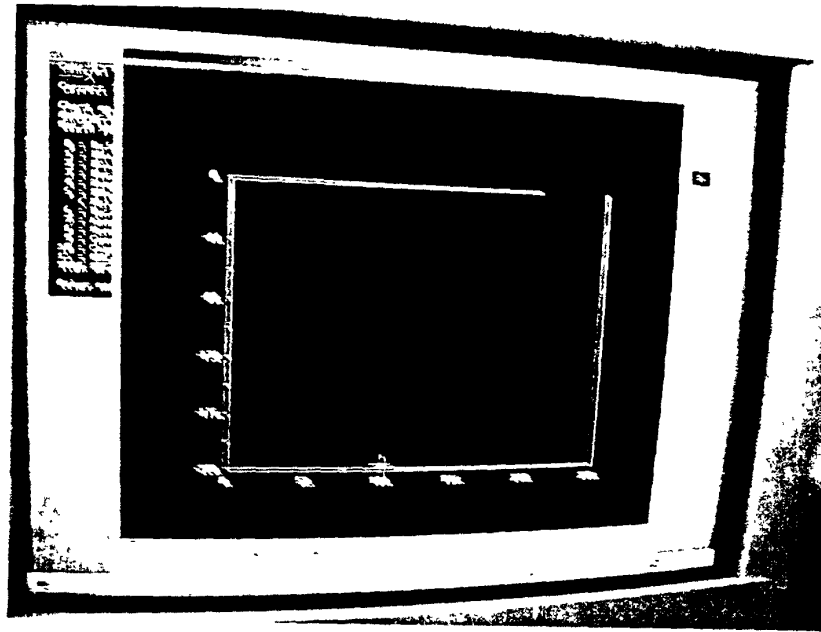


圖-57. 超塑性成型的 2D 電腦模擬

2.3.7 SPF 模具及 SPF/DB 工件現場觀摩與研討

對超塑形成型而言，模具之設計是 SPF 成敗關鍵的要項，其設計考量之因素非常複雜，諸如熱膨脹係數之不同(相對於工件)、材料選用、上下模及與工件板料定位設計，拔模角設計、角邊之 R 角設計、氣密槽之設計、吹氣孔管路設計、排氣孔最佳位置選擇及設計、吊具吊掛設計及工件撬取凹槽設計等等，均必須仔細考量及兼顧，此為高溫成型之模具設計，有其特殊專業性及技術性，一般公司均視其為技術機密而限制參訪及出口。此次參訪很難得能獲得該公司同意而至現場實地觀摩 SPF 模具，雖然時間很短且無法獲得模具藍圖設計圖參考，但在觀摩中與該公司技術人員研討中已獲得非常寶貴之經驗指導與傳授，對爾後本廠開發 SPF 技術之模具設計已有相當助益。圖-58 至圖-62 為 SPF 模具設計之實際範例。

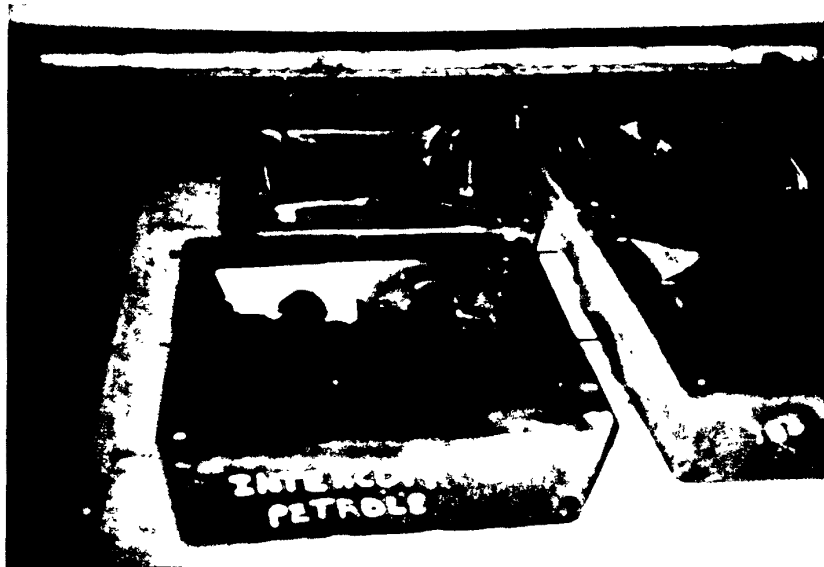


圖-58. 超塑性成型模具範例一

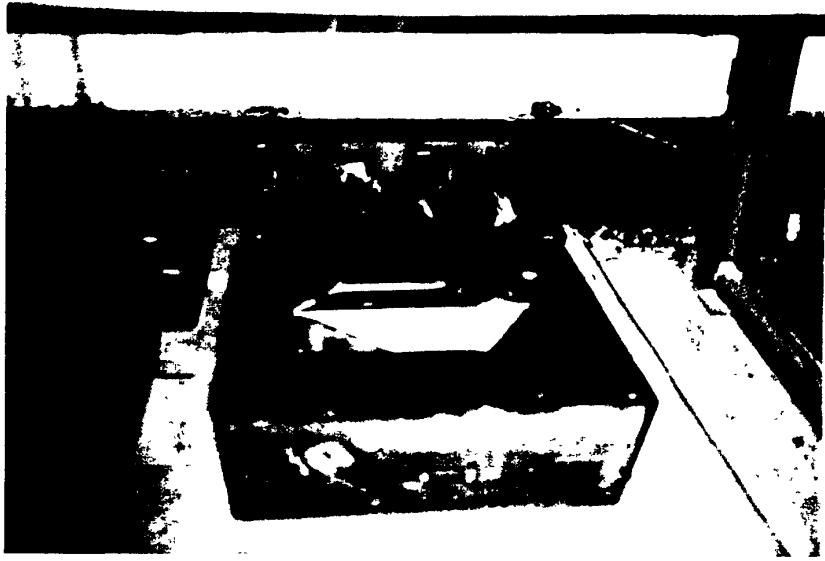


圖-59. 超塑性成型模具範例二

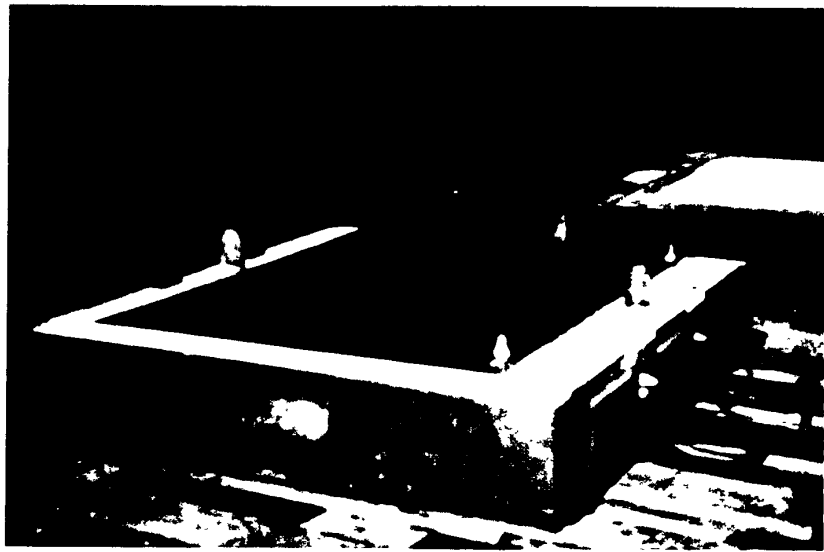


圖-60. 超塑性成型模具範例三



圖-61. 超塑性成型模具範例四

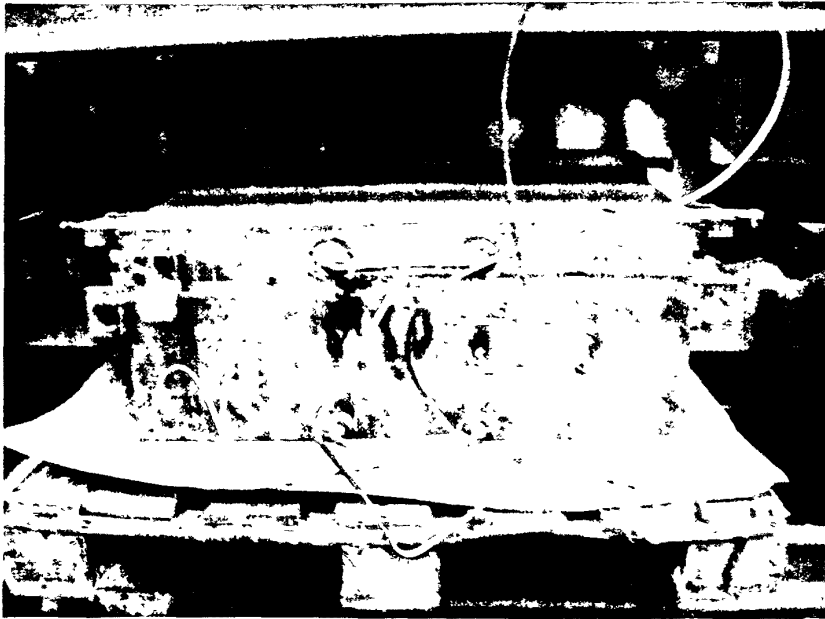


圖-62. 超塑性成型模具範例五

除 SPF 模具外，此次亦參觀很多該公司實際生產研發之 SPF 工件及 SPF/DB 複合加工技術之工件，藉此除可瞭解國外此技術之應用情形外，更可增加本院對此類產品設計型態及技術開發之認識。圖-63 及圖-64 為 SPF 成型工件之產品型態，而圖-65 為 SPF/DB 複合加工工件之產品型態，對 SPF/DB 複合加工技術而言是屬於高層次之加工技術，係結合超塑性成型及擴散接合技術將兩種材料成型並接合成一體，對於複雜且不規則之零組件可藉由 SPF/DB 加工技術達成一體成型之結構體，能有效減少零件數及接點數，除節省重量達到輕量化外，並可提昇整體結構強度及剛性。

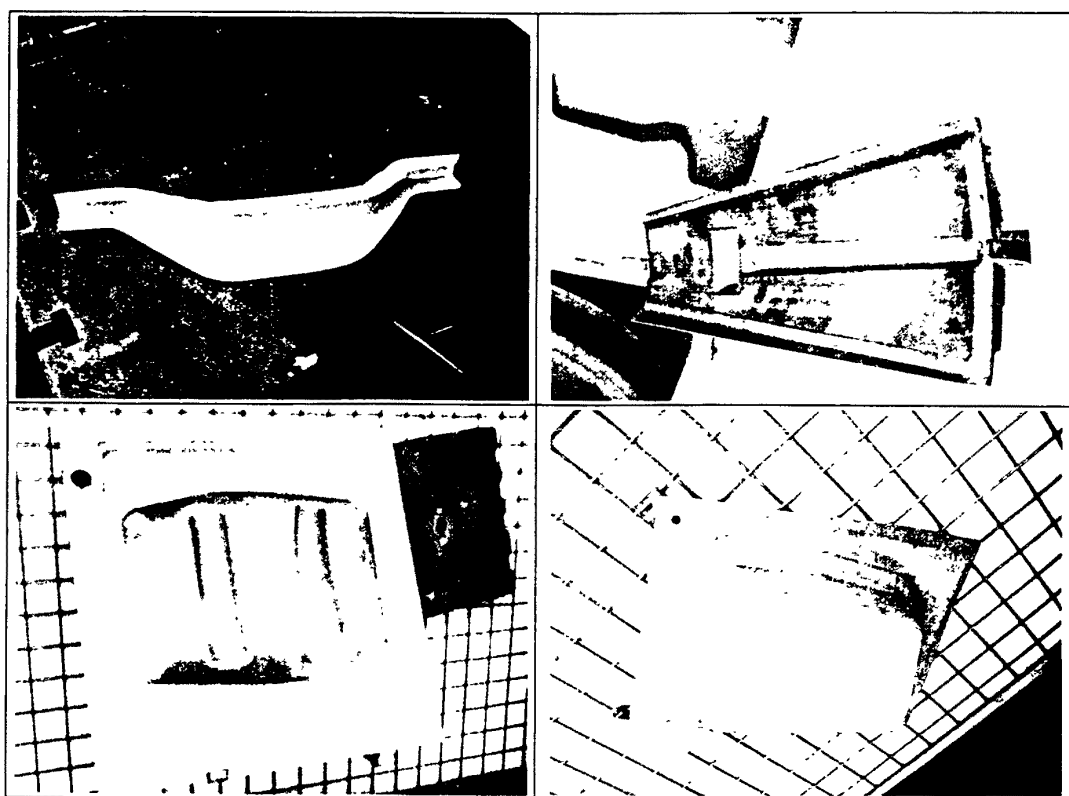


圖-63. SPF 之工件 (一)

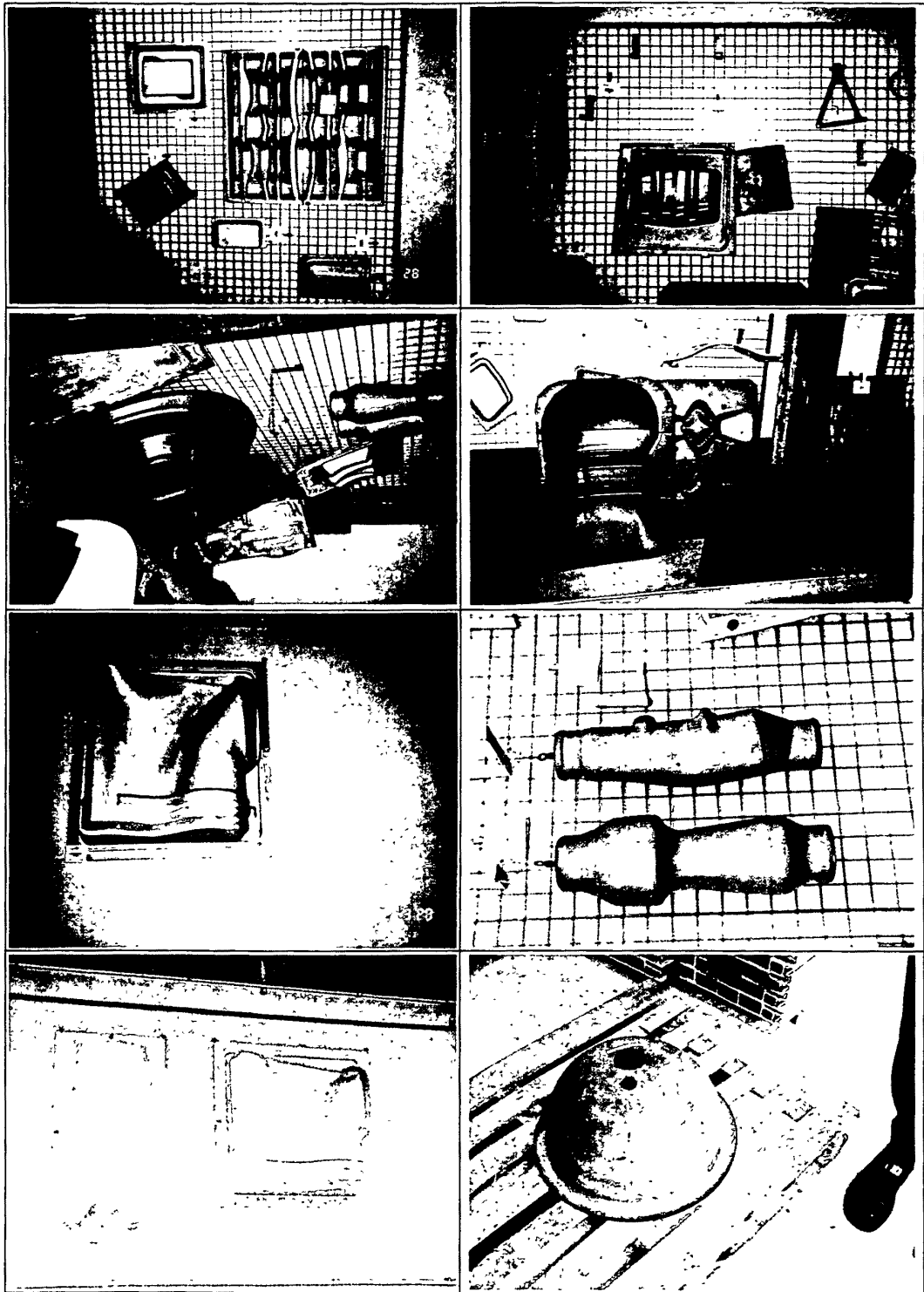


圖-64. SPF 之工件(二)

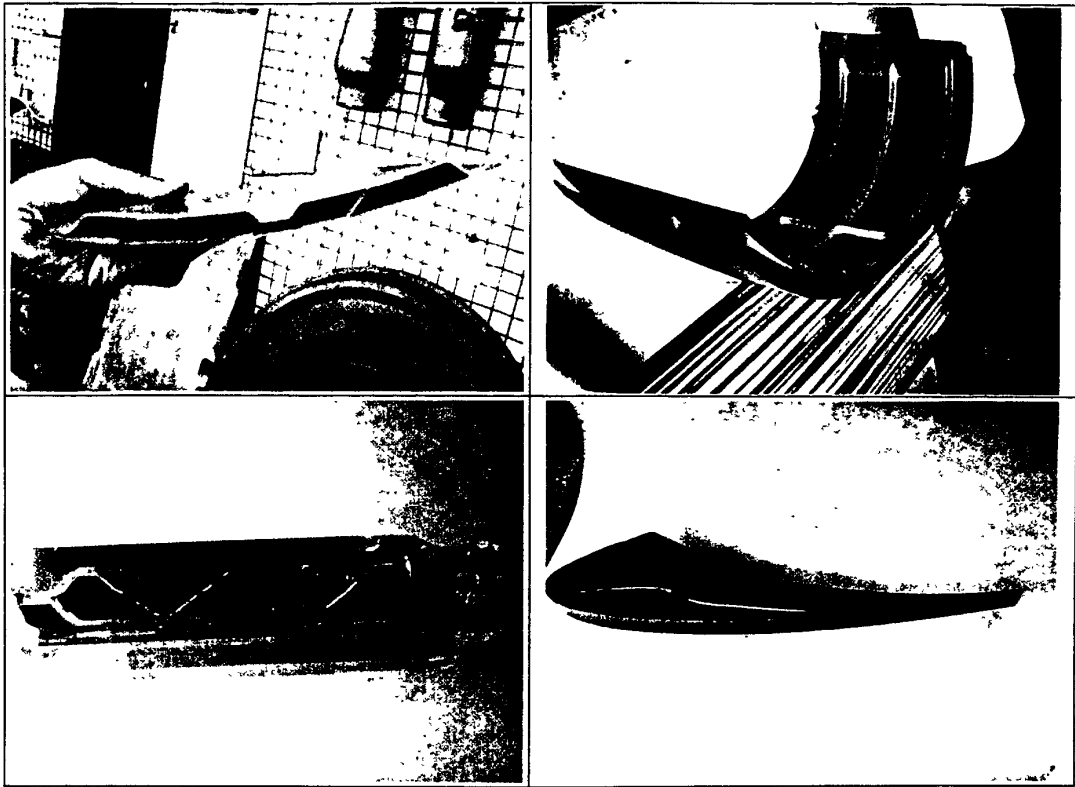


圖-65. SPF/DB 複合加工之工件

2.4 塑性製程觀摩及實作見習

此次赴法國 ACB 公司參訪，除了 SPF 關鍵技術的教育訓練外，更獲得 SPF 製程觀摩與實地操作的機會。圖-66 為工件加工前噴塗阻流劑(stop-off)之作業情形，此為防止工件在高溫成型時附著在模具上，並且使工件成形後容易脫膜。圖-67~圖-71 為鋁合金超塑性成型的實作過程，從出爐、工件出模到整型。對鈦合金而言，其超塑性成型的溫度約在 925°C ，遠比鋁合金超塑性成型溫度 525°C 高出甚多，故在操作過程中必須穿著適當的安全護具（耐高溫之手套、面罩及防護衣），以保護操作者的安全，如圖-72。圖-73~圖-77 為鈦合金超塑性成型的出爐實作過程，包括用吊架吊起上模、用氬氣噴槍冷卻工件使工件冷縮方便取出、以撬棒從拔模角處撬出工件，最後取出工件並趁熱加以整型。

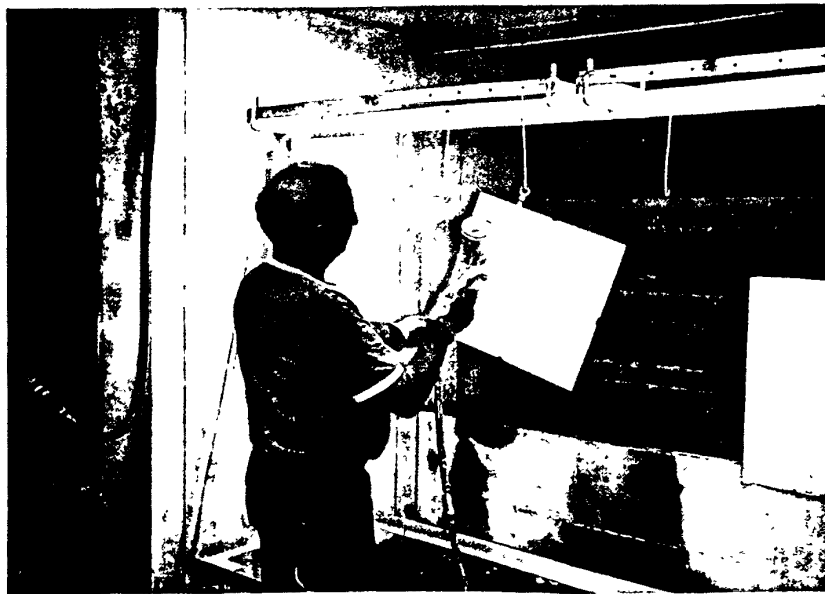


圖-66. 工件加工前噴塗阻流劑之作業情形

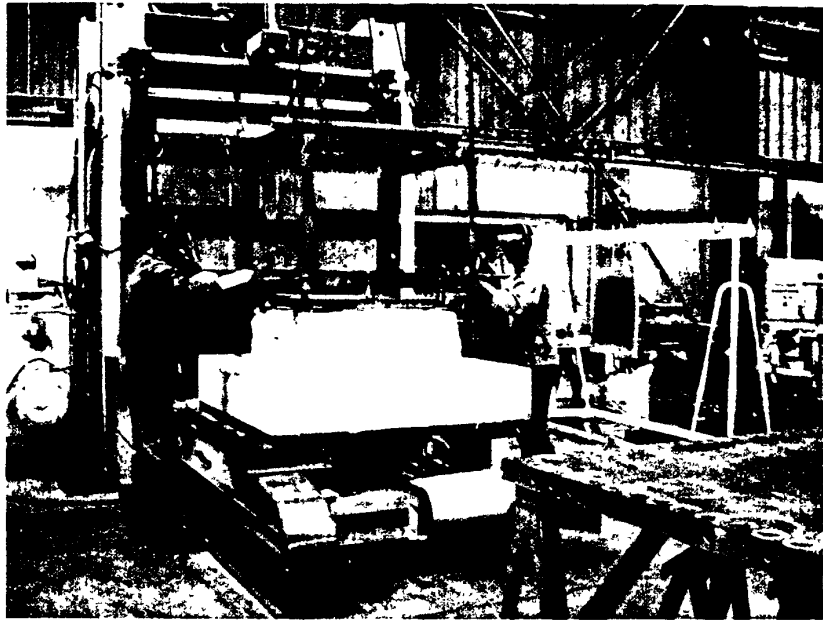


圖-67. 鋁合金超塑性成型之出爐過程

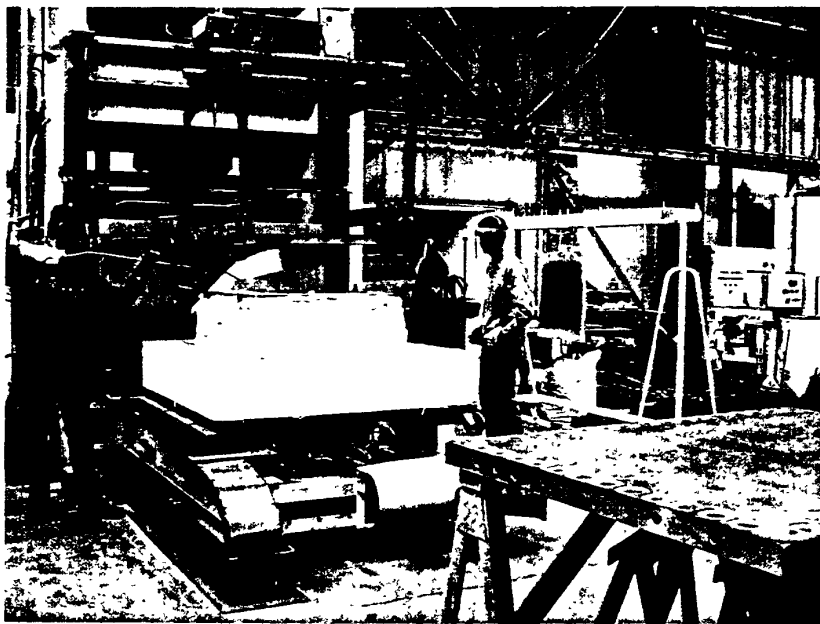
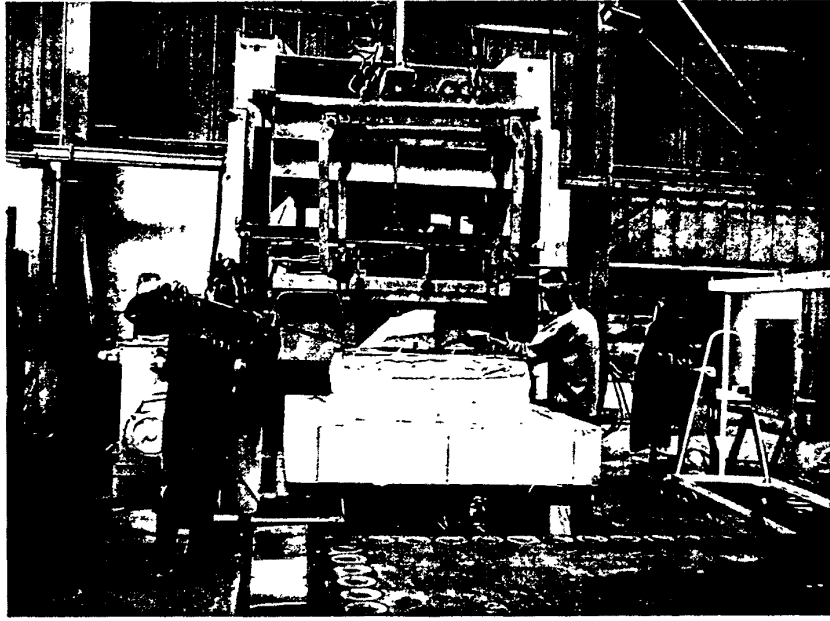
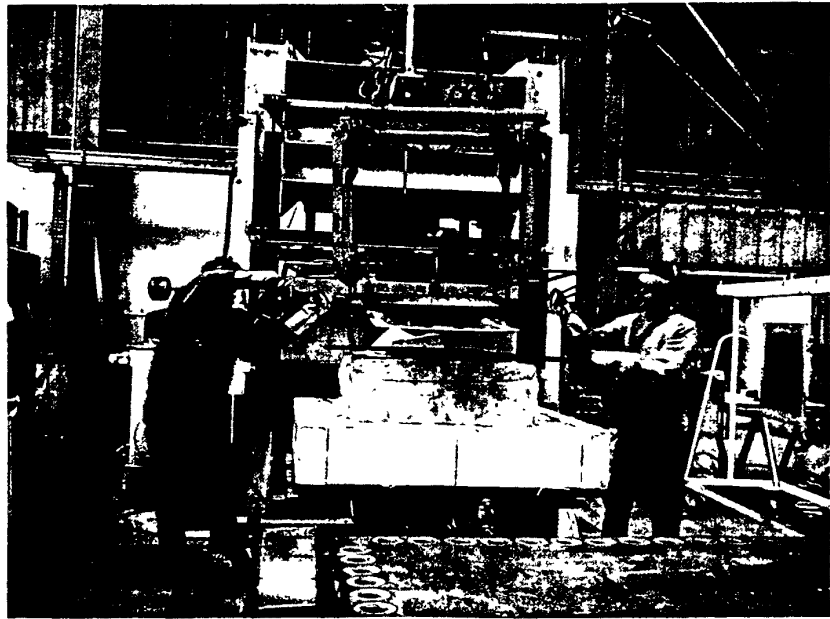


圖-68. 吊起上模並用噴槍冷卻工件以方便取出



(a) 用撬棒撬取工件



(b) 以鉗子取出工件

圖-69. 鋁合金超塑性成型後工件取出之過程

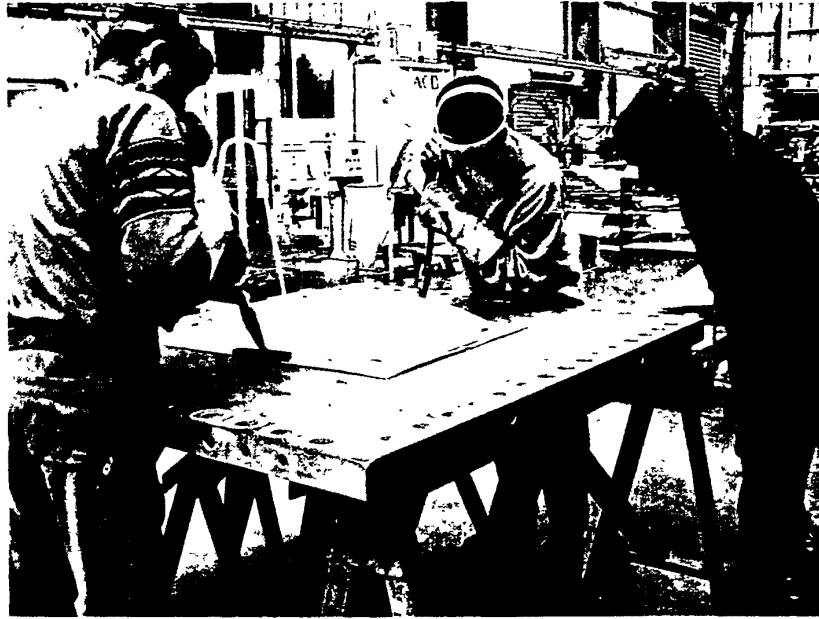


圖-70. 超塑性成型工件取出後之整型作業



圖-71. 鋁合金超塑性成型之工件

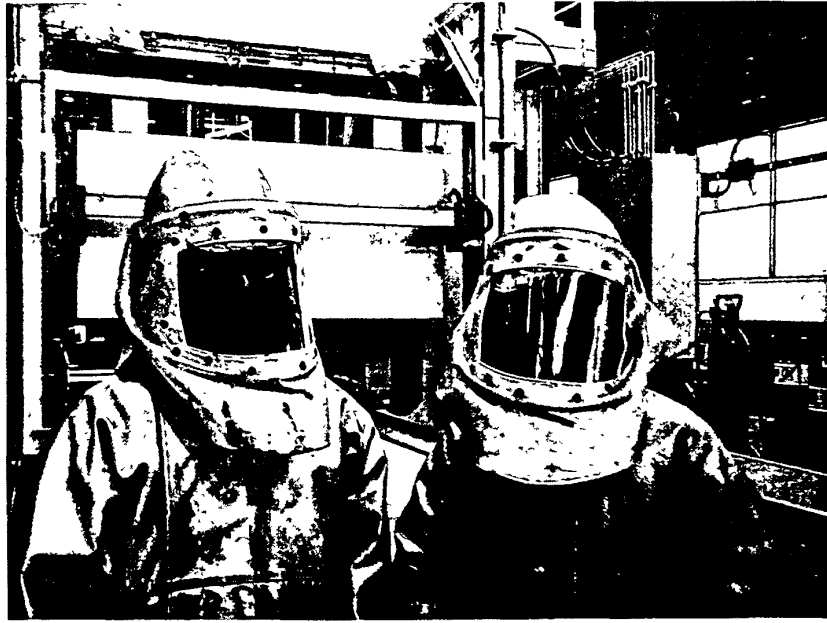


圖-72. 超塑性成型作業所穿戴之安全護具

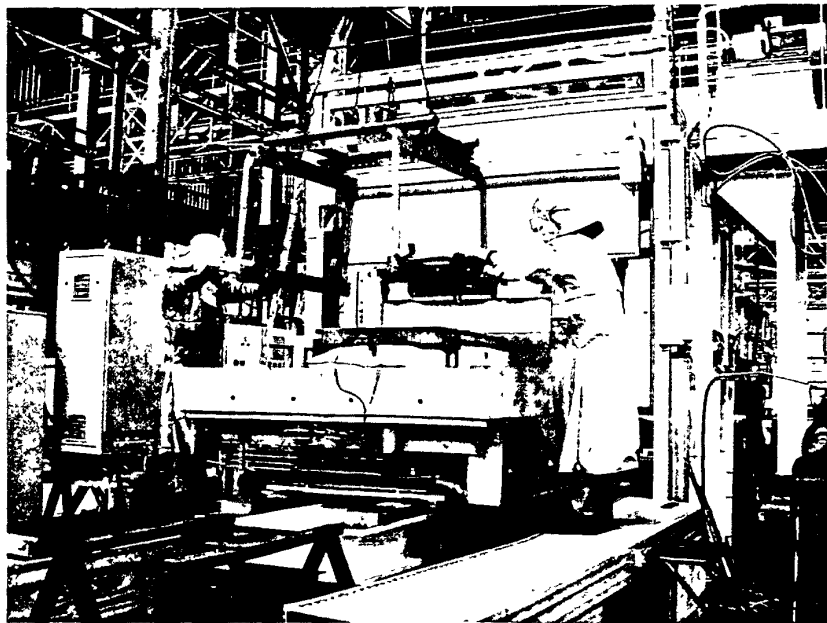


圖-73. 鈦合金超塑性成型之出爐過程

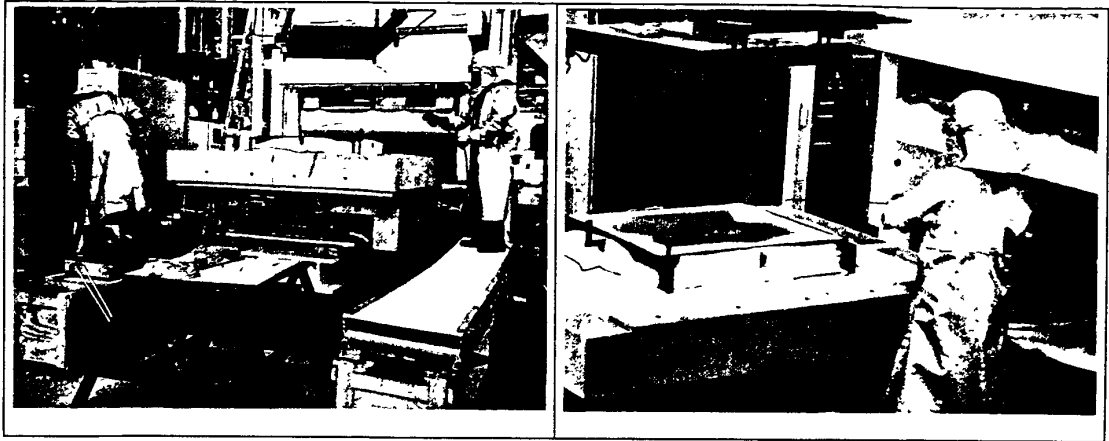


圖-74.吊起上模並用氫氣噴槍冷卻工件使冷縮方便取出

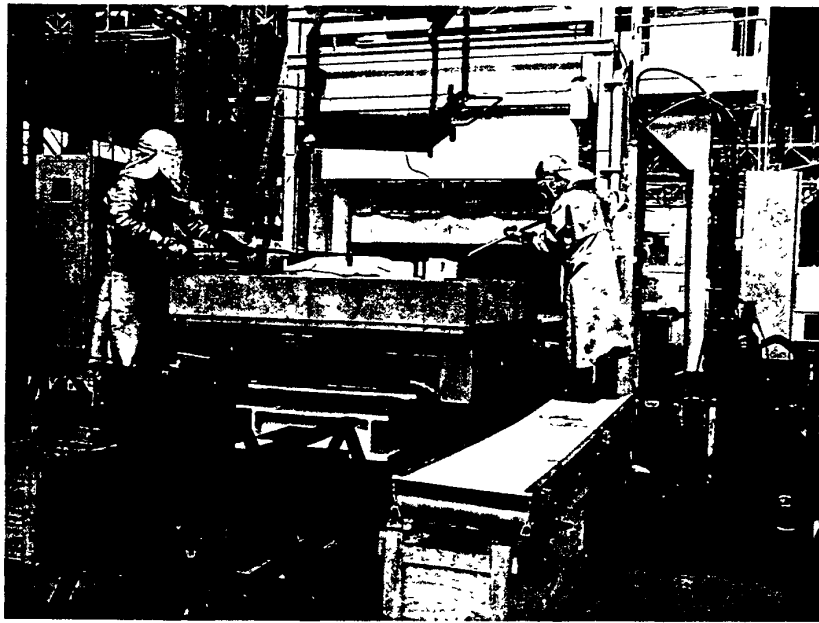


圖-75. 用撬棒撬取工件的情形

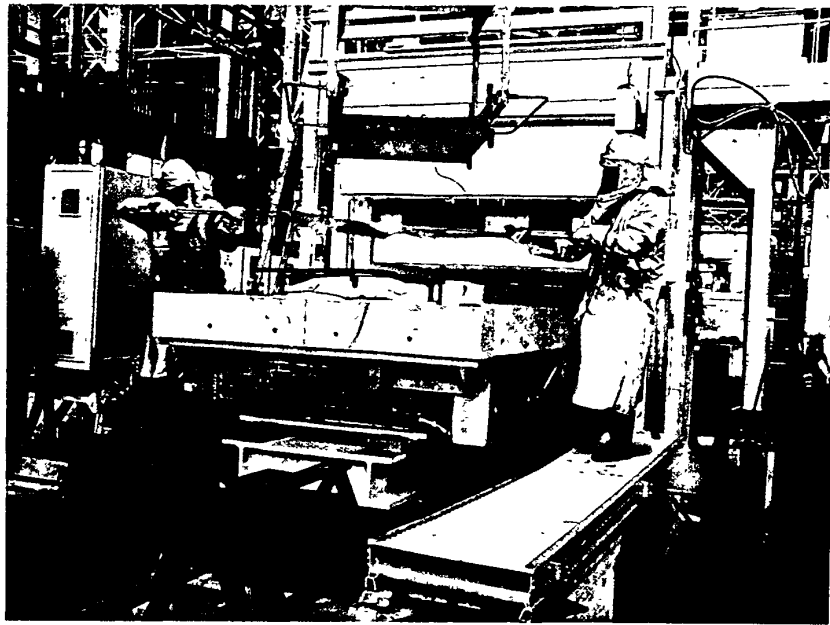


圖-76. 用鉗子取出工件的情形

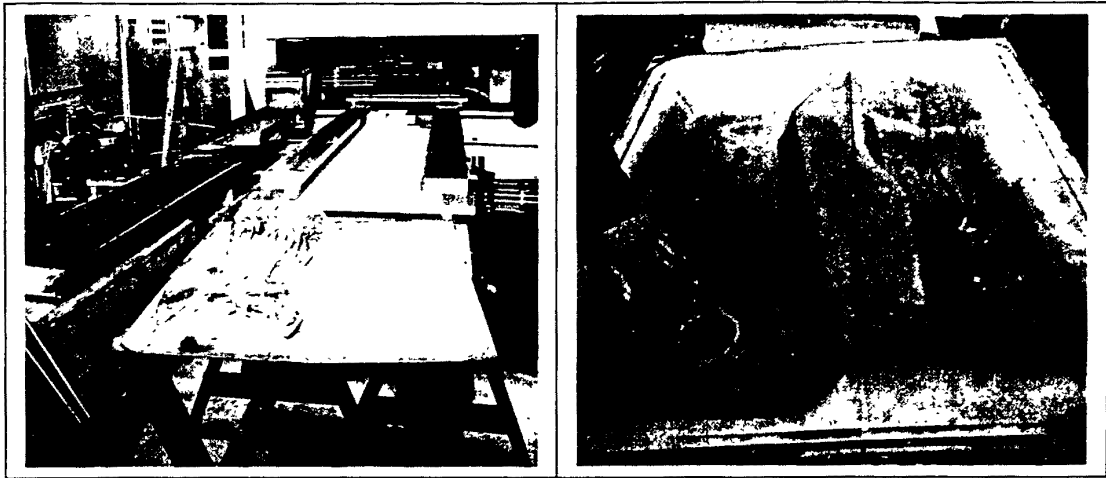


圖-77. 鈦合金超塑性成型之工件

2.5 其他成型加工設備與技術之觀摩

2.5.1 Stretch forming

ACB 公司在 Stretch forming 之技術方面已有 30 年以上的經驗，並已建立多種材料的成型加工資料庫，其材料包括不鏽鋼、鋁合金、鈦合金.....等等。圖-78 至圖-80 為其加工設備、加工過程及成品工件圖。ACB 公司除有加工技術能力外，亦有很強大的軟體模擬分析能力，可減少試誤時間及提高生產效率，圖-81~圖-83 為 Stretch forming 電腦模擬分析圖。



圖-78. Stretch forming 之設備圖。

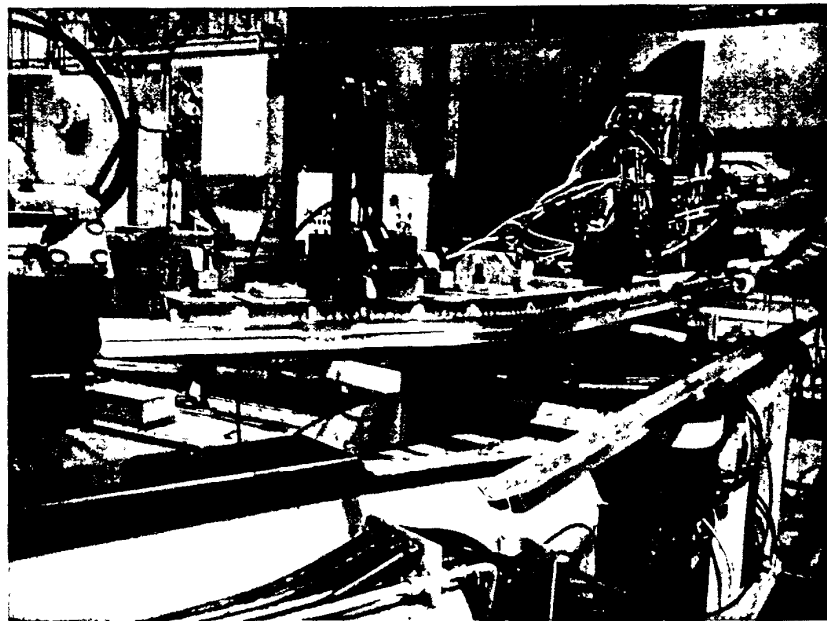


圖-79. Stretch forming 之過程

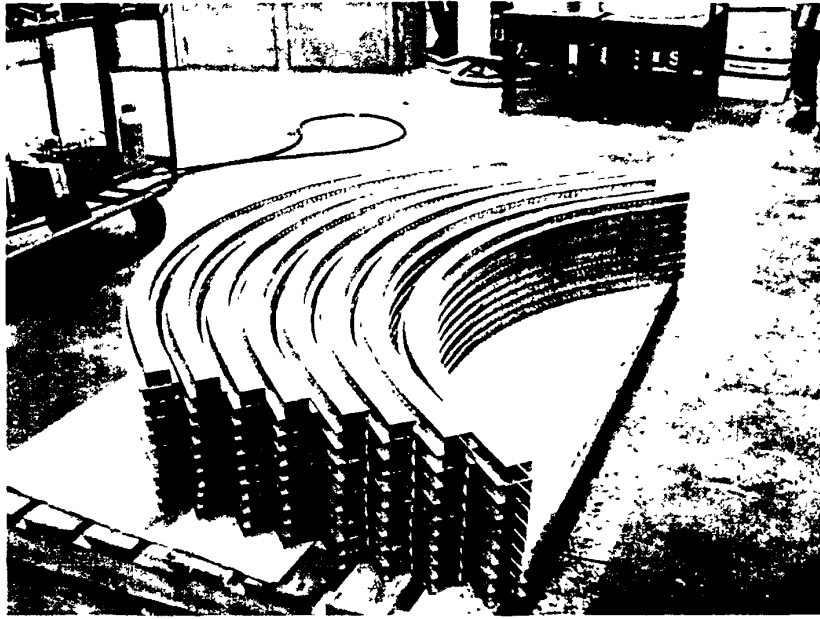


圖-80. Stretch forming 之工件

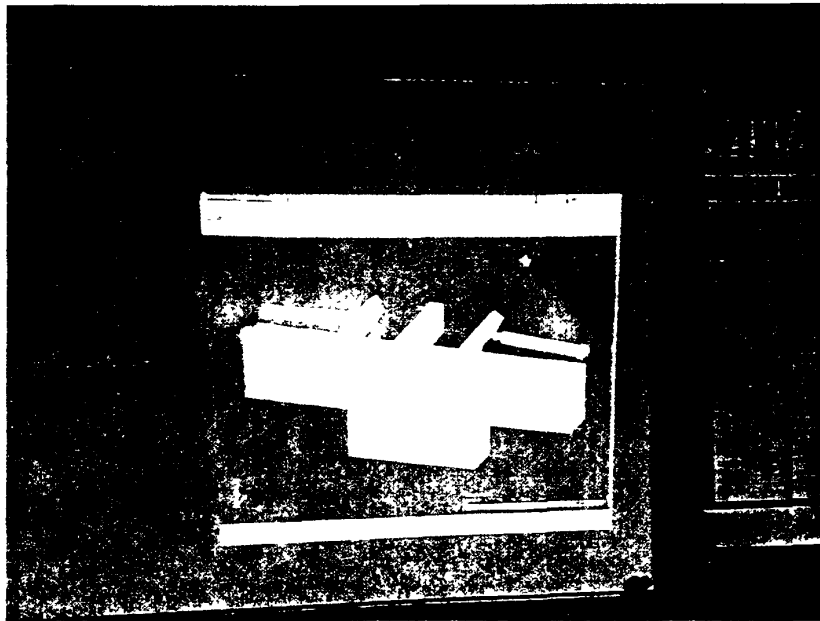


圖-81. Stretch forming 的電腦模擬分析(一)

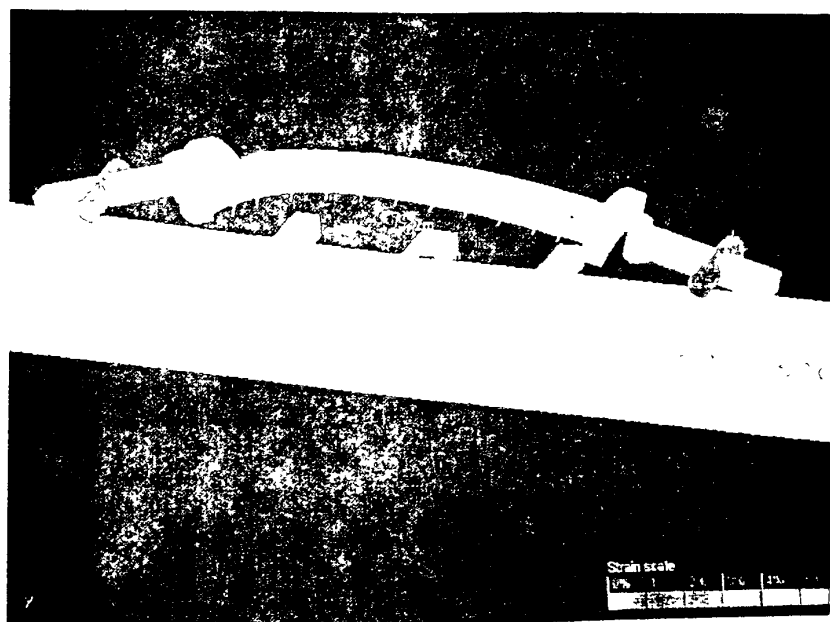


圖-82. Stretch forming 的電腦模擬分析(二)

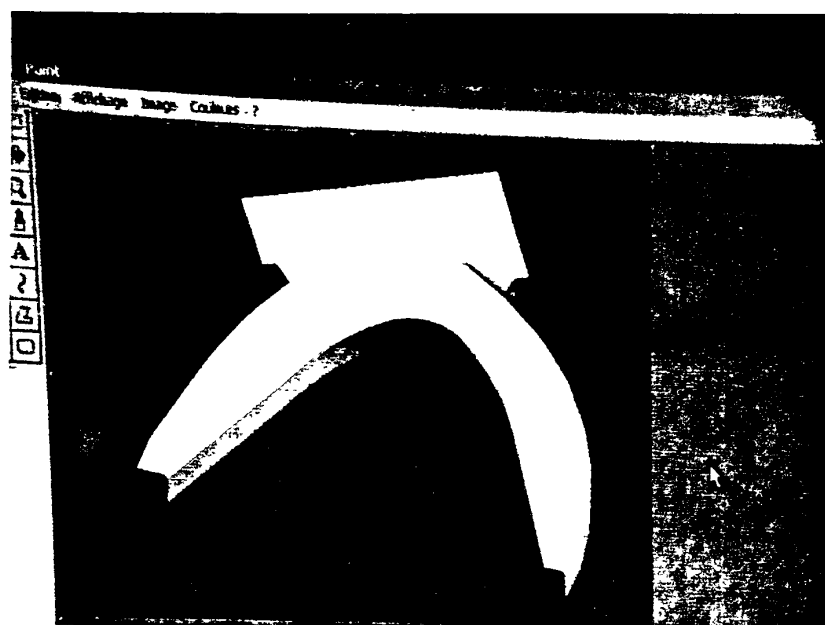


圖-83. Stretch forming 電腦模擬分析(三)

2.5.2 Rubber pad forming

ACB 公司在橡膠模成型方面也有領先全球的設備製造及技術能力，此橡膠模成型方法如圖-84 所示，大致上可分為下列幾個步驟：

- 將工件和模具放置在成型平台上。
- 啟動油壓將工件、模具與橡膠模緊壓。
- 均勻加大壓力將橡膠模均勻施力到工件及模具各部位。
- 工件緊貼模具形狀而成型。

橡膠模成型的優點為：

- 只需製作沖頭或公模部分，降低模具成本。
- 較金屬模具有彈性，且可生產形狀複雜之工件。
- 技術開發較容易且快速。

圖-85～圖-89 為橡膠模成型之設備、模具及工件。此次參訪 ACB 公司 3000 噸之橡膠模成型設備，在加工能量、規模及操作方便性上均較本廠之設備優異許多，值得未來本院能量籌建參考。

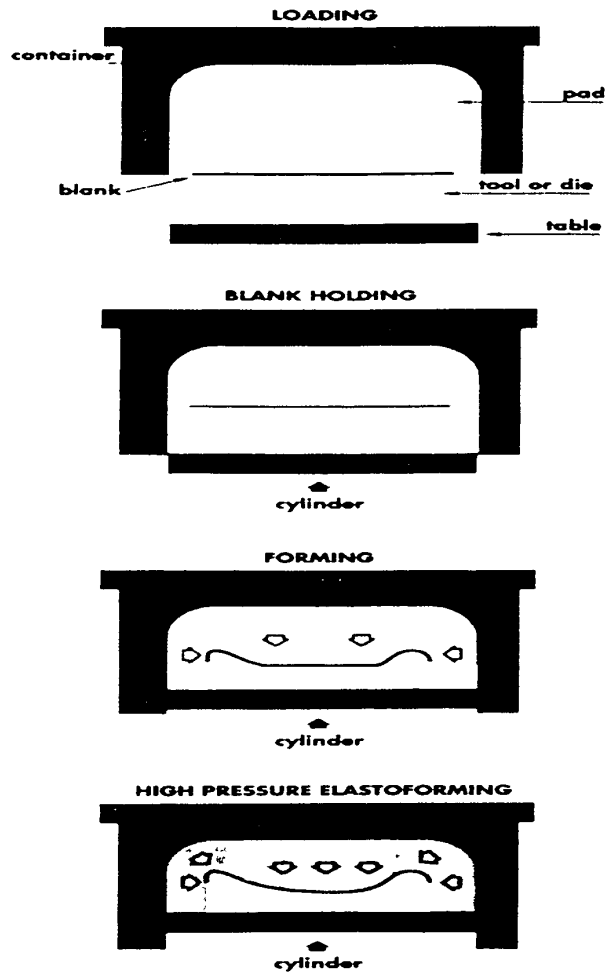


圖-84. 橡膠模成型的步驟



圖-85. 3000 噸橡膠模成型設備

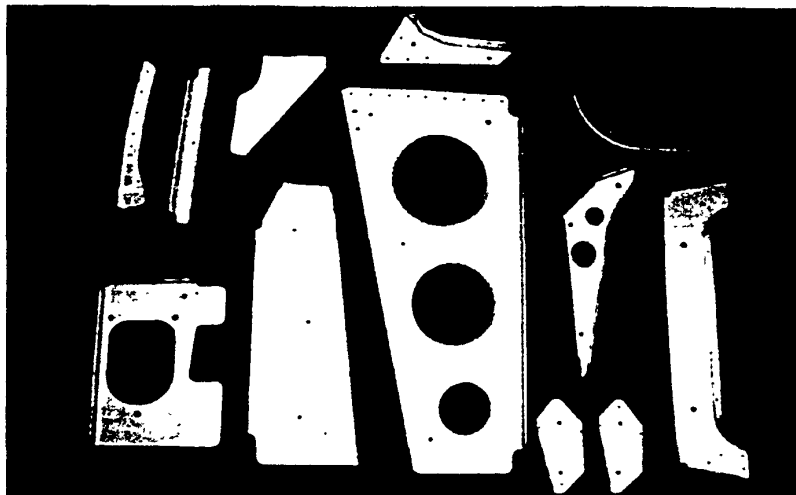


圖-86. 橡膠模成型的工件

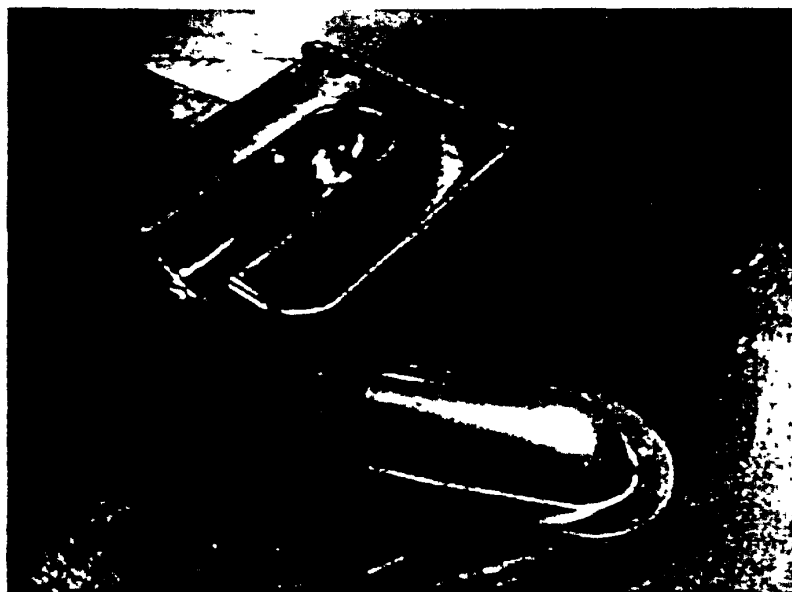


圖 87. 橡膠模成型的模具

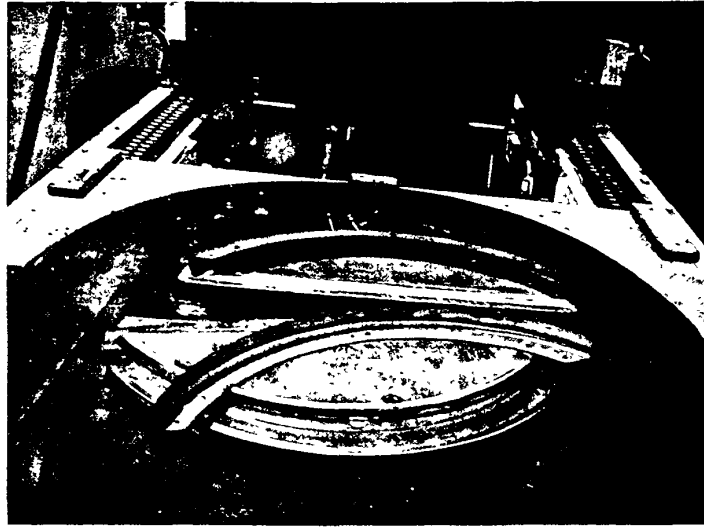


圖-88. 橡膠模成型的模具和工件

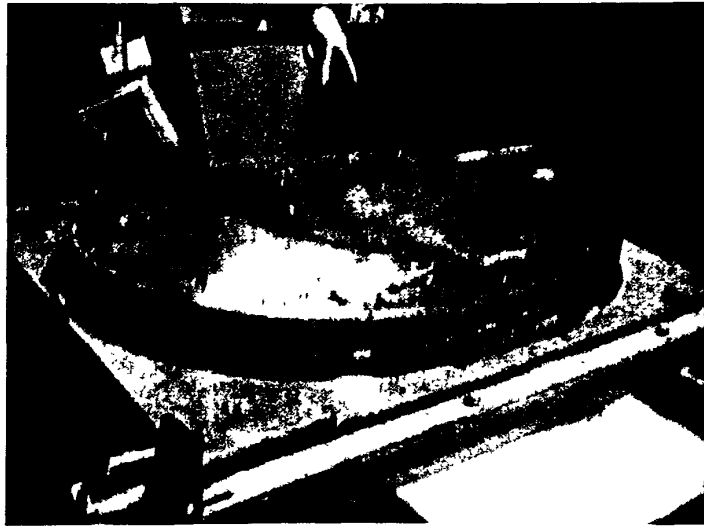


圖-89. 成型用之橡膠模墊

參、效益分析

本次前往法國 ACB 公司參訪觀摩超塑性成型及擴散接合先進技術，進行相關技術研討與技術訓練，項目及內容非常多，因時間非常有限，課程安排非常緊湊，雖然有些關鍵技術未能實地現場觀摩而只能以技術研討方式進行訓練，以及有些技術問題也因是首次接觸而未能深入，但整體而言仍有許多收穫及效益，分述如下：

3.1 瞭解設備之機械結構、設備操作及系統性能需求

由於此類設備本廠未曾有過使用經驗，其印象僅僅是從型錄見過之一些圖照而已，經由本次參訪觀摩及原廠之詳細解說得以詳細瞭解其機械結構、設備操作方式及系統性能需求。此次並觀摩原廠對機具及各系統之功能檢測方法及量儀具使用情形，以及系統偵錯、改善措施等作業均可供我方參考，而其系統工程之完備及週邊輔助設備之齊全亦可作為我方借鏡。

3.2 超塑性成型加工製程之觀摩

加工作業流程及製造方法，是本次參訪之重點，一般而言廠商均將加工製程視為公司機密而不輕易展示出來，此次能夠實地觀摩到超塑性成型加工製程，機會得來不易，藉由加工製程之觀

摩得以瞭解其加工步驟及程序，加工重點及夾模治具與週邊設施之配合，提供未來本院技術能量建立之最佳參考。

3.3 瞭解模具設計之要點及技巧

模具設計是超塑性成型加工成敗之關鍵，工件成形尺寸及精度的掌握有一半是靠模具設計，而模具設計牽涉到材料之選用、膨脹係數之計算，氣密環之設計、拔模角設計、工件定位、氣體管路設計及工件取出之方便性等，此模具設計實務經驗非常重要，由此次見學及原廠工程師的經驗傳授，並配合現場模具觀摩，學習到很多寶貴之經驗及設計技巧。

3.4 超塑性成型加工現場訓練及上機見習

除現場加工實作觀摩外，廠商亦提供現場技術教學與訓練，並在獲得廠商同意下上機實際操作，由本院同仁親自體驗工件成型後出爐之高溫環境下(約 900°C)需將上下模具分開並立即取出工件，同仁雖穿戴耐火衣帽之工安護具，但一股熱氣仍然撲臉非常不好受，深深感覺到此熱作加工與傳統冷作加工之不同，廠商亦特別提醒在熱作加工時操作上必須特別小心及注意工安護具之穿戴及適當工具及吊具之使用。

3.5 超塑性成型及板金成型模擬分析軟體應用之觀摩

一個技術之建立除設備硬體外，軟體之配合亦相當重要，由於超塑性成型之製程參數非常多，工件材料不同、厚度不同、成型之形狀不同以及溫度與氣體吹製壓力之設定均會有不同之結果，除靠不斷測試獲取經驗外，最佳方法就是能有相當準確之軟體來模擬分析，以減少不斷摸索試誤之時間浪費，該公司已有開發此超塑性成型應用軟體，並利用此軟體進行實作前之模擬分析獲取最佳製程參數，未來本院欲完整建立此技術及縮短技術開發時程，模擬分析軟體之應用配合是絕對需要的。此次觀摩之應用軟體，除超塑性成型外，亦有其他板金成型技術之應用軟體，如 stretch forming, rubber pad forming 等，據悉這些軟體之基本資料庫完全是該公司多年加工經驗所累積之智慧財產。

3.6 超塑性成型及擴散接合技術實際生產工件之觀摩

藉由此次參訪，特別請廠商帶我們參觀超塑性成型及擴散接合技術實際生產之工件，工件之類別及形狀非常多樣化，有些亦需配合特殊加工技巧才能完成，由此可瞭解超塑性成型工件之種類(如鈦合金、超合金、不銹鋼及鋁合金等)及可加工之工件型態，可作為本院未來研發及設計之參考。特別要提的是該公司亦有承製超塑性成型及擴散接合複合加工之中空結構件，此複合加工技

術是屬於更高層次之技術，對於複雜且不規則之零組件均可藉此 SPF/DB 複合加工技術達成一體成型之結構體，能有效減少零件數及接點數，不但可節省重量達到輕量化之目的，並可提昇整體結構強度及剛性。此次參訪由於時程過短，以致此 SPF/DB 複合加工技術只能作書面講授其加工原理，而無法實地現場作觀摩見習是最大遺憾。

3.7 超塑性成型及擴散接合相關技術資料之蒐集

藉此次參訪機會，亦獲得一些由廠商所提供之超塑性成型及擴散接合相關技術資料及經驗數據，可供本院未來技術研發之參考運用。

3.8 藉由國外技術觀摩、問題研討及見習可吸取經驗並縮短自行摸索測試及研發時程

此次參訪見習，廠商除妥為安排參觀設備使用外，並安排與相關專業工程師進行工作原理研討、材料處理、檢測方法、製程設計及加工參數之討論，可獲得較完整之技術經驗傳授與資料蒐集。而藉由此次國外參訪，亦可瞭解超塑性成型及擴散接合設備在國外實際使用上之狀況與效益，以及其技術發展現況與未來之技術導向，可提供本院建立此技術能量之參考，以減少自行摸索

測試之困擾，並可縮短自行技術開發之時程。

3.9 其他板金成型設備及製程之觀摩及技術資料蒐集

ACB 公司除在航空科技的超塑性成型及擴散接合相關設備及技術領域外，另有 2D/3D 之 Stretch forming、Elastoforming (or Rubber pad forming) 等特殊板金成型設備及加工技術。其中 Rubber pad forming 本廠亦有此加工能量，但規模較 ACB 公司小很多，ACB 公司有專業設備，操作方便且加工能力達 3000 噸以上，本廠只是利用油壓機當作加工設備且能量僅 300 噸而已。藉由此次參訪亦帶回一些設備型錄及技術資料以供本院未來能量籌建參考。

肆、國外公差日程表

項次	日期	地點	交往接觸人士及機關 (外聞名及譯名)				洽談內容紀要	備考
			姓名	國籍	性別	地址		
1	91.03.25 (一)	法國 巴黎					出國，搭機前往荷蘭 阿姆斯特丹，再轉機 法國	去程
2	91.03.26 (二)	南堤	Philippe Guyon Alain Dupuy	法國	男	ACB 公司	當地下午四點多到 達 ACB 公司。 ACB 公司簡介及參 訪內容、時程之安排 確認	
3	91.03.27 (三)	南堤	Yoes Leroux Georges Noirault	法國	男	ACB 公司	設備機械及氣、油壓 系統設計及運用之 觀摩及技術研討。	
4	91.03.28 (四)	南堤	Dominique Lescroart Laurent Siman	法國	男	ACB 公司	設備電控及加熱系 統設計、機電整合應 用軟體、試驗設備運 用之觀摩及技術研 討。	
5	91.03.29 (五)	南堤	Alain Dupuy Chyishan Chauvire	法國	男	ACB 公司	超塑性成型及擴散 接合適用材料種 類、處理技術、應用 限制及發展之技術 研討。	
6	91.03.30 (六)	南堤					資料整理	
7	91.03.31 (日)	南堤					資料整理	
8	91.04.01 (一)	南堤	Dominique Lescroart Fabien Arignon	法國	男	ACB 公司	超塑性成型造成厚 薄變異分佈情形、成 型模擬分析軟體應 用介紹、模具設計重	

							點，及異種材料擴散接合關鍵技術及其限制之觀摩及技術研討。	
9	91.04.02 (二)	南堤	Alain Dupuy Jean-Francois Borgne	法國	男	ACB公司	鈦合金超塑性成型製程設計、製程參數控制、缺陷防制方法，及夾模具設計之觀摩及技術研討。	
10	91.04.03 (三)	南堤	Xavier Brenon Bruno Convert	法國	男	ACB公司	鈦合金超塑性成型製程設計、成型溫度及惰性氣體壓力控制之觀摩及技術研討。 超合金及鋁合金特殊超塑性成型及擴散接合技術研討及超塑性成型現場實作觀摩及技術研討。	
11	91.04.04 (四)	南堤	Gilles Chancerelle Florent Coquet	法國	男	ACB公司	鈦合金超塑性成型及擴散接合之複合加工中空結構件關鍵技術研討及實際工件觀摩講解。 鈦合金超塑性成型現場實作訓練及技術研討。	
12	91.04.05 (五)	巴黎					返國，自法國搭機至奧地利維也納機場再轉機返國	回程
13	91.04.06 (六)	台北					安抵國門	回程

伍、社交活動


本次參訪計畫主要任務是要觀摩及學習國外先進國家在超塑性成型 (SuperPlastic Forming, SPF) 及擴散接合 (Diffusion Bonding, DB) 相關設備、夾模具設計及加工製程等技術，以期獲取經驗及相關技術資料，建立本院未來超塑性成型及擴散接合關鍵技術能量及研製能力。由於此 SPF/DB 技術屬航太高科技技術，所涉及之技術層次較高，國外先進國家雖已普遍應用此技術於航太及國防武器系統上，但均將此高科技技術視為 know-how 而嚴格管制並限制出口，因此很多廠商多不願意將此技術公開讓人參訪，經多方接洽相關廠商，才獲得法國 ACB 公司同意本院人員前往參訪。

法國 ACB 公司位於法國南堤市(Nantes)，為一跨國性國際公司，該公司原屬於法國 ALSTOM 公司集團之一部分，主要業務橫跨航太、造船、高速鐵路、核能電廠等工業，ACB 公司於二年前才從 ALSTOM 公司集團獨立出來。ACB 公司在航空科技的超塑性成型與擴散接合(SPF/DB)領域中，具有多項領先世界的專利和獨步全球的技術，其相關設備及軟、硬體等並已行銷世界各國。ACB 公司之產品除超塑性成型(SPF)之設備技術外，另有 2D/3D 之拉延成型機(Stretch forming)、彈性成型機(Elastoforming) 及大型機械加工機具等航太設備及加工技術。ACB 公司除生產這些設備及相關軟硬體外，本身亦提供這些加工技術服務。

本次前往法國 ACB 公司參訪觀摩，進行超塑性成型及擴散接合先進技術之研討與技術訓練，內容及項目相當多，包括設備之機械部分、加熱壓板及 shuttle table、power source 及加熱控制系統、液壓控制系統、保護氣體控制系統、壓縮空氣控制系統、冷卻系統、電氣及電腦主機控制系統、超塑性成型控制軟體之程式編撰與應用、超塑性成型數值模擬分析軟體運用、超塑性成型及擴散接合技術原理及應用、模具設計、超塑性成型現場實際作業製程觀摩及技術訓練等。本次出國公差時程共 13 天(91.03.25~91.04.06)，從台灣搭機前往法國戴高樂機場後再轉高鐵至目的地南堤市需 24 小時以上，若扣除來回搭機時程約四日，及其間週六、日之兩天假日，實際在該公司做觀摩見習之時間只有 7 天，而所研討及訓練之項目非常多，因此時間安排非常緊湊，經常加工現場與會議室兩邊跑，結合技術理論與實際作業現況加深學習效果。由於時間非常短暫，訓練期間經常超過晚上七點才結束當日課程，而法國公司很少加班(據悉法國政府不鼓勵加班，且限制每人每年加班時數不得超過 96 小時)，此次 ACB 公司可說是極力配合及協助我們達成預劃之目標時程，毫不保留的帶我們觀摩及進行技術討論與訓練，整個行程雖十分緊湊但令人印象深刻及獲益良多，真得非常感激他們的協助與配合。

由於此次行程之安排，均是在 ACB 公司作參訪觀摩及技術研討訓練，時程十分緊湊，除與 ACB 公司之員工接觸外，並無其他社交活動，在 ACB 公司所接觸之相關人員名片如下：

<p>ACB PRESSURE > SYSTEMS</p> <p>Dominique Lescroart Project Manager</p> <p>2, rue Léon Duracher 44945 Nantes cedex 9 France Tel +33 (0)2 40 41 15 81 Fax +33 (0)2 40 41 15 81 dominique.lescroart@acb-ps.com www.acb-ps.com</p>	<p>ACB PRESSURE > SYSTEMS</p> <p>Laurent Simon Automatisme Industriel</p> <p>2, rue Léon Duracher 44945 Nantes cedex 9 France Tel +33 (0)2 40 41 17 57 Fax +33 (0)2 40 41 15 81 laurent.simon@acb-ps.com www.acb-ps.com</p>
<p>ACB PRESSURE > SYSTEMS</p> <p>Jean-François Borgne Informatique Industrielle</p> <p>2, rue Léon Duracher 44945 Nantes cedex 9 France Tel +33 (0)2 40 41 17 25 Fax +33 (0)2 40 41 15 81 jean-francois.borgne@acb-ps.com www.acb-ps.com</p>	<p>ACB PRESSURE > SYSTEMS</p> <p>Alain Dupuy Project Manager</p> <p>2, rue Léon Duracher 44945 Nantes cedex 9 France Tel +33 (0)2 40 41 15 45 Fax +33 (0)2 40 41 15 81 alain.dupuy@acb-ps.com www.acb-ps.com</p>
<p>ACB PRESSURE > SYSTEMS</p> <p>Alain Pélissier Sales Manager</p> <p>2, rue Léon Duracher 44945 Nantes cedex 9 France Tel +33 (0)2 40 41 14 91 Fax +33 (0)2 40 41 15 47 Mobile +33 (0)6 76 48 88 37 alain.pelissier@acb-ps.com www.acb-ps.com</p>	<p>ACB PRESSURE > SYSTEMS</p> <p>Bruno Convert Technical Manager</p> <p>2, rue Léon Duracher 44945 Nantes cedex 9 France Tel +33 (0)2 40 41 16 93 Fax +33 (0)2 40 41 15 81 Mobile +33 (0)6 85 32 15 11 bruno.convert@acb-ps.com www.acb-ps.com</p>
<p>ACB PRESSURE > SYSTEMS</p> <p>Philippe Guyon President</p> <p>2, rue Léon Duracher 44945 Nantes cedex 9 France Tel +33 (0)2 40 41 15 90 Fax +33 (0)2 40 41 15 47 Portable +33 (0)6 08 74 62 04 philippe.guyon@acb-ps.com www.acb-ps.com</p>	<p>ACB PRESSURE > SYSTEMS</p> <p>Jean-Pierre Lèpez Area Sales Manager</p> <p>2, rue Léon Duracher 44945 Nantes cedex 9 France Tel +33 (0)2 40 41 15 50 Fax +33 (0)2 40 41 15 47 Mobile +33 (0)6 85 91 76 52 jean-pierre.lepez@acb-ps.com www.acb-ps.com</p>

<p>ACB PRESSURE > SYSTEMS</p> <p>Florent Coquet Automatisme Industriel</p> <p>2, rue Leon Durocher 44945 Nantes cedex 9 France Tel +33 (0)2 40 41 17 56 Fax +33 (0)2 40 41 15 81 florent.coquet@acb-ps.com www.acb-ps.com</p>	<p>ACB PRESSURE > SYSTEMS</p> <p>Gilles Chancerelle V P Technology</p> <p>2, rue Léon durocher 44945 Nantes cedex 9 France Tél +33 (0) 2 40 41 14 81 Fax +33 (0) 2 40 41 15 81 gilles.chancerelle@acb-ps.com www.acb-ps.co</p>
<p>ACB PRESSURE > SYSTEMS</p> <p>Xavier Brenon Informatique Industrielle</p> <p>2, rue Leon Durocher 44945 Nantes cedex 9 France Tel -33 (0)2 40 41 17 60 Fax -33 (0)2 40 41 15 81 xavier.brenon@acb-ps.com www.acb-ps.com</p>	 <p>Fabien ARIGNON 14371 Montigny</p> <p><i>Fabien.arignon@sitia.fr</i></p> <p>1, RUE DE LA NOE - B.P. 32104 44321 NANTES CEDEX 3 FRANCE TEL 33 (0)2 40 37 00 19 FAX 33 (0)2 40 37 00 35 E-MAIL info@sitia.fr nantes.fr WEBSITE www.sitia.fr</p>

註：Sitia 公司為 ACB 之子公司，專門負責成型加工技術之軟體開發、數值模擬分析應用之相關務業。

陸、建議事項

一、落實先進技術開發，有機會應多至國外參訪觀摩學習經驗

此次出訪法國 ACB 公司，直接與國外公司進行工程與技術之研討，無論就設備機械結構、加熱壓板、shuttle table、power source 及加熱控制系統、液壓控制系統、保護氣體控制系統、壓縮空氣控制系統、冷卻系統、電氣及電腦主機控制系統之工程設計，超塑性成型之應用控制軟體、設備及各系統之安全裝置與安全維護警告系統，以及各系統功能之檢測、偵錯、改善措施及服務等作業均非常有條理而且按步就班有脈絡可循，其系統工程之完備確實可作為我方借鏡。另在技術開發關鍵之加工製程、夾模具設計及相關模擬分析軟體與週邊輔助設施上，該公司亦提供本院觀摩學習及現場訓練機會，如超塑性成型數值模擬分析軟體運用、模具設計技術與實地觀摩解說，超塑性成型及擴散接合複合加工技術之應用及設計技巧、超塑性成型與擴散接合加工技術之實際工件觀摩與工件設計技巧說明，以及超塑性成型現場實際作業製程觀摩及技術訓練，使我方能實地瞭解該技術之工件及模具設計技巧與超塑性成型與擴散接合之加工作業程序及技術要點，並且由原廠安排相關專業工程師進行技術研討與經驗傳授，除可獲得較完整之技術經驗與資料外，另藉由國外設備使用經驗、模具設計與超塑性成型及擴散接合關鍵加工技術之研討，可大幅減少自行摸索測試之困擾及縮短自行技術開發之時程。本院

過去在高科技技術研發的努力雖亦有所成果，然在研發過程上往往需不斷測試與實驗來驗證，在時間與人力之成本耗費很多，而此技術可能在國外早已開發出來並已廣泛應用，或者此技術早已超越我們的認知，因此若能透過技術的交流或觀摩學習應可縮短研發的時程，降低測試及失誤的風險，繼而能突破現有瓶頸，因此唯有多方接觸新的資訊及藉由國外先進科技技術之經驗學習，才不致淪為閉門造車的窘境。

二、觀摩見習之時間太短，實作訓練及部分關鍵技術未能深入

本次前往法國 ACB 公司參訪觀摩超塑性成型及擴散接合先進技術，進行相關技術研討與技術訓練，項目及內容安排非常多，然而本次出國公差時程共 13 天(91.03.25~91.04.06)，若扣除來回行程及星期假日，真正觀摩見習之時間只有 7 天，由於訓練項目較多，在時程安排上非常緊湊，除機具各系統性能檢測、夾模具設計、機具操作訓練及相關技術研討外，最主要是安排上機實作訓練，而且鈦合金超塑性成型溫度需 925°C 左右，從室溫加熱至該作業溫度需近 10 小時(昇溫速率 200F/hr)，所以只能先一天預熱而隔日才可執行超塑性成型加工，另對於 SPF/DB 複合加工技術更複雜，至少需 3 天作業時間才能完成，所以只能作技術研討而無法現場實作觀摩至為遺憾，而這些技術目前本廠並未有此設備及操作經驗，由於初次接觸，因此在相關技術問題探討及實作經驗上有些無法深入瞭解，且由於此技術層次較高且牽涉到

之關鍵技術項目亦較多，為落實訓練成效，建議應給予較寬裕之適當公差時間以獲得良好的學習效果(此次出國公差最先規劃為17天，後因計畫審查及預算精簡等原因要求改為13天)。

三、技術建立應包含設備硬、軟體開發與技術人才之培訓

一個技術之建立，往往不是一蹴可成的，除基本設備之建立外，往往需要相關軟、硬體之配合及人才之培育，如工件及夾模具之設計、加工製程之設計、模擬分析軟體之開發，各種材料加工參數資料庫之建立等，而此往往需透過人才之培育及經由不斷的研發、測試、修訂等累積技術經驗方能有所成果。在此次參訪ACB公司，發現該公司對於各項專業技術之建立，均有相當規模之技術團隊支援，就超塑性成型及擴散接合之技術團隊而言，就有十幾位工程師以上，而此尚未包含現場操作技術員在內，可見該公司對於專業工程人員之培養及技術建立之重視。反觀院內技術建立及開發之團隊人力，因科技官員人力不足，往往只由一、二位科技官員負責或兼任所有技術開發工作，在專業技術人力之培養及技術團隊支援上仍有待加強。

柒、附件

本次公差所蒐集之資料甚多，以下僅就重要部分簡要列出，部分資料存本廠，若有同仁需要可逕與本廠聯絡（楊智綱，分機356608）。

項次	內 容	備考
1	SuperPlastic Forming Press	
2	Forming Presses for the Aerospace Industry	
3	SuperPlastic Forming and Diffusion Bonding	
4	Sheet Stretch Forming	*
5	Loire ElastoForming Presses	*
6	SPF Software Operation Manual	*
7	Process Spec for Chemical Milling Titanium	*
8	OPSYS Operator Manual	*
9	Cavitation forming and its minimization during Superplastic Forming of Inconel alloy 718SPF	*
10	Superplastic Behavior in a Commercial 5083 Aluminum Alloy	*
11	Material Specification: Aluminum alloy KS7475 Sheet	*
12	Stretch Bending of Extrusions	*
13	Simulation of the part elastoforming process with rubber pad or fluid cell machine	*
14	Simulation of Elastic Die Forming	*
15	Simulation of Sheet Stretch Forming	*

註：(1)有「*」者表存本廠，未附在本報告附件中。

(2)第7項之資料已印送二所25廠專業單位參考。

附件一

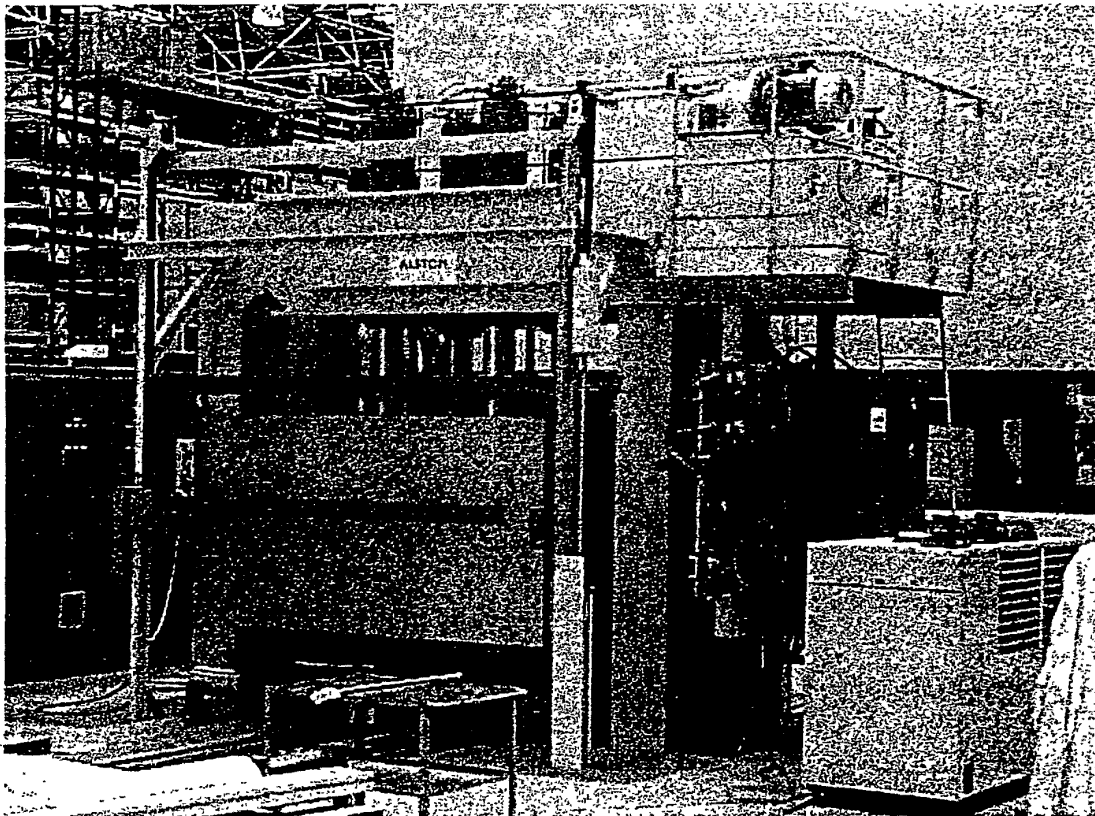
SuperPlastic Forming Press

ACB

PRESSURE > SYSTEMS

SUPERPLASTIC FORMING PRESS

Loire FSP 500 T



Commissioning : 1999
Customer : ITP in Spain

ACB Pressure Systems
2, rue Léon Durocher
44945 Nantes cedex 9 France
Tél. +33 (0)2 40 41 14 14
Fax +33 (0)2 40 41 15 47
www.acb-ps.com

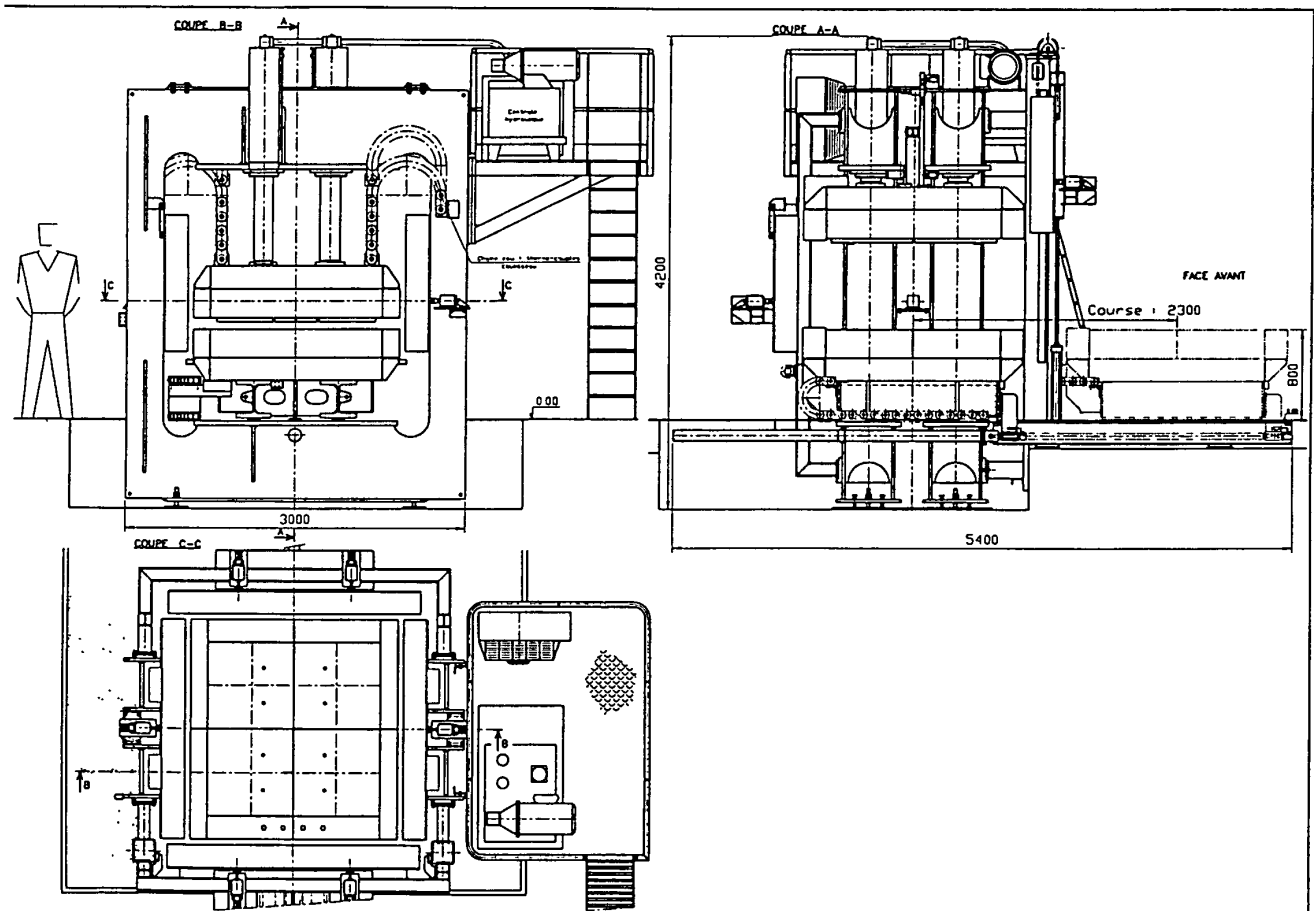
S A. au capital de 2 250 000 €
424 932 986 RCS Nantes
SIRET 424 932 986 00021
APE 742 C
TVA FR 41 424 932 986

ACB

PRESSURE > SYSTEMS

SPF/DB FORMING PRESS

LOIRE FSP 500 T



Commissioning : September 1997
Customer : SONACA in BELGIUM

ACB Pressure Systems
2, rue Léon Durocher
44945 Nantes cedex 9 France
Tél. +33 (0)2 40 41 14 14
Fax +33 (0)2 40 41 15 47
www.acb-ps.com

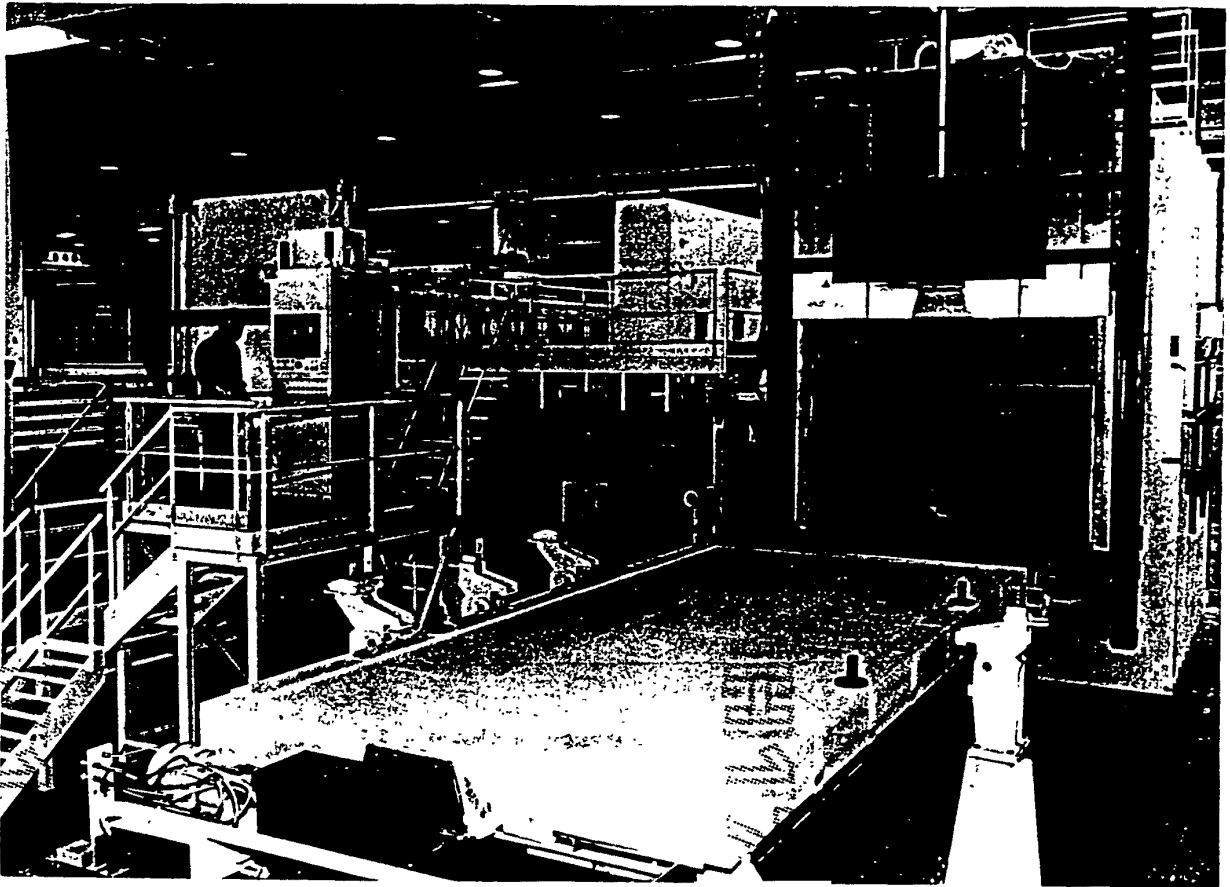
S.A. au capital de 2 250 000 €
424 932 986 RCS Nantes
SIRET 424 932 986 00021
APE 742 C
TVA FR 41 424 932 986

ACB

PRESSURE > SYSTEMS

SUPERPLASTIC FORMING PRESS

Loire FSP 2800 T



Commissioning : 1994
Customer : AEROSPATIALE in FRANCE

ACB Pressure Systems
2, rue Léon Durocher
44945 Nantes cedex 9 France
Tél. +33 (0)2 40 41 14 14
Fax +33 (0)2 40 41 15 47
www.acb-ps.com

S.A. au capital de 2 250 000
424 932 986 RCS Nantes
SIRET 424 932 986 00021
APE 742 C
TVA FR 41 424 932 986

REFERENCE LIST

Main Loire Hydraulic Presses built since 1970

Year	Country	Customer	Type of Press
1970	Germany	Messerschmitt-DASA	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEPL 250-300
1970	Germany	VFW-DASA	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEPL 200-300
1970	Romania	Metarom	Tube End Forging Press
1970	Romania	Metarom	Calibrating Press
1970	France	GIAT	Forging Unit-Loire GPE 350/125
1970	France	Carbone Lorraine	Loire 600 T moulding Press
1970	Germany	Erlangen University	Tube Extrusion Press-Loire GET 630
1970	France	RNUR	4 Loire 500 T MCP Presses - MCP
1970	France	DCAN Cherbourg	Loire 4000 C-frame press
1970	Finland	Finnish Cable Works	Extrusion Press-Loire GET 1500
1971	France	GIAT	Forging Unit Loire GPE 1000/315/400
1971	France	CEA	Waste Compacting Facility-Loire CP 40
1971	France	Dassault Biarritz	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEM 200
1971	France	Dassault Martignas	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 550-1100
1971	Yougoslavia	D.MS Montbard	Tube Testing Bench-250 bar
1971	Yougoslavia	D.MS Montbard	Tube Testing Bench-500 bar
1971	France	Vallourec	Piercing Press-Loire GP 1200
1971	France	Pechiney	Carbon Extrusion Press-Loire GET 3000
1971	France	GIAT	Forging Unit-Loire GPE 800/200
1971	France	RNUR	Loire 800 T moulding
1972	Poland	Metalexport	Extrusion Press-Loire GET 1600
1972	Germany	EKL	Carbon Extrusion Press-Loire GET 630
1972	Romania	Metarom	Tube Testing Bench-500T-1300 bar
1972	France	Fortech	Loire Closed Die Forging Press-GM 20000
1972	France	SPAIR	Loire 2000 T moulding Press - MCP
1972	France	RNUR	Loire 800 T moulding Press - MCP
1973	France	Cogema (STMI)	Waste Compacting Facility-Loire CP 60
1973	France	Socata	Extrusion Stretch Forming Press-Loire FEHP 20
1973	France	VLR	Loire C-frame Press
1974	France	Union Carbide	Carbon Extrusion Press-Loire GET 3000
1974	England	Eaton	Loire 2000 T Drawing Press
1974	Romania	Metarom	Extrusion Press-Loire GET 2500
1974	France	Latécoère	Elastic Die Forming Press-Loire EDC BP 4200
1975	Algeria	Berliet	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEM 250

1975	India	NFC	Piercing Press-Loire GP 1200
1975	Romania	Brasow	Forging Unit-Loire GPE 450/250
1975	France	Ets Fab Armement - Bourges	10 000 bar HP vessel
1975	Romania	Metarom	Tube Testing Bench-500 T-1300 bar
1975	France	Trefimetaux	Copper Extrusion Press-Loire GET 2500
1975	France	Ceraver	Loire Extrusion Press
1975	France	Profilés et Tubes de l'Est	Tube Testing Bench-1500 T-250 bar
1975	Belgium	Tubemeuse S.A.	Tube Testing Bench-1500 T-250 bar
1976	France	Cousin	Closed Die Forging Press-Loire GM 400
1976	Spain	CASA Seville	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 550-1100
1976	Bulgaria	Tchavdar	Extrusion Stretch Forming Press-Loire FEHP 20
1977	France	Renault	Closed Die Forging Press-Loire GM 400
1977	Venezuela	DMS	Tube Testing Bench-400 T-700 bar
1977	France	SNPE	Powder Extrusion Press-Loire GET 315
1977	France	Luchaire	Steel Extrusion Press-Loire GET 200
1978	France	Sogerma-Socea	Deep drawing Press-Loire ESK 600
1978	France	SOCATA	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 300-600
1979	France	Vallourec	Tube Testing Bench-3500 T-420 bar
1979	Yugoslavie	DMS	Tube Testing Bench-470 T-220 bar
1979	Yugoslavie	DMS	Tube Testing Bench-470 T-220 bar
1979	Germany	Deutsche Airbus	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEM 600
1979	France	SEB	Loire Drawing Units
1979	France	Stratinor	Loire 2000 T Moulding Press - MCP
1979	France	Hurel Dubois	Elastic Die Forming Press-Loire EDC 6000
1979	Germany	Köver	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEM 130
1979	England	British Aerospace	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 1100
1979	Russia	Samara	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 600
1979	Russia	Novossibirsk	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 600
1979	Russia	Auto Promimport	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 600
1979	Russia	Oulianovsk	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 600
1979	Russia	Voronej	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 1100
1979	Russia	Kazan	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 1100
1979	Russia	Tachkent	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 1100
1979	Russia	Saratov	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 1100
1979	Russia	Smolensk	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 1100
1979	India	SNPE	8 powder extrusion presses
1979	France	Secan	Extrusion Stretch Forming Press-Loire FEHP 30
1979	France	Aérospatiale	Extrusion Stretch Forming Press-Loire FEHP 10
1979	France	Aérospatiale	Extrusion Stretch Forming Press-Loire FEHP 60
1979	France	Setforge	Closed Die Forging-Loire GM 1500
1980	Belgium	Forges de Courcelles	Closed Die Forging-Loire GM 1500
1980	France	Legrand	2 Loire moulding presses MCP 630 T
1980	France	Sease	Elastic Die Forming Press-Loire EMC BP 4000

1980	France	Siren	Elastic Die Forming Press-Loire EMC BP 4000
1980	France	Hispano Suiza	Extrusion Stretch Forming Press-Loire FEHP 20
1980	Thailand	AWPC	Forging Unit Loire GPE 800/200
1980	Italy	Agusta	Elastic Die Forming Press-Loire EDC 8000
1980	France	Socata	Elastic Die Forming Press-Loire EMC BP 4000
1981	France	Stradour	Loire 1750 T Press - MCP/FC
1981	Poland	FLT	Forging Unit-Loire GPE 800/250
1981	Russia	Irkoutsk	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 550-1100
1981	Argentina	Fuerza Aera Argentina	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 125-250
1982	Greece	Hellenic Aerospace	Extrusion Stretch Forming Press-Loire FEHP 60
1982	Poland	FLT	Nosing press 400 T
1982	Poland	FLT	Piercing Press-Loire GP 400
1982	Russia	Oulianovsk	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 550-1100
1982	Netherlands	Fokker	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 200-400
1983	France	Famat	Hot Forming Press-Loire FCC 75
1983	France	Famat	Hot Forming Press-Loire FCC 75
1983	France	Mecelec	Loire 2000 T Press MCP/FC 2000
1983	France	Stradour	Loire 630 T Press MCP/FC 2000
1984	North Korea	Korea Complex	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 200-400
1984	North Korea	Korea Complex	Elastic Die Forming-Loire EMC 10000
1985	France	Legrand	3 Loire moulding presses MCP 630 T
1985	France	Snecma	Closed Die Forging Press-Loire GM 150
1985	North Korea	Korea Complex	Extrusion Stretch Forming Press-Loire FEHP 10
1985	Czech Rep.	LET	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 200-400
1986	France	Cogema (AD2 shop) La Hague	Waste Compacting Facility-Loire CPHR 1500
1986	Chile	Enaer	Extrusion Stretch Forming Press-Loire FEHP 80
1986	France	Snecma	Hot Forming Press-Loire FCC 270
1986	Chile	Enaer	Elastic Die Forming Press-Loire EMC 10000
1987	France	Renault	Loire MCP/FC 2500 T press
1987	Singapore	SAM	Elastic Die Forming Press-Loire EMC BP 4200
1987	France	Aérospatiale	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEL 2x500
1988	Belgium	Sonaca	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEKD 550-1100
1988	France	Manducher	Loire 2000 T MCP/FC Press
1988	France	Michelin	Loire 630 T MCP/FC Press
1988	Korea	KEC	Powder deshydrating press
1989	Korea	KEC	Powder extrusion press
1989	Luxembourg	Kihn/Techno Forge	Closed Die Forging Press-Loire GM 3x2000
1989	India	ICF	Loire 1000 T Deep drawing Unit
1989	France	Dassault	Superplastic Forming Press SPF/DB-Loire FSP 1200
1989	France	Gec Alsthom ACB-CEPEM	Superplastic Forming Press SPF/DB-Loire FSP 500
1989	France	Esswein	Loire 3x100 T Deep drawing Unit
1989	France	Manducher	Loire 2000 T MCP/FC Press
1989	Spain	Inerga	Loire 2000 T MCP/FC Press

1990	France	Gec Alsthom ACB-CEPEM	Superplastic Forming Press SPF/DB-Loire FSP 60
1990	France	Stradour	Loire 1250 T MCP/FC Press
1990	France	Aérospatiale	Elastic Die Forming Press-Loire EMC 5000
1990	France	Citroën	Loire 2000 T MCP/FC Press
1990	France	Renault	Deep Drawing Press-Loire ESLK 800
1991	France	Andra	Waste Compacting Facility-Loire CPHR 1500
1991	France	Hispano Suiza	Superplastic Forming Press SPF/DB-Loire FSP 1600
1991	France	Snecma	Deep drawing press Loire ESLK 250/150
1991	France	Snecma	Superplastic Forming Press SPF/DB-Loire FSP 60
1991	Netherlands	Fokker	Extrusion Stretch Forming Press-Loire FEHP 25
1991	France	Citroën	Loire 2000 T Moulding Press
1991	Switzerland	SF Emmen	Sheet Stretch Forming Press-Loire FET 400
1991	France	Aérospatiale	Sheet Stretch Forming Press-Loire FET 1500
1992	Netherlands	Fokker	Sheet Stretch Forming Press-Loire FET 600
1992	France	Aérospatiale - Toulouse	Superplastic Forming Press SPF/DB
1992	France	Aérospatiale - Toulouse	Retrofit of a 130T SPF Press
1992	Germany	Deutsche Airbus	Sheet Stretch Forming Press-Loire FETL 1500
1992	France	Peugeot	Deep Drawing Press-Loire ESLK 800
1992	France	Union Des Forgerons	Open Die Forging- Loire GL 1000
1993	France	Aérospatiale	Superplastic Forming Press SPF/DB-Loire FSP 2800
1993	France	Renault	Loire 500 T MCP/FC Press
1994	France	Aérospatiale	Superplastic Forming Press (SPF Alu)-Loire FSP 1400
1994	France	ANF Industrie	Straightening bench-Loire BCT 250
1994	France	ANF Industrie	Straightening bench-Loire BCT 350
1995	France	GEC ALSTHOM Power Generation - Belfort	Electric insulating material agglomeration press (Horizontal force : 400T, Vertical force : 135 T).
1995	France	GEC Alsthom	Polymerisation Press
1996	Malaysia	S.M.E.A.	Elastic Die Forming Press-Loire EMC BP 4200
1996	France	GEC ALSTHOM Power Generation - Belfort	Electric insulating material agglomeration press (Horizontal force : 400T, Vertical force : 135 T).
1996	France	GEC ALSTHOM Hydro Power	Electric insulating material agglomeration press (Horizontal force : 400T, Vertical force : 135 T).
1996	France	ACEC Energie	Electric insulating material agglomeration press (Horizontal force : 400T, Vertical force : 135 T).
1997	China	Chengdu Aircraft	Sheet Stretch Forming Press-Loire FET 1200
1997	China	Chengdu Aircraft	Sheet Stretch Forming Press-Loire FEL 2x350
1997	Belgium	Sonaca	Superplastic Forming Press SPF/DB-Loire FSP 500
1997	France	Cogema (ACC shop) La Hague	Waste Compacting Facility-Loire CPHR 2500
1997	France	Cogema (ACC shop) La Hague	Waste Compacting Facility-Loire CPHR 2500
1997	U.S.A.	Learjet	Elastic Die Forming Press-Loire EMCL 3500
1997	Greece	H.A.I	Extrusion Stretch Forming Press Retrofit - Loire FEV 60
1998	Spain	Casa	Superplastic Forming Press SPF/DB-Loire FSP 750

ACB

PRESSURE > SYSTEMS

1998	Spain	Alcala	Extrusion Stretch Forming Press FEV-3D
1998	France	T.C.S	Hot Isostatic Press
1998	Denmark	Hydro-Raufoss	Extrusion Stretch Forming Press FEV-20
1999	Russia	Khrunichev	Sheet Stretch forming Press Loire FES 1200
1999	China	Shenyang Aircraft	Superplastic Forming Press SPF/DB Loire FSP 750
1999	Austria	Welser	Extrusion Stretch Forming Press Loire FEV 30
1999	Spain	I.T.P.	Superplastic Forming Press SPF/DB Loire FSP 500
1999	China	Framatome	Compacting press Loire CPC 1500
1999	France	Eskulanak	elastoforming press Loire EMC BP 4200
1999	France	ACB CEPEN	Extrusion Stretch Forming Press Loire FEV 20
1999	France	ACB CEPEN	Elastoforming Loire EMCL 3500
2000	France	REIMS AERO	Extrusion Stretch Forming Press Loire FEV 20
2000	England	BRITISH AEROSPACE	Superplastic Forming Press SPF/DB Loire FSP 3000
2000	Taiwan	CSIST	Superplastic Forming Press SPF/DB Loire FSP 200

REFERENCE LIST

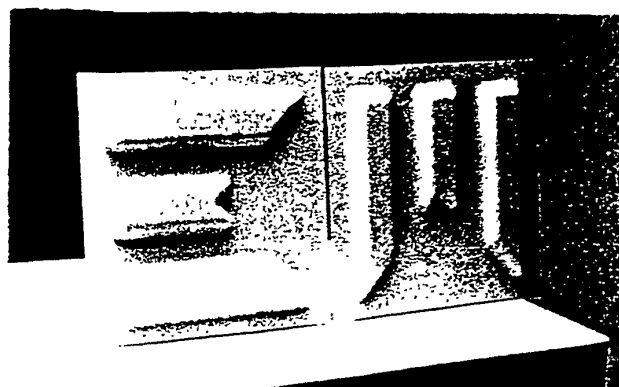
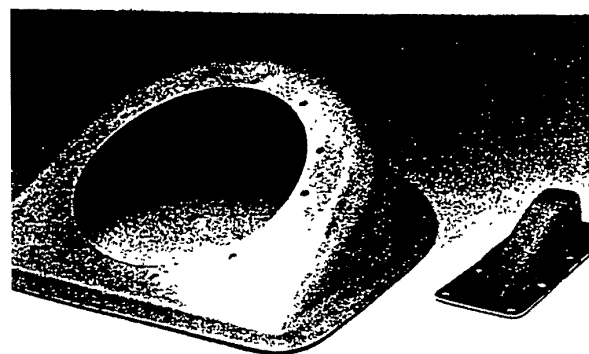
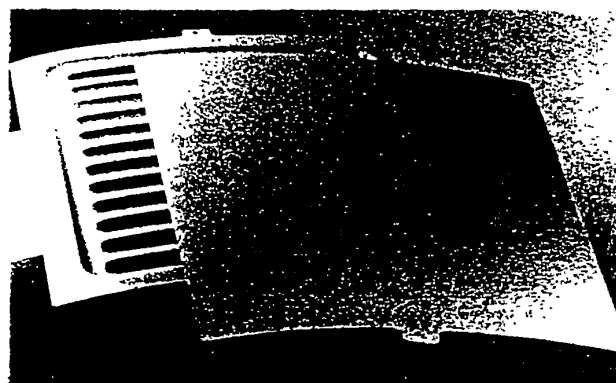
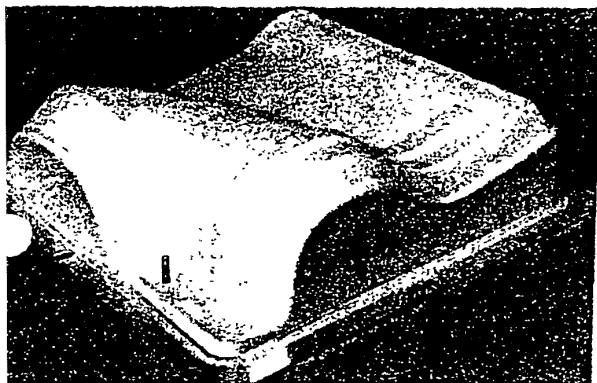
Loire HYDRAULIC PRESSES

Superplastic Forming Presses SPF/DB

<u>YEAR</u>	<u>CUSTOMER</u>	<u>TYPE</u>	<u>PLATEN SIZE</u> LENGTH X WIDTH (mm)
1989	Dassault - France	Loire FSP 1200 SPF/DB	3 600 x 1 400
1989	ACB-CEPEM - France	Loire FSP 500 SPF/DB	1 220 x 1 220
1990	ACB-CEPEM - France	Loire FSP 60 SPF/DB	Diam 450
1991	Hispano Suiza - France	Loire FSP 1600 SPF/DB	2 440 x 1 830
1991	Snecma - France	Loire FSP 60 Loire SPF/DB	Diam 450
1992	Aerospatiale Toulouse - France	Press retrofit SPF/DB 130 T	1 100 x 1 100
1993	Aerospatiale Toulouse - France	Loire FSP 2800 SPF/DB	5 300 x 2 300
1994	Aerospatiale Nantes - France	Loire FSP 1400 SPF Alu	1 800 x 2 400
1997	Sonaca - Belgium	Loire FSP 500 SPF/DB	1 520 x 1 520
1997	Aerospatiale - France	Press retrofit SPF/DB 130	
1997	CASA - Spain	Loire FSP 750 SPF/DB	760 X 3050
1999	ITP - Spain	Loire FSP 500 SPF/DB	1500 x 1500
1999	Shenyang - China	Loire FSP 750 SPF/DB	1525 x 2290
1999	British Aerospace - GB	Loire FSP 3000 SPF/DB	2285 X 3050
2000	CSIST - Taiwan	Loire FSP 200 SPF/DBP	762 X 762

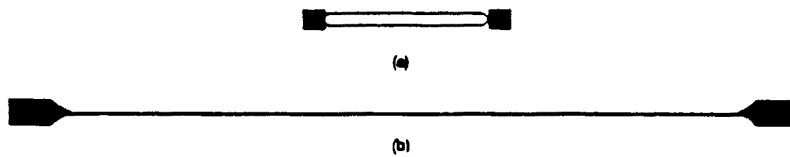
ALSTOM

Quelques applications du formage superplastique
ALUMINIUM



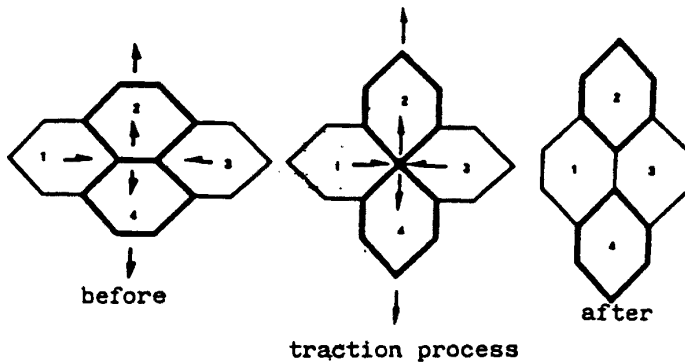
THE SUPERPLASTICITY FEATURE

Whereas, under certain conditions, the conventional alloys cannot admit plastic deformation beyond 50%, the superplastic alloys have the noteworthy feature of admitting elongations greater than 1000%. These high elongation values are dependent upon certain conditions in terms of temperature, stress and deformation rates. The essential superplastic alloys are titanium grade TA6V, aluminium grade 7575, steel grade IN 744, and nickels grade IN 718 and IN 100.

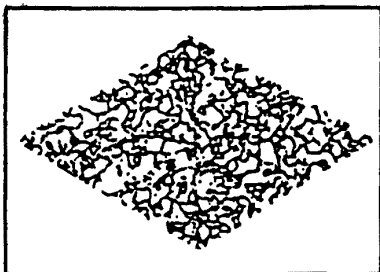


Superplastic deformation of an NI-based test specimen (650%)

This property is further explained by the internal structure of these materials, consisting of fine and equi-axis grains. During the deformation process, these grains sustain successive rotations and translations, with slippage effect and bonding at grain junctions.



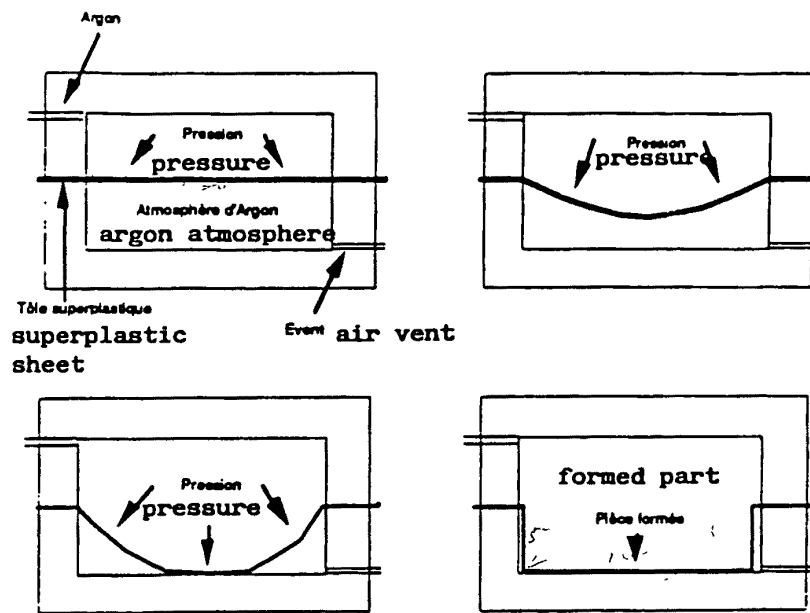
Traction schematics



Microstructure of a superplastic material (grain size 10 μ)

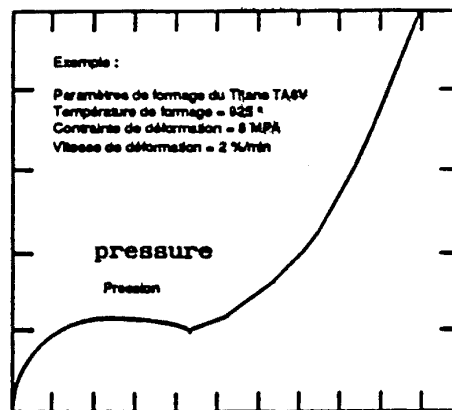
SUPERPLASTIC FORMING

For process industrialization purposes, the superplastic alloy sheets (obtained by hot cross-rolling fabrication process) are placed in a die/die mold, heated, and distorted by gaseous pressure.



Example :

Forming parameters for
Titanium grade TA6V :
forming temperature : 925°C
deformation stress : 8 MPa
deformation rate : 2 %/min



SUPERPLASTIC FORMING

WHICH ADVANTAGES ?

As compared to conventional stamping, this process features :

- * Lesser tooling costs
- * Deeper dishing and complex shapes
- * Suppression of junctions (rivets, bonding, welding)
- * Good accuracy
- * Strict production follow-up and noticeable repeatability

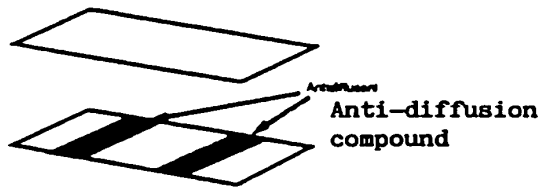
The SPF process allows the development of prototypes (CAR INDUSTRY, RAILWAYS, AIRSPACE APPLICATIONS, MECHANICAL INDUSTRIES) within short notice, owing to the utilization of ceramics moulded onto the typical model.

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

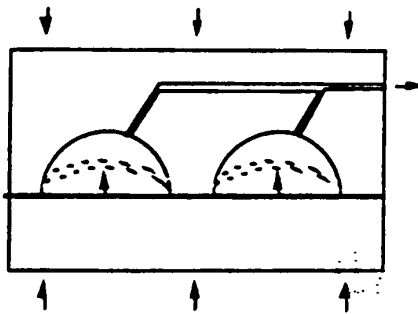
SPF/DB

Preparation

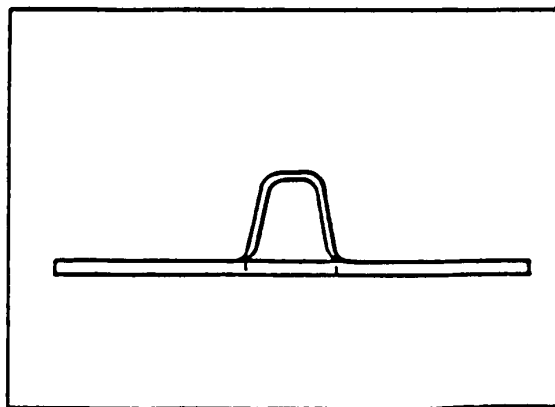
A PREPARATION



B BONDAGE + FORMAGE Bonding + Forming



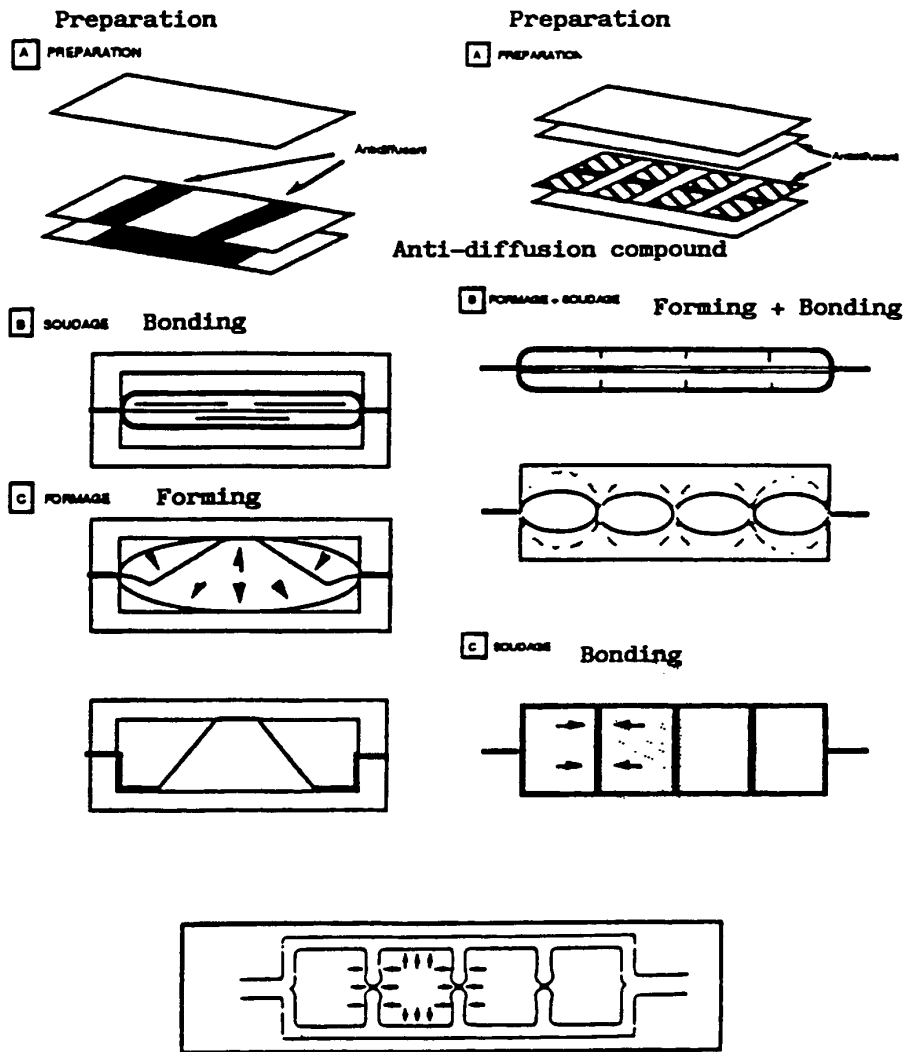
Structure 2 tôles Dual sheet structure



Dual sheet structure
Structure 2 tôles

SPF/DB

3-SHEET AND 4-SHEET TECHNIQUE



**SUPERPLATIC FORMING AND
DIFFUSION BONDING**

WHICH ADVANTAGES ?

As compared to the conventional fabrication or assembling techniques, this process features :

- * A lesser number of parts
- * Weight saving
- * Reduced costs
- * Fair accuracy
- * Strict production follow-up and noticeable repeatability

ACB

PRESSURE > SYSTEMS

Superplastic Forming
SPF

ALSTOM

Pressure Systems Department

Superplastic Forming & Diffusion Bonding

Processes

SPF / SPF - DB



ALSTOM

Pressure Systems Department

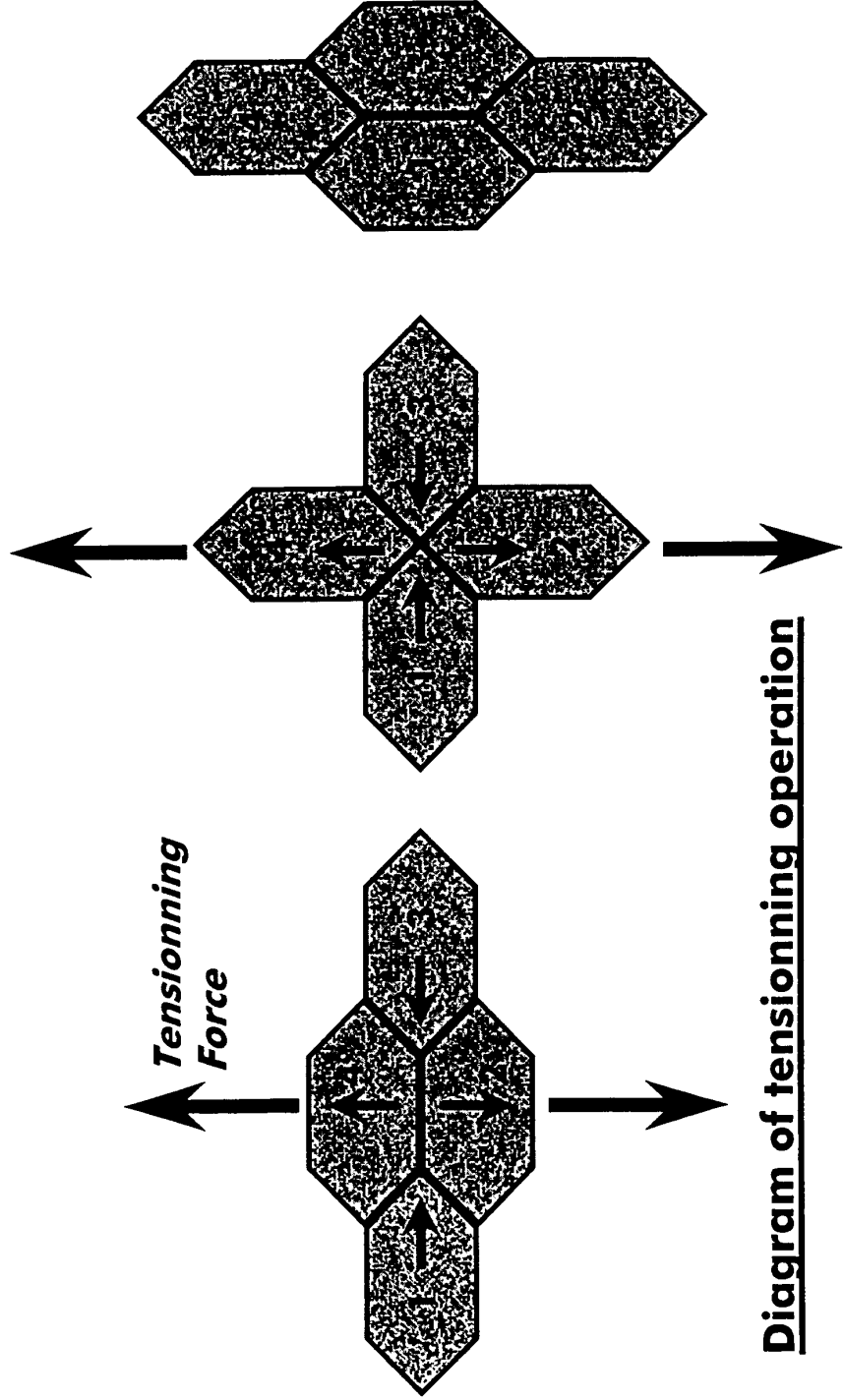
Superplastic Forming
SPF

- **Superplastic forming** is a forming process of superplastic alloys in sheet allowing elongation of several hundred percent. Superplasticity is the result of :
 - a fine (10 to 15 μ m)equiaxed grain structure,
 - a forming temperature around 0.6 x melting point (in °K),
 - a stress (σ) applied to the material kept below a maximum value,
 - a deformation rate ($\dot{\epsilon}$) controled in such a way as it satisfy :

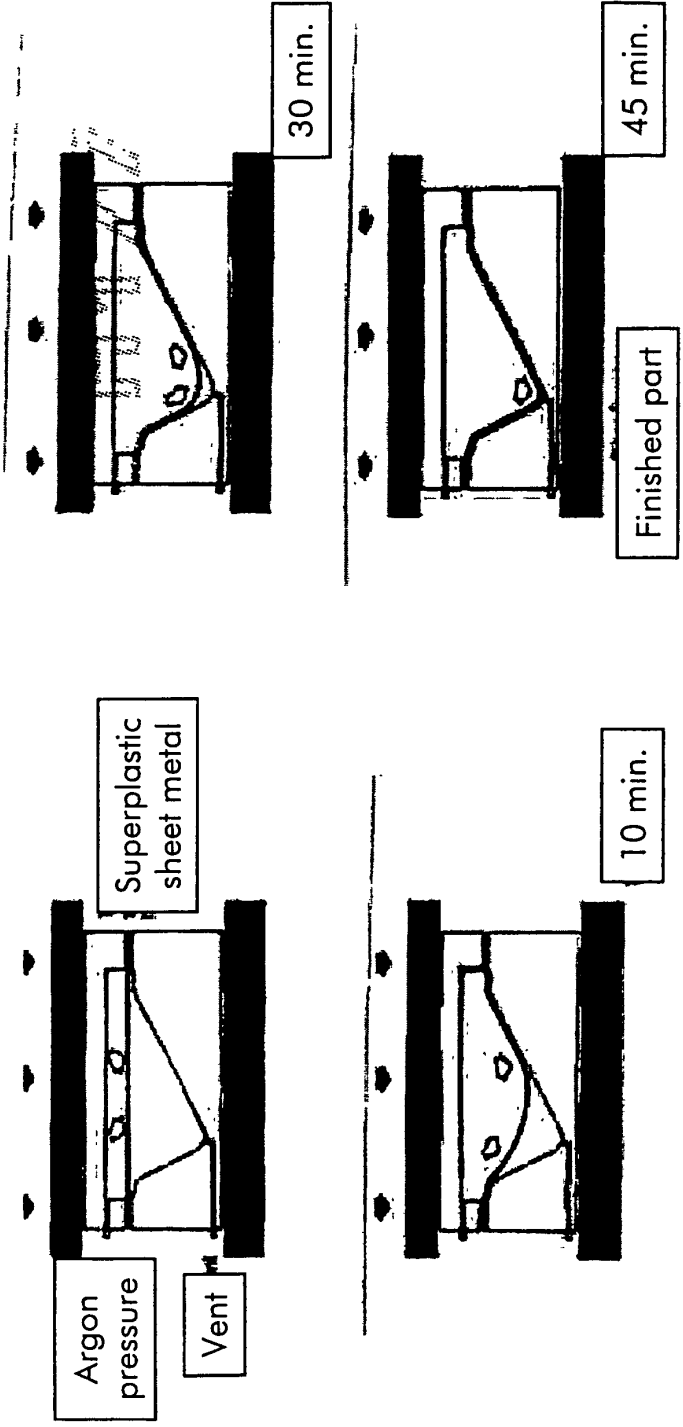
$$\square \sigma = k (d \dot{\epsilon} / d t)^m$$

where m characterizes the superplastic performances of the material and must be in the range 0.5 to 1.

- Typical **industrial superplastic materials** are titanium alloy TA6V, aluminium alloys 5083, 7475 and some nickel alloys.



- In **Superplastic forming**, a sheet of metal is clamped between a die cavity and a plate which are kept at the convenient temperature.. Gas pressure is applied to deform the sheet by forcing it against the walls of the die cavity, under suitable stress and deformation rate.
- The machine used to perform these operations must :
 - **maintain** enough **clamping force** on the tool to ensure full leaktightness,
 - **heat** the entire tool at a **uniform temperature**,
 - **supply gas** through multiple lines to the assembly under controlled conditions in order to produce an **accurate forming pressure** on the sheet metal.For aluminium forming, **counterpressure** must be applied to reduce cavitation.



Sheet metal deformation by SPF

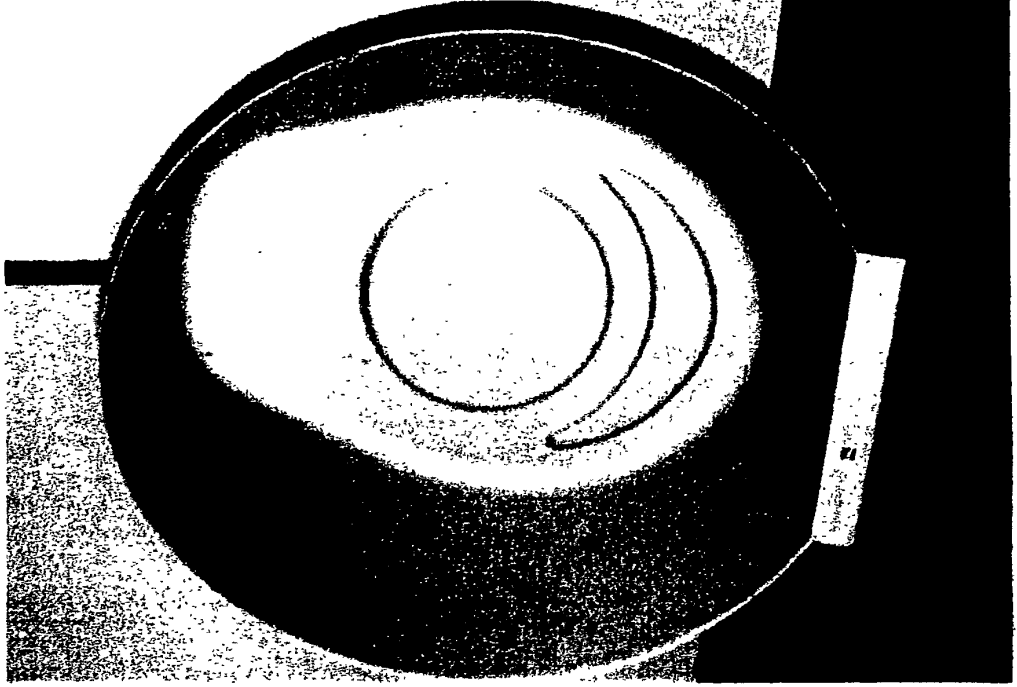
Air intake fairing of AEROSPATIALE TBM 700

example of an titanium TA6V deep formed part. This part is about 0.8 m x 0.4 m x 0.3 m.

- elimination of the welding joints between several conventionnaly formed parts.
- in these corners elongation exceed 150%.



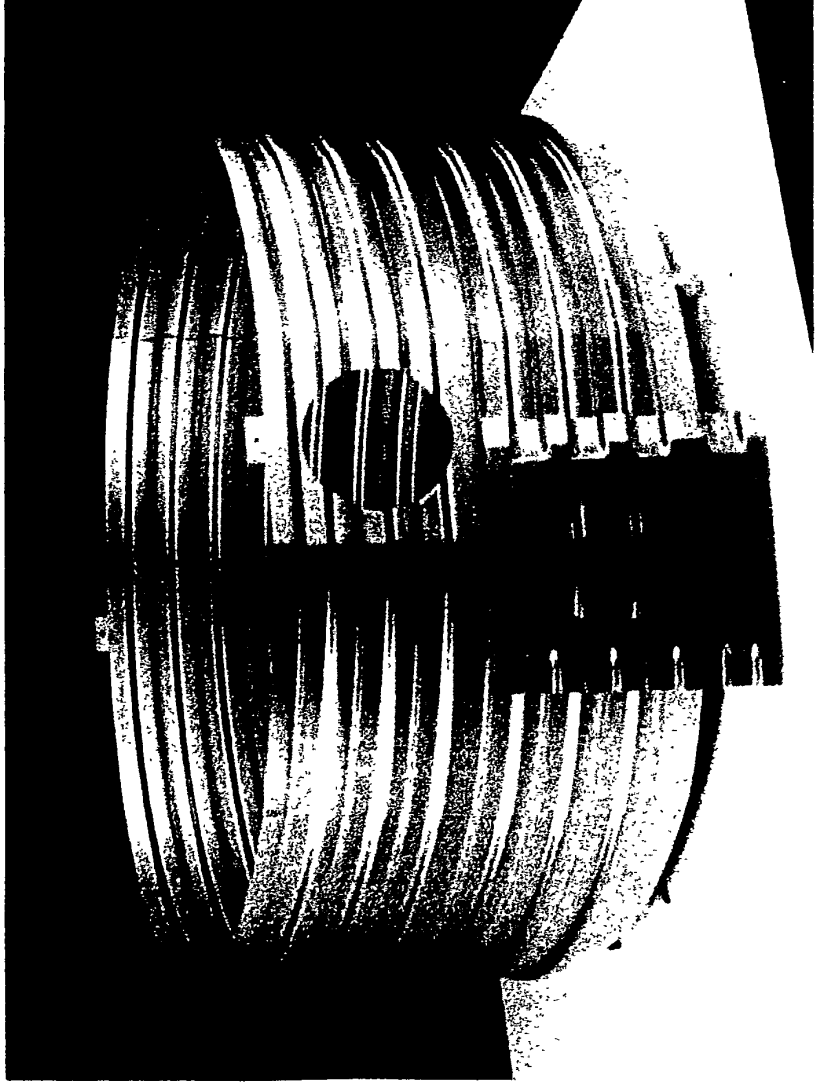
Bottom end of AIRBUS A320



another example of a titanium TA6V SPF part.

Heat shields of CRUSADER

example of thin refractory alloy (0.6 mm) SPF forming.



- taking into account the elongation required in the bottom of the stiffeners and the initial thickness, the difficulty of this part comes from the thickness at the end of the forming process.

- the economical justification comes from the small quantity of parts required and of the possibility of a tool made of ceramic.

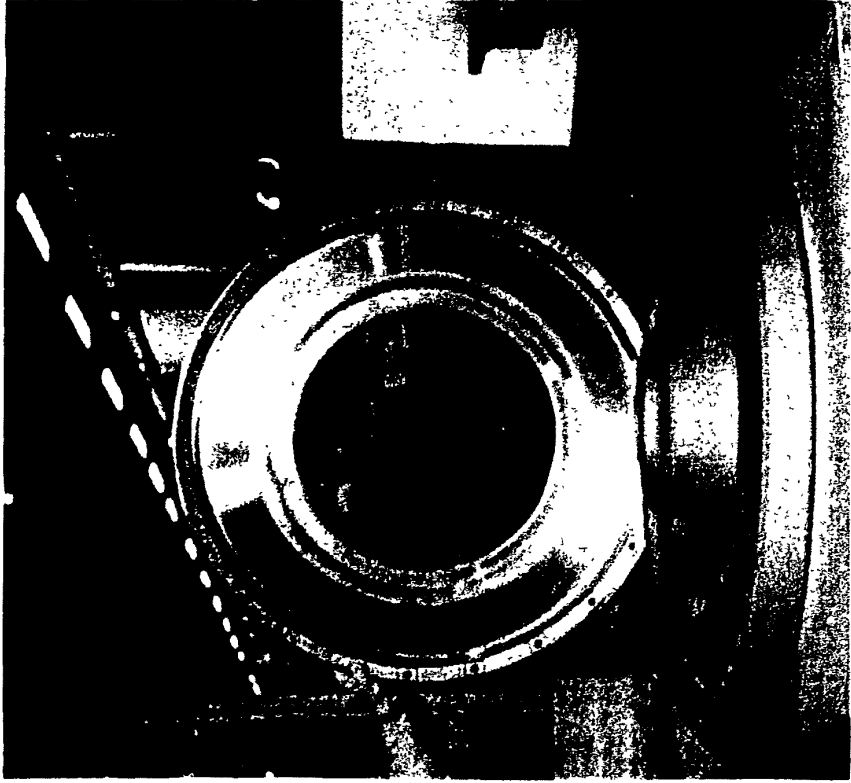
Probe housing AIRBUS A320

example of a SPF forming from a welded tube to get sophisticated shape. This part is made of titanium TA6V.



- the welding area also contribute to the elongation.
- similar parts are made for AIRBUS A330 & A340

Compressor rings for GE90 turbojet



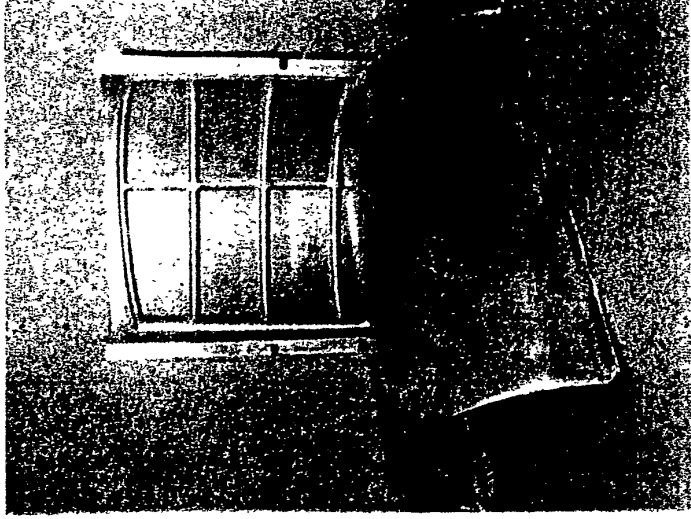
example of thick (12 mm) titanium TA6V sheet forming to produce 2 rings (1 for the stator, 1 for the rotor of a turbojet).

- the saving in material weight compared to a forged ring is about 88%.
- so the saving in machining cost is substantially reduced.

Engine hood of SAAB 2000

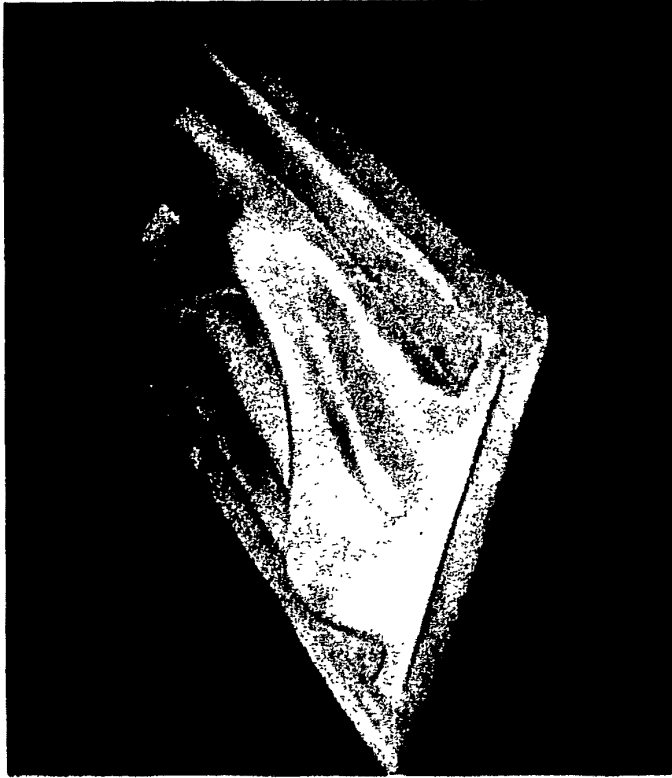
example of simultaneous forming of 2 aluminium alloy sheets. The sheets are welded on their periphery, rolled and then calibrated by SPF.

- external sheet.
- stiffening structure.



ACB

PRESSURE > SYSTEMS



example of INCO 718 sheet forming

ACB

PRESSURE > SYSTEMS

Superplastic Forming & Diffusion Bonding

SPF - DB

↳ **Initial contact**

Limited to surface irregularities

↳ **Step 1**

Plastic deformation, then creep of irregular zones.

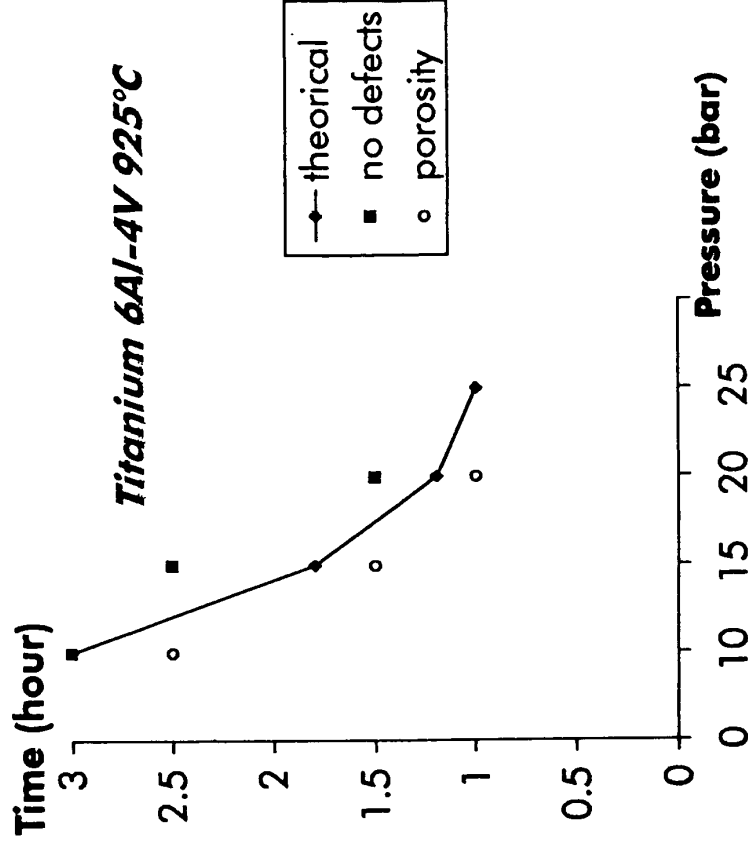
In this stage, surfaces are brought into further contact and phenomena such as oxide film rupture occur.

↳ **Step 2**

Grain growth across the interface, whereby new joints tend toward equilibrium. Remaining pores begin to disappear by diffusion at grain boundaries.

↳ **Step 3**

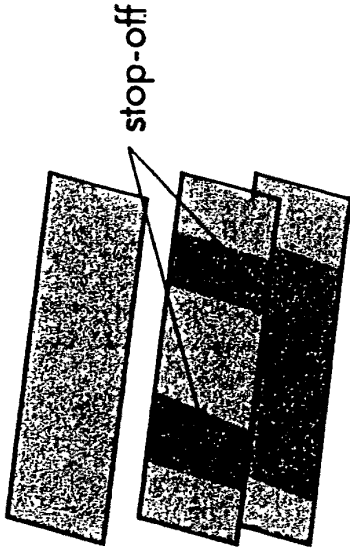
Elimination of last pores by diffusion through the metal volume.



ACB

PRESSURE > SYSTEMS

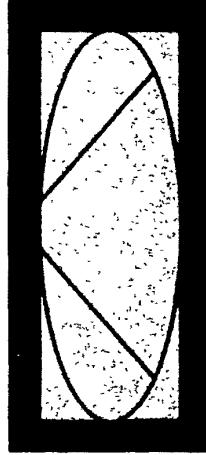
3 sheets



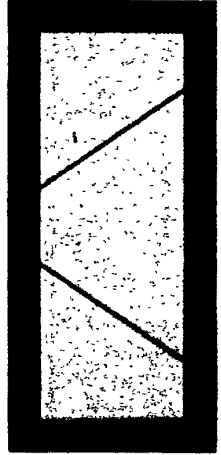
bonding
of 1 & 3
on 2



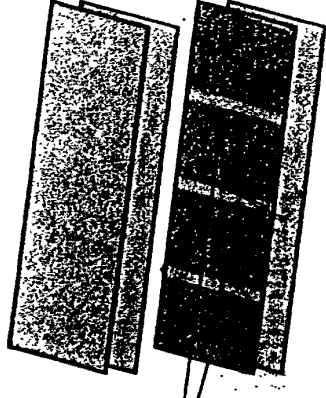
forming



calibration



4 sheets

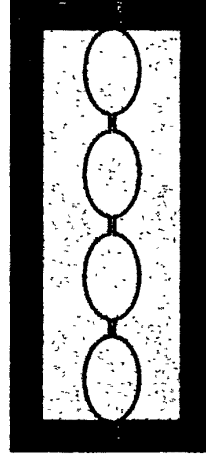


stop-off

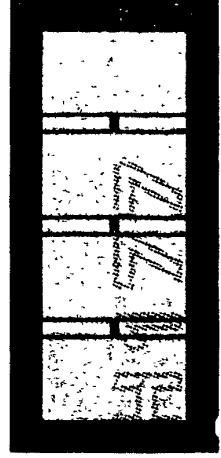
forming of 1
& 4 - bonding
of 2 on 3.



forming of 2
& 3.



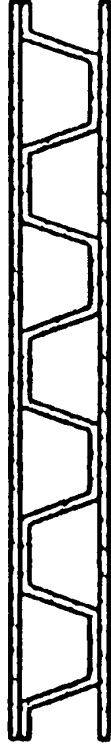
bonding of 2
on 1 & 2.
bonding of 3
on 3 & 4.



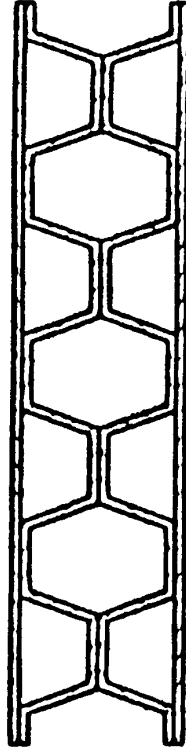


2-sheets structure

**Some other possibilities
of SPF-DB processes**



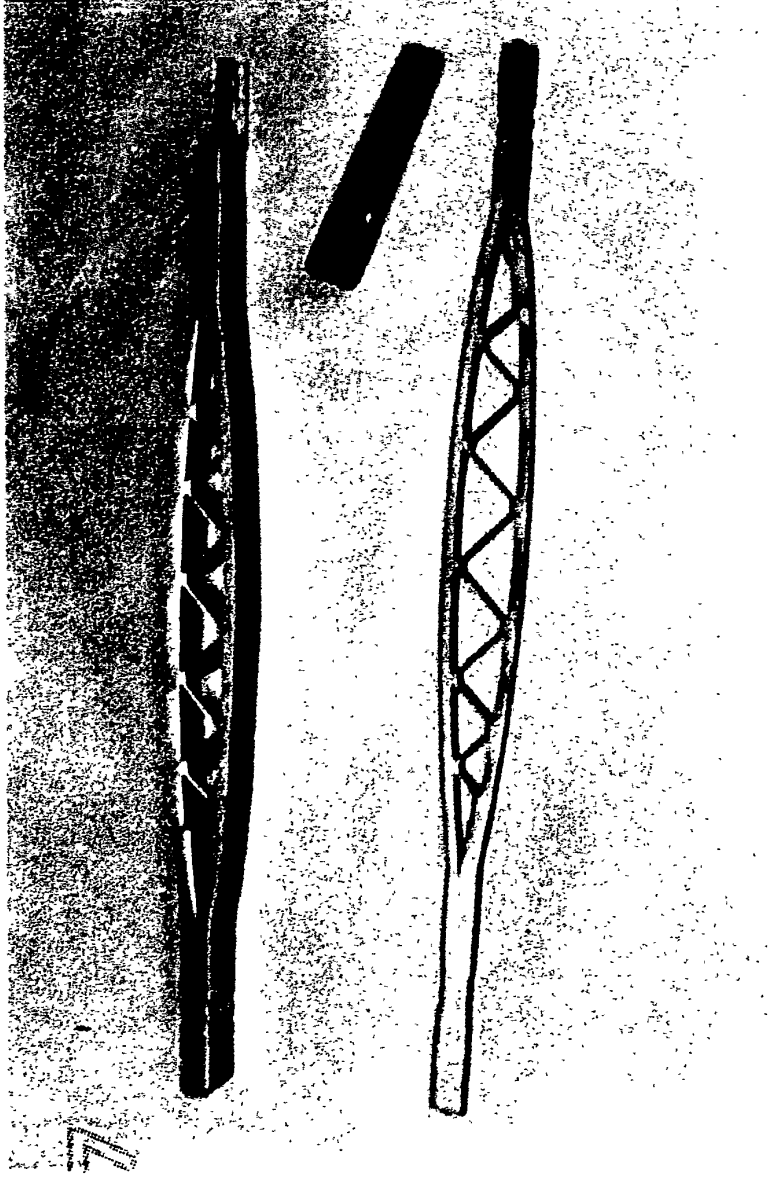
3-sheets structure



4-sheets structure

Cross section of a marine propeller blade

- 3 sheets technology, with calibration of the edges.
- diffusion bonding of 2 symmetric external reinforcements to allow machining of the connection on the axis of the propeller



Note : ALSTOM Pressure Systems has also developed a 3-sheets part for the exhaust flaps of EUROFIGHTER turbojets

Cross section of the leading edges of DASSAULT Mirage 2000 & Rafale

example of a 4 sheets technology, with calibration of the rear edge. This part can be up to 1.8 metres long.



- the sheets are chemically milled to distribute the thickness where required.
- the set of sheets is loaded in the tools at 750°C, then heated with the tool up to 920°C. The cycle time is about 10 hours.

Interest & advantages of SPF and SPF/DB

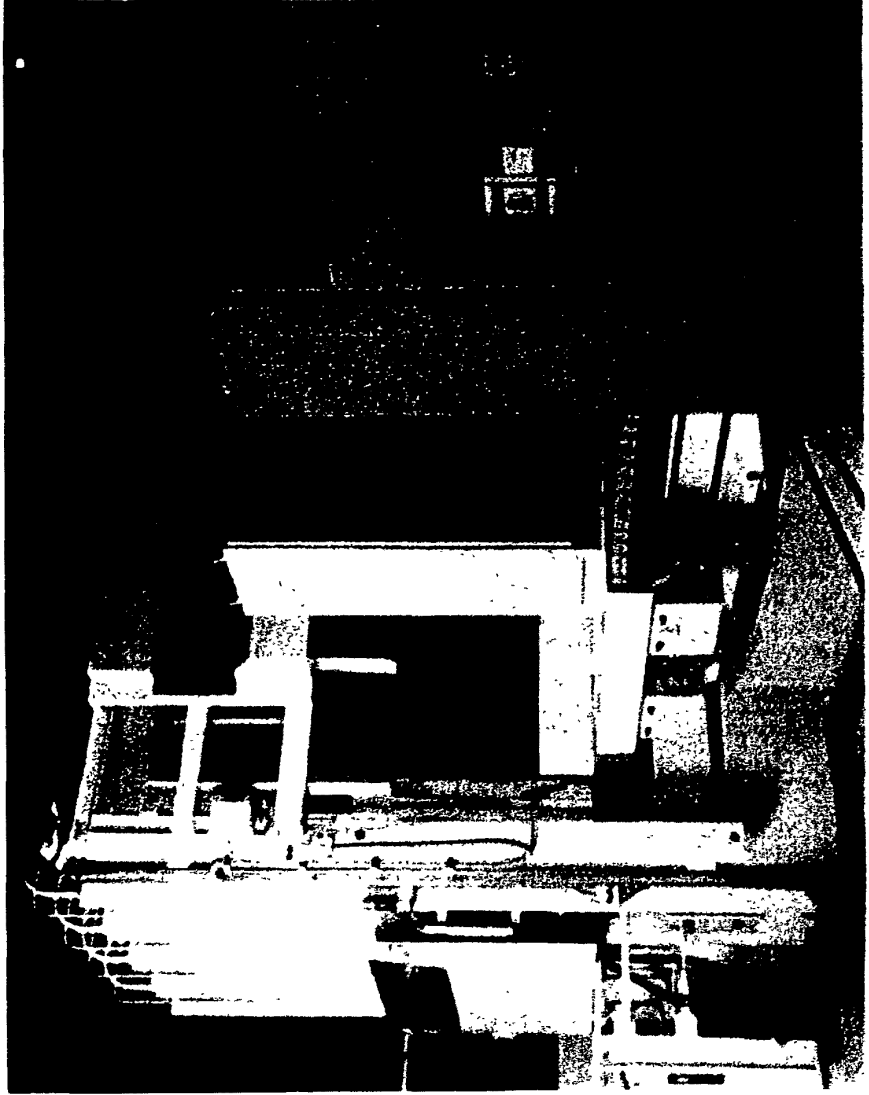
- Weight savings by 3 to 15 %, and cost savings between 20 to 30 %,
- SPF technology is economically optimum for 50 to 10000 parts/year,
- Better results when SPF is introduced at design stage, thus reducing the number of parts and number of assemblies,
- Typical parts are heavily stiffened or includes deep drawn,
- Very large flexibility of shapes with accurate details incorporating reduced bending radius (~1.5 times sheet thickness),
- Some alloys, such as 7000 series, have low workability conditions in cold conditions, whereas 7475 is superplastic and can be elongated by several hundred percent.

ACB

PRESSURE > SYSTEMS

The Loire FSP Presses

Loire FSP Presses - Main topics



- a furnace well- insulated :
 - reduced number of heating zones
 - fast response in temperature
 - reduced electric consumption
- a fully automatic control system :
 - accuracy of controls
 - good repeatability of parts
- low operating cost thanks to thick and pressure resistant ceramic platens.

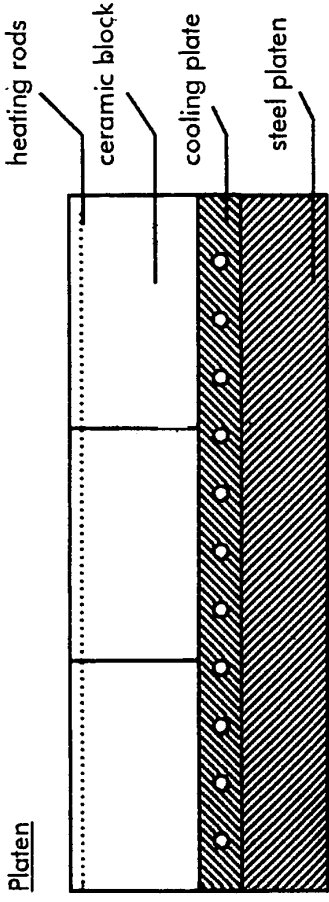
The ceramic platens

ALSTOM is the pioneer of ceramic platens in SPF applications. This choice was justified by the low investment cost and the easy maintenance of this technology.

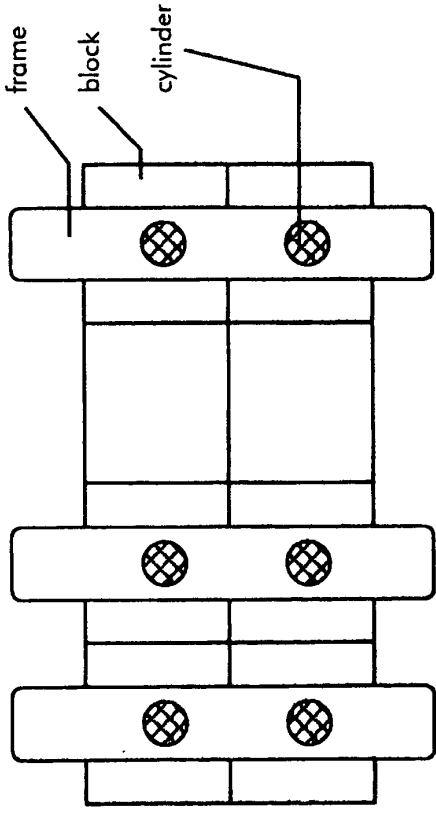
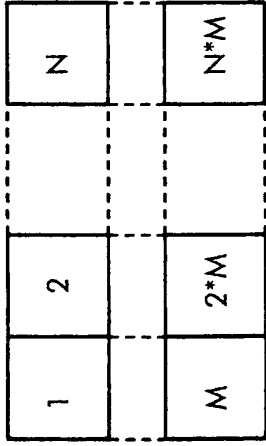


- Heating platens are made of ceramic material (vitreous silica) non-sensitive to thermal shocks.
- Rigidity is given by a thick bolster.
- The low thermal conductivity allows a significant reduction (~50%) of the electric power requirement.

- Loire FSP presses are modular structures based on ceramic blocks

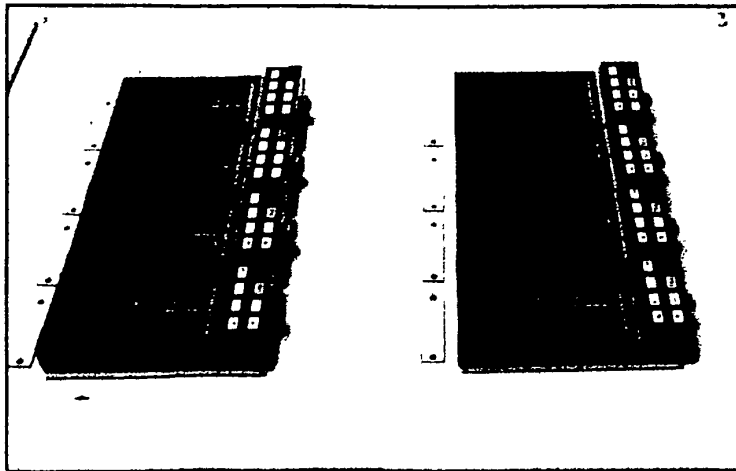


Platen

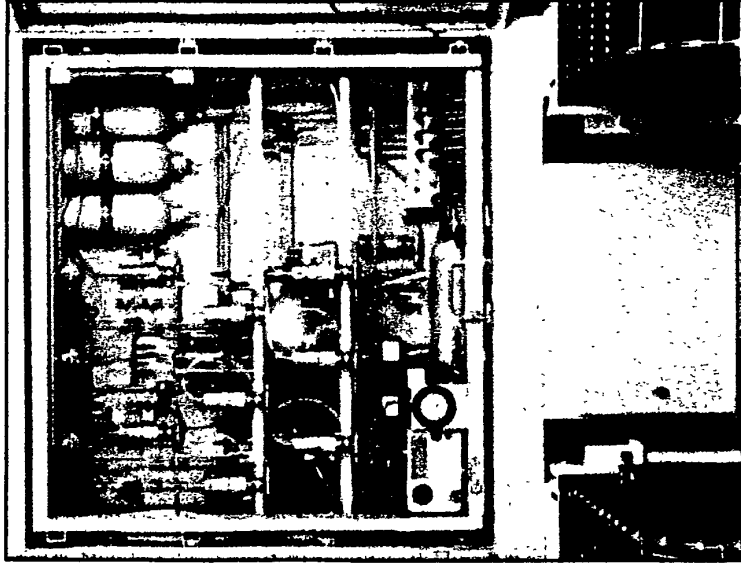


- For each line of blocks, a closed o frame equipped with 2 cylinders apply the closing force
- The lower platen is movable outside thanks to a shuttle. Loading and unloading of the parts and the tools thus become easier.

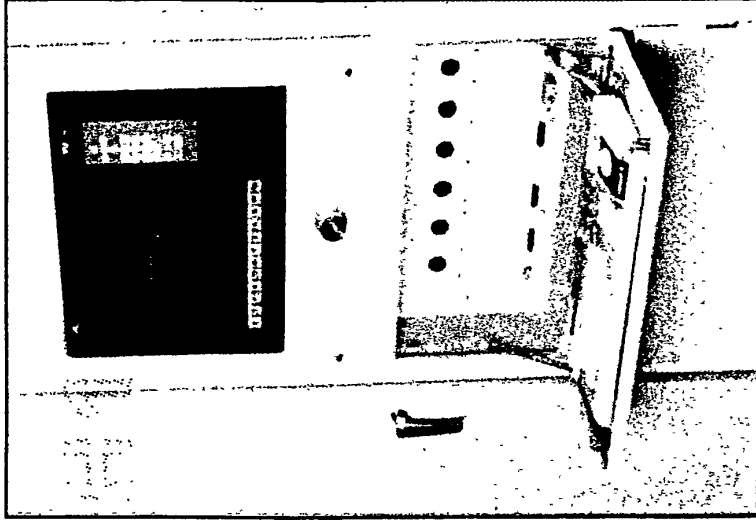
Loire FSP presses control system



Heat control through individual controllers.

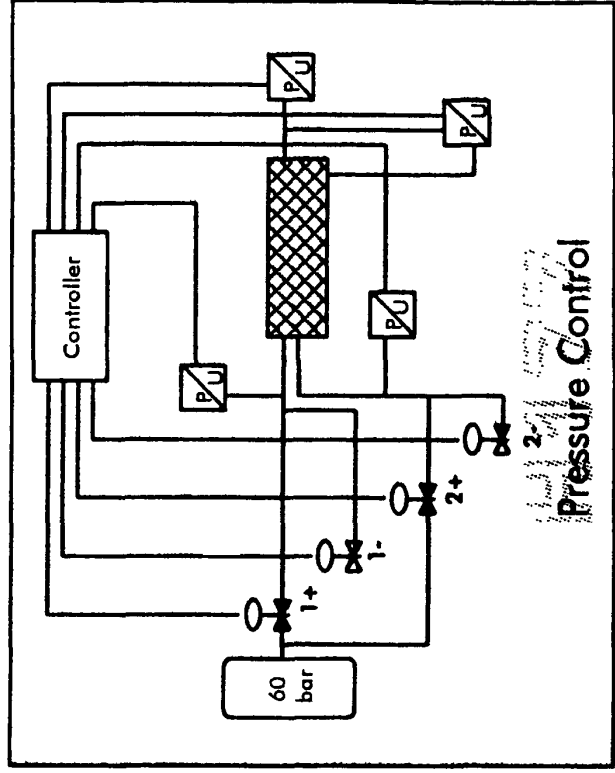
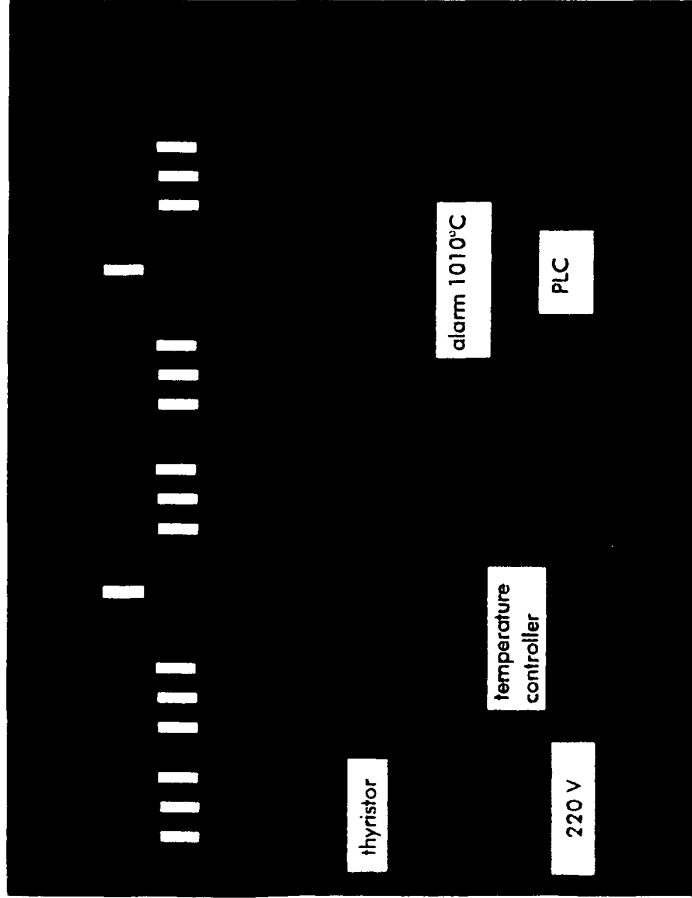


Gas management system

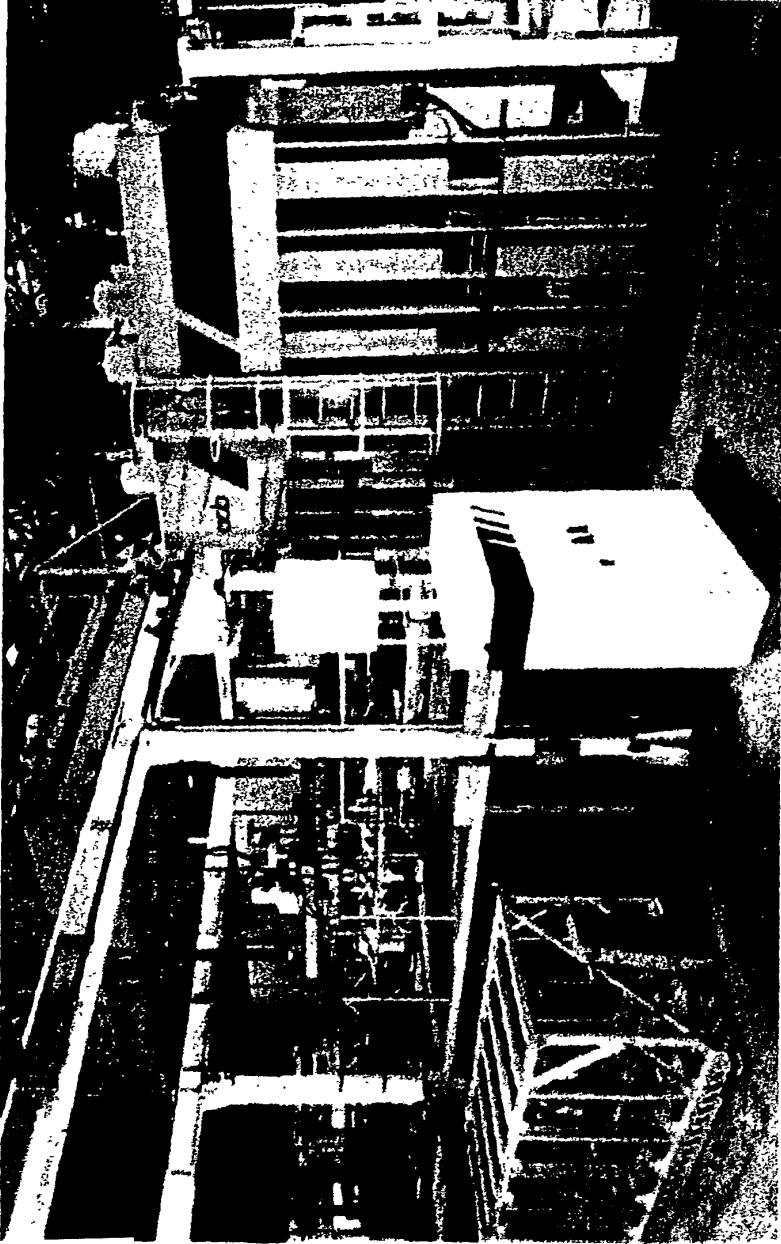


Operator interface

Loire FSP presses control system



Loire FSP presses



- Environment of the presse must be carefully studied to facilitate handling of the tools
- Special care must be done to avoid non symmetric cooling of the parts during their unloading

ACB

PRESSURE > SYSTEMS

<u>DATE</u>	<u>CUSTOMER</u>	<u>TYPE</u>	<u>PLATEN SIZE</u>
1983	FAMAT	LOIRE FCC 75 Hot Forming	1000 x 700
1983	FAMAT	LOIRE FCC 75 Hot Forming	1000 x 700
1986	SNECMA	LOIRE FCC 270 Hot Forming	1500 x 1200
1989	ALSTOM CEPEM	LOIRE FSP 500 SPF/DB	1220 x 1220
1989	DASSAULT	LOIRE FSP 1200 SPF/DB	3600 x 1400
1990	ALSTOM CEPEM	LOIRE FSP 60 SPF/DB	Diameter 450
1991	HISPANO SUIZA	LOIRE FSP 1600 SPF/DB	2440 x 1830
1991	SNECMA	LOIRE FSP 60 SPF/DB	Diameter 450
1992	AEROSPATIALE	Retrofit SPF/DB 130 T	1100 x 1100
1993	AEROSPATIALE	LOIRE FSP 2800 SPF/DB	5300 x 2300
1994	AEROSPATIALE	LOIRE FSP 1400 SPF alu	1800 x 2400
1997	SONACA	LOIRE FSP 500 SPF/DB	1520 x 1520
1997	CASA	LOIRE FSP 750 SPF/DB	3050 x 760
1998	SHENYANG	LOIRE FSP 500 SPF/DB	1520 x 1520
1999	ITP	LOIRE FSP 500 SPF/DB	1520 x 1520

ACB

PRESSURE > SYSTEMS

The CEPEM Development Center

CEPEM

Objectives

- Development center
- Show-room of technologies
- Production Center of parts.

Production Means

Superplastic 1 Press FSP 500
Stretch Forming 1 Swing arm
 1 Rotary
Elastoforming -
Hydrostretch 1 Press 120 T

<u>DATE</u>	<u>CUSTOMER</u>	<u>PART</u>	<u>PROGRAM</u>	<u>MATERIAL</u>
1989	DASSAULT	DB Titanium aluminides	Super Alpha 2	TA6V
1989	SNECMA	Multiplier cooling case	M53	TA6V
1989	SNECMA	Bearing cooling case	M53	Al 5083
1990	HUREL DUBOIS	Flow deflector	Gazelle retrofit	Al 7475
1991	LABINAL	Electronic racks	NH 90	Inco 718
1991	FAMAT	Bonding arm	CFM 56	TA6V
1991	MTU	Exhaust pipe	EFA	SS
1992	ONERA	DB injectors	Ariane	TA6V
1992	EUROCOPTER	Rotor support	NH 90	TA6V
1992	ECRANS THER.	Heat shields	Crusader	TA6V
1995	DASSAULT	Air conditioning	Rafale	TA6V
1995	DASSAULT	Glass casing	Rafale	Al 7475
1995	DASSAULT	Screen bucket	Rafale	Al 7475
1995	DASSAULT	Door	Rafale	Al 5083
1995	DASSAULT	Hood	Rafale	Al 7475
1995	DASSAULT	Upper pipe	Rafale	TA6V
1995	DASSAULT	Gutter	Rafale	Al 7475
1995	DASSAULT	Holders	Rafale	Al 5083
1996	DASSAULT	Test plug holder	Rafale	Al 7475
1996	DASSAULT	Upper crest	Rafale	Al 7475
1996	DASSAULT	Front carenage	Rafale	Al 7475
1996	DASSAULT	Left/Right flanges	Rafale	TA6V

<u>DATE</u>	<u>CUSTOMER</u>	<u>PART</u>	<u>PROGRAM</u>	<u>MATERIAL</u>
1990	HISPANO SUIZA	Nacelle cowl	GMA 2100	AI 5083
1991	AEROSPATIALE	Extrusions	A320	AI 7475
1991	HUREL DUBOIS	Cowls	A340	AI 7475
1991	AEROSPATIALE	Bend	A340	TA6V
1991	HUREL DUBOIS	Deep drawn	A340	AI 7475
1992	HISPANO SUIZA	Nacelle cowl	GMA 2100	TA6V
1991	HUREL DUBOIS	Ashtray support	A340	AI 7475
1991	HUREL DUBOIS	Suitcase support	A340	AI 7475
1991	SOCATA	Air intake	TBM 700	TA6V
1992	AEROSPATIALE	Probe support	A330	TA6V
1992	AEROSPATIALE	Probe support	A340	TA6V
1992	SNECMA	Wide chord fan blades	CFM 56	TA6V
1993	DORNIER	Preformed sheet	A320	AI 7475
1993	AEROSPATIALE	Corocolle	A340	TA6V
1994	AEROSPATIALE	Case	A300	AI 5083
1995	SNECMA	Seal bearing	GE 90	TA6V
1995	IPTN	Nacelle assemblies	N250	TA6V
1995	AEROSPATIALE	Front part of wing	A340	TA6V
1996	AEROSPATIALE	Skirt	A340	TA6V
1996	AEROSPATIALE	Samples		UR45N
1996	SEP	Spheres		TA6V
1997	ITP	Flaps	Satellites EJ 200	TA6V

附件二

Forming Presses for the Aerospace Industry



**Forming Presses for the
Aerospace Industry**

ACB

PRESSURE > SYSTEMS

Profile

ACB Pressure Systems is one of the world's leading suppliers of forming presses for the aerospace industry.

The company offers and provides its clients a comprehensive range of products and services covering the design, manufacture, installation and modernisation of presses and associated tools.

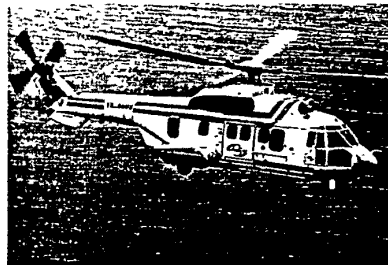
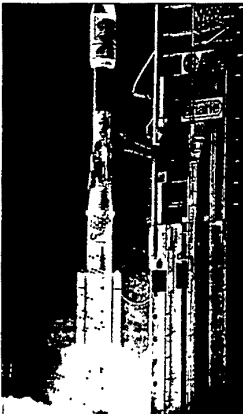
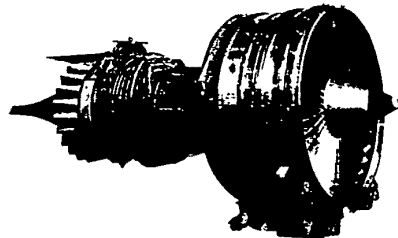
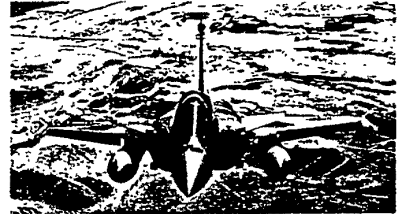
ACB Pressure Systems manufactures SPF parts, 2D and 3D stretch formed parts and elastoformed parts on its own presses.

Thanks to their R&D centre, ACB Pressure Systems can develop various technologies on the forming of materials.

Their know-how and skills are applied to the following processes :

- stretch forming,
- elastoforming,
- superplastic forming.

The company is present worldwide through its international network. ACB Pressure Systems is open to clients needs and offers a high quality of products and services.



References

EADS
AEROSPATIALE MATRA
AGUSTA
ANTONOV
BOEING
BRITISH AEROSPACE
CHENGDU AIRCRAFT
CASA
CSIST
DAIMLER BENZ AEROSPACE
DASSAULT
DENEL
DMRL
DORNIER
SF EMMEN
ENAER
FAMAT
ESKULANAK
FOKKER
HELLENIC AEROSPACE
HISPANO SUIZA
HUREL DUBOIS
INDRAERO - SIREN
ILYUSHIN
ITP
KOREA CORPORATION
LATECOERE
LET
LEARJET
LOCKHEED ARGENTINA
OULIANOVSK
SEASE
SECAN
SIREN INDRAERO
SNECMA
SOCATA
SONACA
SOKO
SUKHOI
TUPOLEV
S. MALAISIAN E.A.
SHENYANG AIRCRAFT

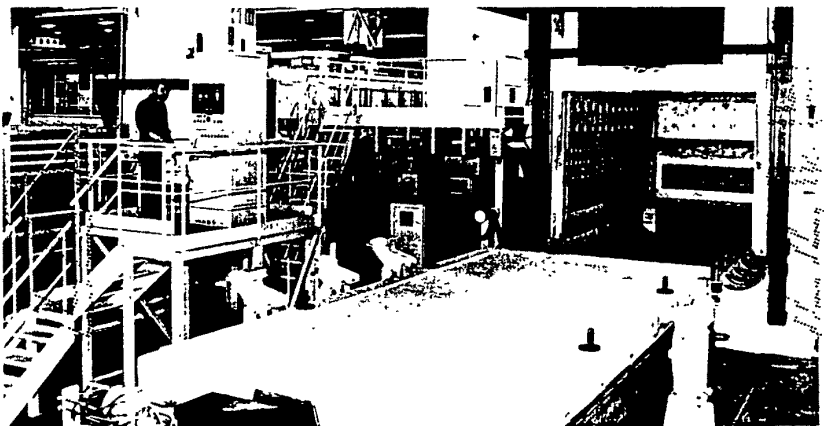
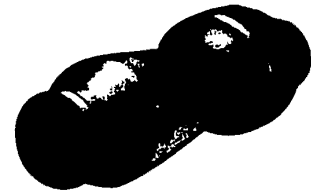
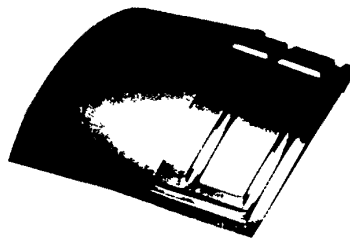
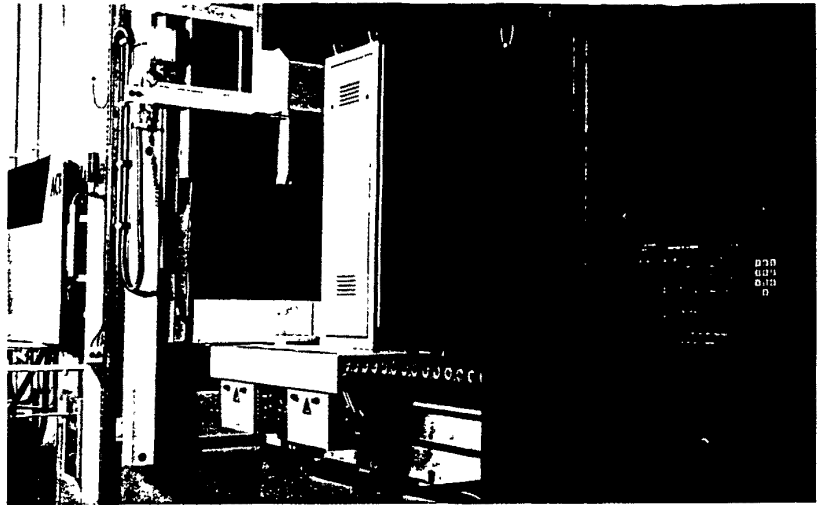
Superplastic forming SPF et SPF/DB

This process consists of hot forming titanium or aluminium superplastic alloys by using an inert gas pressure, taking into account their strong elongation capabilities.

This process can be associated with diffusion bonding (SPF/DB) for the obtention of complex parts.

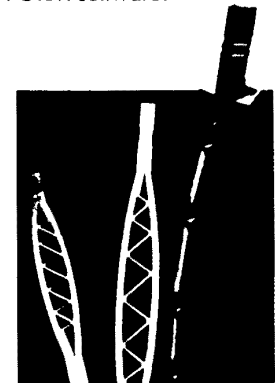
The presses allow :

- heating up to 1000°C of the highly resistant and indeformable ceramic platens,
- gas regulation with high accuracy valves with absolute pressure up to 40 bar and differential up to 5 bar,
- loading and unloading of parts and tools by a shuttle,
- automatic forming cycles by a specifically adapted numerical system.



Options :

- tool gripping systems,
- large side and lateral openings
- heating screens for tools,
- SUPFORM software.



Characteristics of the Loire FSP presses

	FSP 250	FSP 500	FSP 800	FSP 1200	FSP 1600	FSP 2800
Force (kN)	2500	5000	8000	12000	16000	28000
Max opening (mm)	700	900	900	900	900	2000
Platen dimensions (mm)	760x1520	1520x1520	1830x1220	1520x2280	1830x2440	2280x5300

Stretch forming

The stretch forming process consists of wrapping or draping a sheet or a profile around a shape. Two gripper jaws hold the part by its extremities and lead the material to its plastic phase for the forming operation.



This process is characterised by :

- low cost tools,
- first-rate repetitivity,
- reduction of intermediate heat treatments,
- no spring-back effect after machining or assembling.

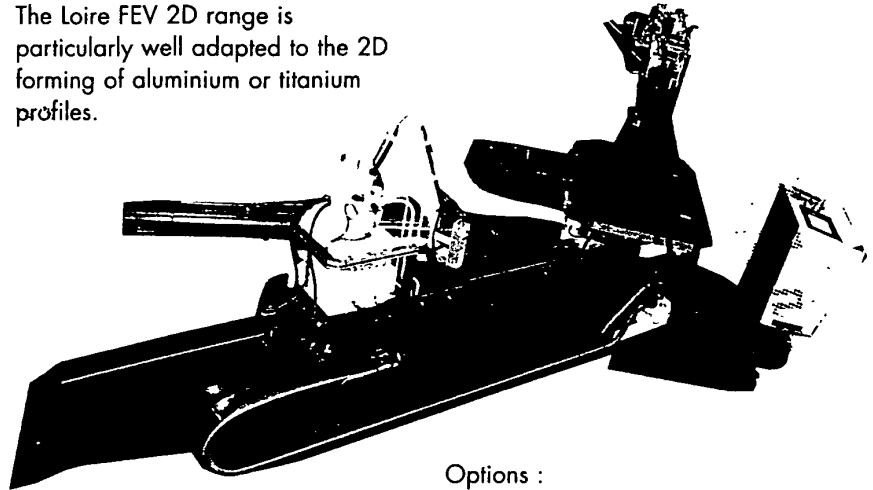
Presses are delivered with numerical control and can have up to 14 control axes.

They allow :

- quick changing of tools,
- automatic handling of parts,
- possibility of installing one or more removable tool-holders.

Profile stretch forming presses Loire FEV-2D

The Loire FEV 2D range is particularly well adapted to the 2D forming of aluminium or titanium profiles.



Options :

- adjustable forming speed,
- crossslide,
- auxiliary jaws for fast loading,
- PS2F simulation software.

Main characteristics of Loire FEV-2D presses

	FEV-10	FEV-20	FEV-30	FEV-60	FEV-80
Force (kN)	100	200	300	600	800
Max. distance between jaws (mm)	4000	4000	4000	4000	4000
	to 7620	to 7620	to 7620	to 7620	to 7620
Min. distance between jaws (mm)	160	160	160	610	860
Table dimensions (mm)	1830 x 1270	1830 x 1270	2130 x 1270	2130 x 1270	2130 x 1270

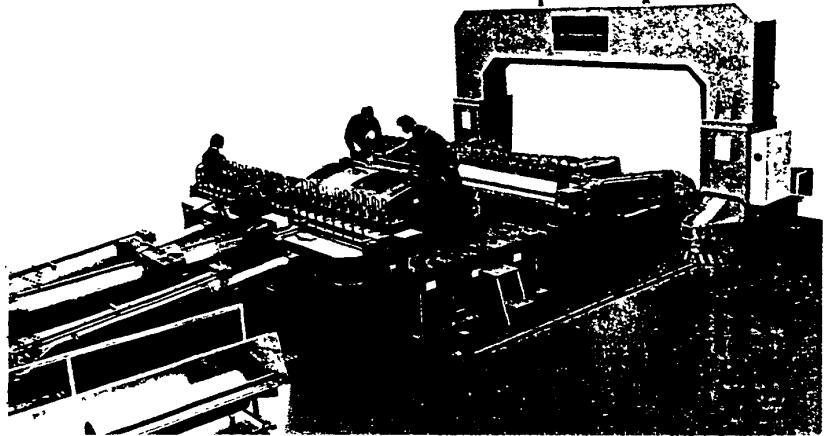
Profile stretch forming presses Loire FEV-3D

The special Loire FEV-3D presses are a new step in the stretching of complex 3D profiles. These machines have specific applications.



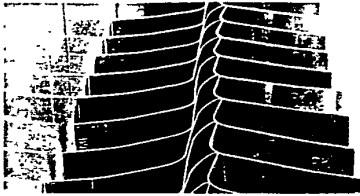
**Transversal sheet stretch forming presses
Loire FET**

One of a kind, the Loire FET presses are very versatile and well adapted to the forming of large and complex shapes (leading edges, karman, covers). The 8 vertical and horizontal cylinders, independent of each other, installed at the jaw extremities, allow all the movements necessary for the forming process.



Options :

- counterforming gantry,
- S3F-T simulation software.

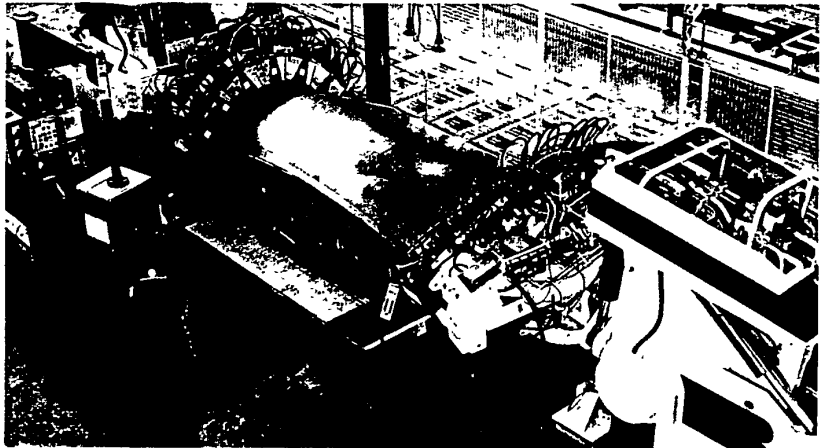


Main characteristics of Loire FET presses with rigid jaws

	FET 400		FET 600		FET 1200		FET 1500	
	Stand	Large	Stand	Large	Stand	Large	Stand	Large
Jaw length (mm)	3000	4000	3000	4000	4000	5000	5000	6000
Max. distance between jaws (mm)	3200		4200		5200		6200	
Min	50		50		50		50	
Verticale stroke (mm)	1100		1100		1400		1400	
Force per jaw (kN)	2000		3000		6000		7500	

**Longitudinal sheet stretch forming presses
Loire FEL**

The Loire FEL presses with their curvable jaws are specifically designed for forming long parts such as fuselage or wing panel elements.



Options :

- counterforming gantry,
- S3F-L de simulation software.



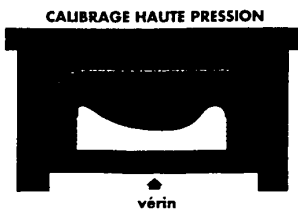
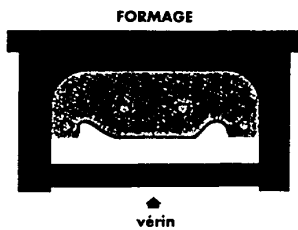
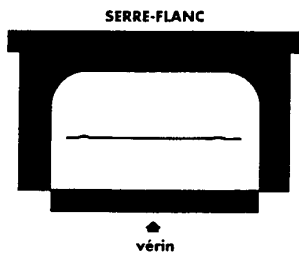
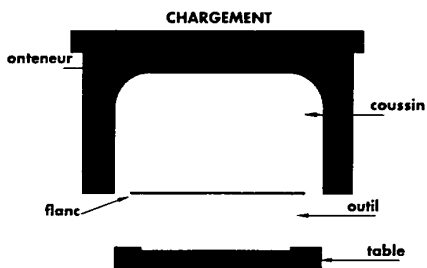
Main characteristics of Loire FEL presses with curvable jaws

	FEL 2x100		FEL 2x160		FEL 2x350		FEL 2x500	
	Stand	Long	Stand	Long	Stand	Long	Stand	Long
Max. distance between jaws (mm)	7000	10000	8000	11000	9000	12000	10000	12000
Min	1000		1500		1500		1500	
Jaw length (mm)	2000		2000		2500		2500	
Min bending radius (mm)	640		640		730		730	
Force per jaw (kN)	1000		1600		3500		5000	

Elastoformage

Principe

Cette méthode d'emboutissage sur coussin s'adapte tout particulièrement aux petites et moyennes séries. Le formage s'effectue par la montée en pression d'un coussin élastomère sur un demi-outil simple mâle ou femelle.



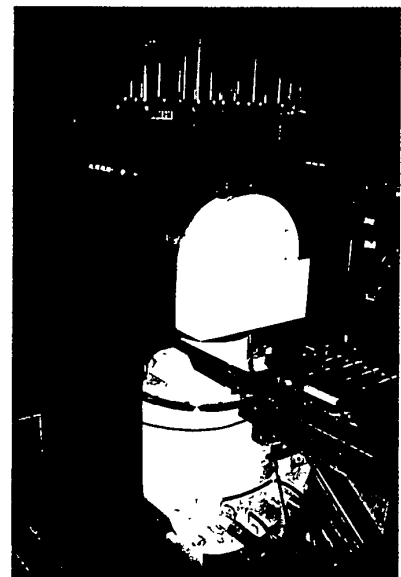
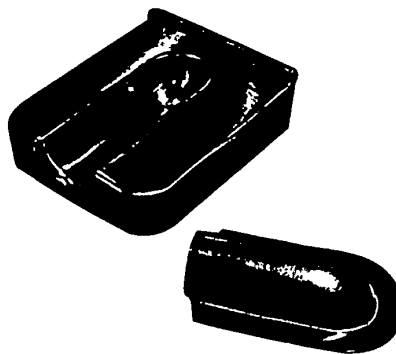
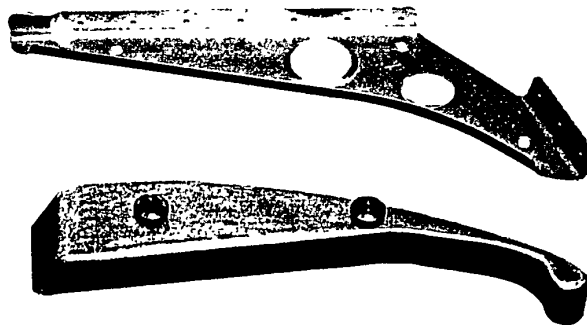
Avantages

- formage de haute précision et excellente répétabilité des pièces,
- outils simples,
- coûts de production faibles,
- coûts d'outillage réduits.

Applications

L'élastoformage trouve ses applications principales dans les secteurs aéronautique, automobile, mais est utilisé également dans le ferroviaire et les systèmes de maintenance, pour :

- toutes formes de pièces de taille petite ou moyenne,
- les productions allant des prototypes aux petites et moyennes séries,
- tous types de matériaux.

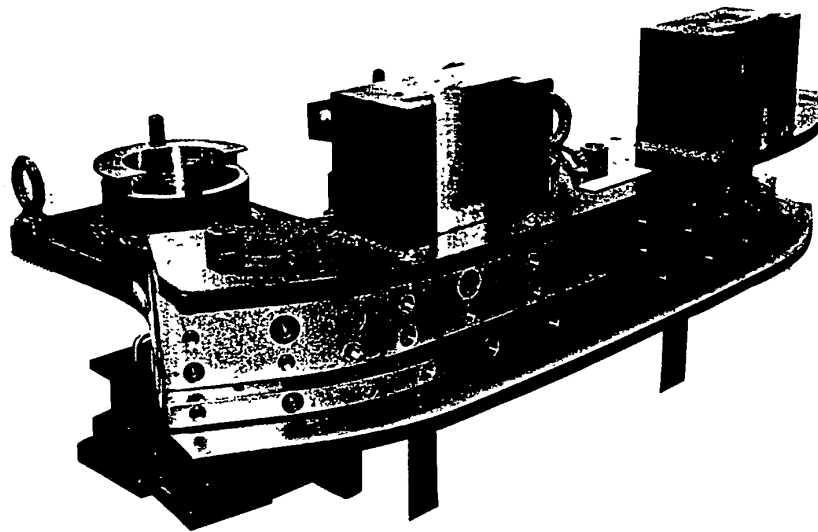


Skills and facilities at your service

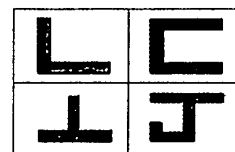
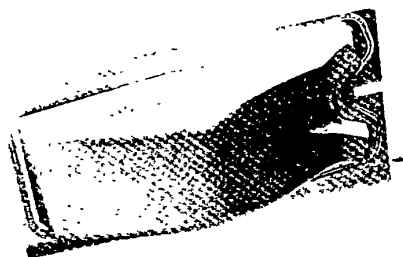
A development centre and forming workshop, unique in Europe.

Thanks to its production facilities for research and development and to its high-qualified engineers, ACB Pressure Systems is your partner for success for designing and forming your parts :

- forming simulation,
- prototyping,
- tool designing and manufacturing,
- technology transfer,
- small batches and series production,
- process training.

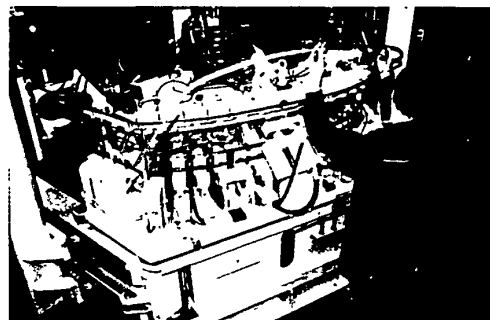


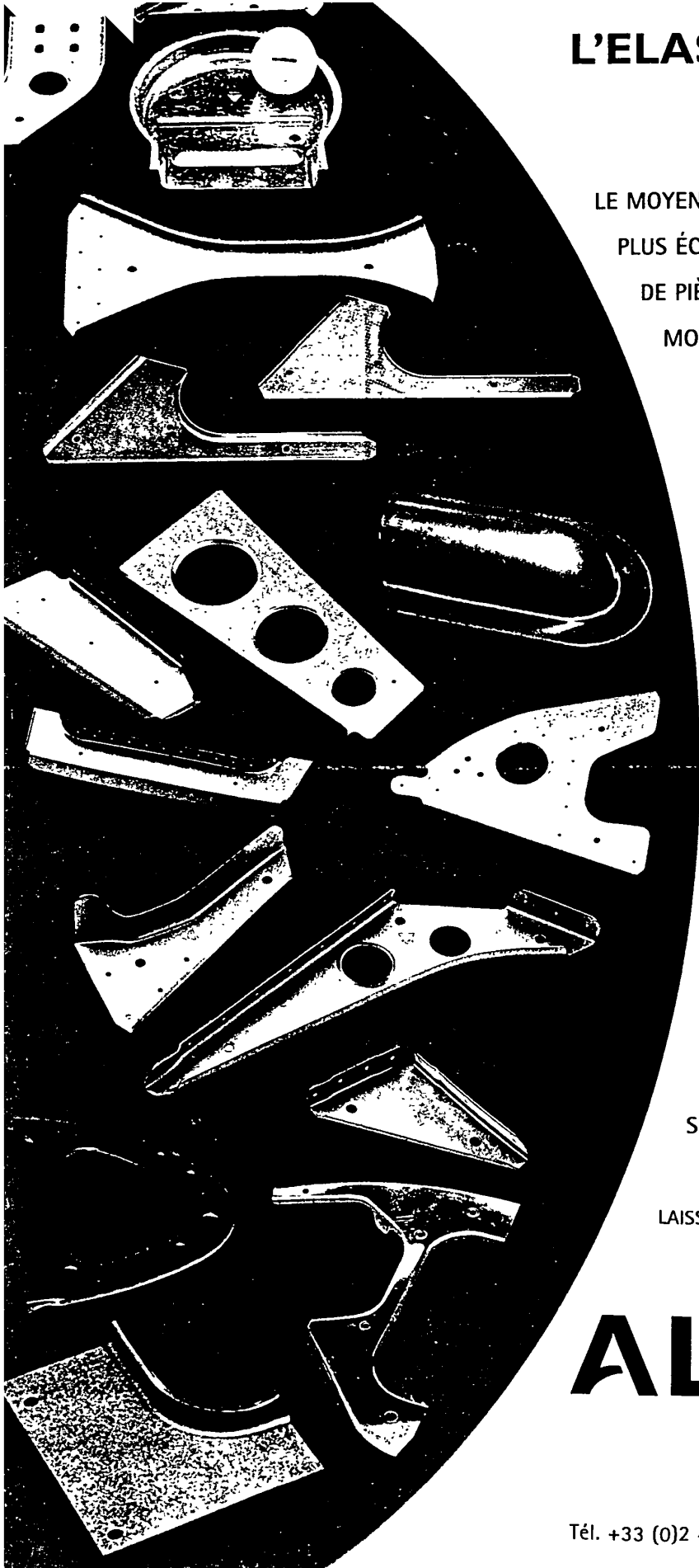
ACB Pressure Systems is engaged in the main european aerospace programs such as AIRBUS, ATR, SAAB, RAFALE, EUROFIGHTER ...



Simulation of Profile
Stretch Forming FEHP-10

Copyright © 1996-1998 BITA. Copyright © 1996-1998 TEST





L'ELASTOFORMAGE

LE MOYEN LE PLUS RAPIDE, LE PLUS SÛR ET LE PLUS ÉCONOMIQUE POUR LA PRODUCTION DE PIÈCES EMBOUTIES DE PETITES ET MOYENNES SÉRIES.

LE FORMAGE SOUS COUSSIN ÉLASTOMÈRE À 700 BARS :

- PERMET UNE GRANDE PRÉCISION ET RÉPÉTABILITÉ DES PIÈCES.
- DIMINUE LES DÉFAUTS D'ASPECT.
- ÉLIMINE LES OPÉRATIONS DE REPRISES MANUELLES.
- RÉDUIT CONSIDÉRABLEMENT LES COÛTS D'OUTILLAGE.

ALSTOM PROPOSE UN SERVICE DE PRODUCTION DE PIÈCES SUR SES PROPRES PRESSES.

LAISSEZ-NOUS VOUS CONVAINCRE.

ALSTOM

vosre contact : Joël Doisneau
Boulevard Prairie au Duc - 44945 Nantes
Tél. +33 (0)2 40 41 14 97 - Fax +33 (0)2 40 41 15 47

Elastoforming

This process is a very good alternative for low to medium production requirements. This operation is performed through pressurising a pad on a single half-tool.



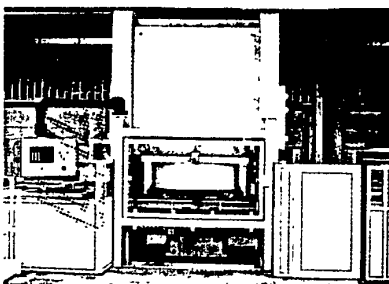
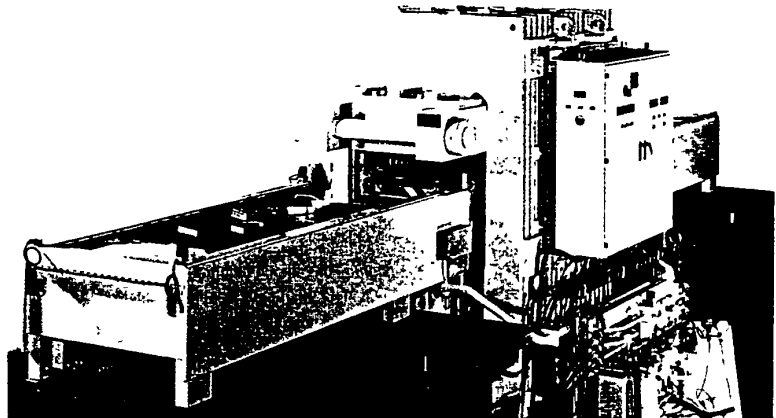
This process allows for low production costs.

Presses are characterised by :

- simultaneous forming of several parts during the same cycle,
- installation of one or two tables, or a carrousel handling system.

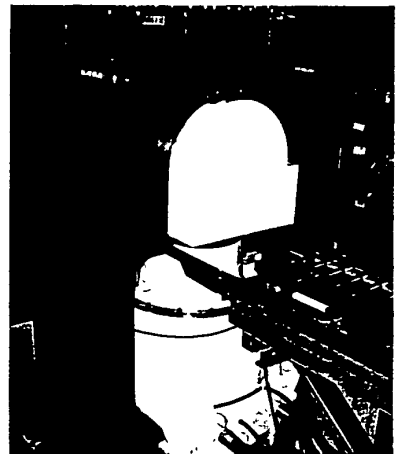
EMC Low pressure presses Loire EMC BP

The Loire EMC BP 4200 press is well adapted to the forming of thin aluminium sheets. This machine is characterized by a forming pressure of 200 bar on its elastomer pad of 2100 X 1000 mm.



EMC High pressure presses Loire EMC

Designed for blank holder forming, this press range is characterised by its high pressure when forming. This machine allows first-rate quality of parts, without manual reworking.



Main characteristics of oblong shaped Loire EMC presses

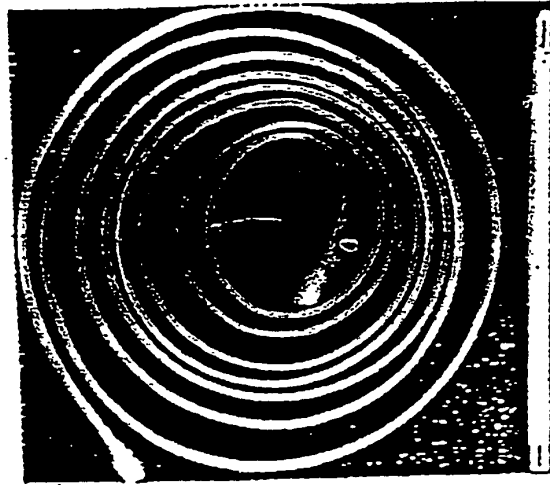
		EMC 3500	EMC 5000	EMC 8000	EMC 12500	EMC 16000	EMC 20000
Pad	pad dimensions (mm)	900x650	1100x750	1300x850	2000x1000	2400x1050	2850x1100
700 bar	maximum height tool (mm)	80	80	120	120	200	200
Pad	pad dimensions (mm)	750x500	900x650	1200x750	1600x900	1900x950	2200x1000
1000 bar	maximum height tool (mm)	80	80	100	100	130	130

附件三

SuperPlastic Forming and Diffusion Bonding

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

SUPERPLASTICITY is a property featured by certain materials which, under certain temperature and strain rate conditions, will yield extensive elongation.



**Extruded Bi-43 Sn test specimen prior to and after
superplastic deformation of 1950%**

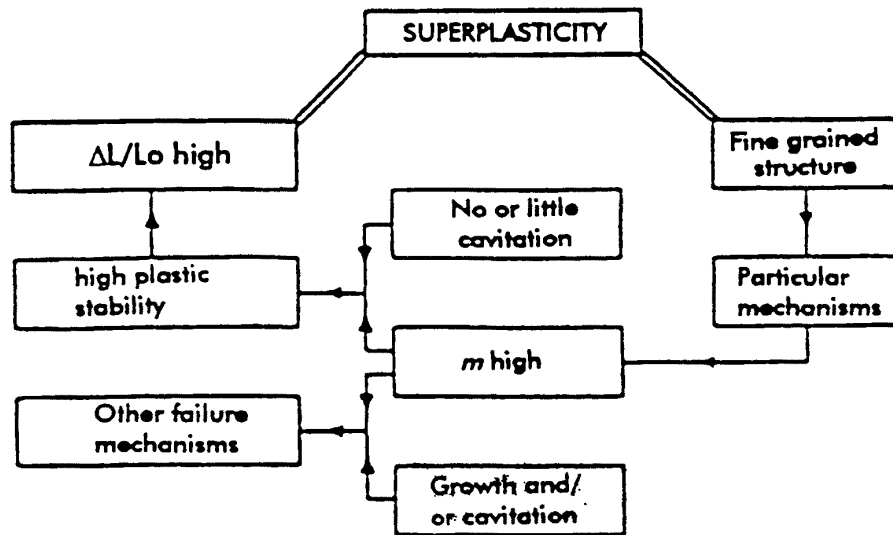
SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

HISTORY :

YEAR	MATERIAL UNDER CONSIDERATION	EXPERIMENTED BY	ELONG. % OBSERVED
1920	Zn-Al-Cu alloy	Rosenhaim - Haughton - Bingham	60
1928	Cd/Zn and Pb/Sn	Jenkins	400
1934	Extruded Bi/Sn eutectic	Pearson	1950
1946	Rediscovery of the SPF process Al-Zn alloy	Bochvar (USSR)	
1962	Discovery by the western countries of the Bochvar work and 1st SPF applications with TA6V titanium alloy (pods of the ROCKWELL B1 bombardier)	Underwood (USA)	

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

SUMMARY OF SUPERPLASTIC MATERIAL CHARACTERISTICS



SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

SUPERPLASTICITY CONDITIONS :

Theoretically, any material having a fine grained structure, and which is stable in temperature, can be shaped through the SPF process (SuperPlastic Forming).

General requirements

- ♦ Forming temperature $\geq 0.5 \times$ fusion temperature (in Kelvin degrees)
- ♦ Fine grained (single axis if possible) $\leq 10 \mu\text{m}$.
- ♦ Stable matrix structure at forming temperature
- ♦ Slow deformation rate:

$$10^{-4} \text{ s}^{-1} \leq \dot{\epsilon} \leq 10^{-3} \text{ s}^{-1}.$$

Case of the bi-phased materials

In addition to the above stated requirements:

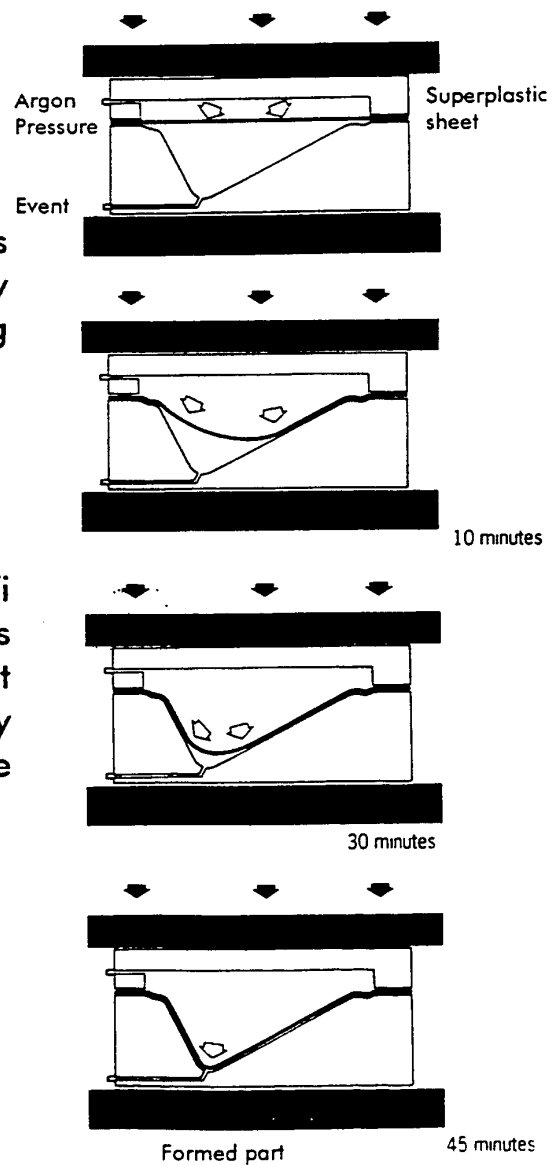
- ♦ Respect of a certain ratio between the two phases.
- ♦ Homogeneous distribution of the 2 phases.

SPF PROCESS DESCRIPTION

The standard industrial way to manufacture SPF parts is to use a tool consisting of a die cavity and a plate.

The sheet of superplastic metal is clamped between the die cavity and the plate by the heating press.

The gas pressure (argon for Ti alloys, nitrogen for Al alloys) is then applied to push the sheet against the walls of the die cavity at the stress and the strain rate required



SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

METALLURGICAL STATES OF ALUMINIUM ALLOYS AND TA6V :

Material	Initial state	Final state
7475	O	T762
5083	H19 : cold drawn, extra hard	O (informative) (*)
TA6V	Annealed at 730°C Decarbonized Planned	(*)

AMS 4911

(*) Final condition characterized by the mechanical properties obtained after SPF.

after SPF, Δ3 = 5% F_{0.2}

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

STRUCTURE OF THE PRINCIPAL SUPERPLASTIC MATERIALS:

ALLOY	TYPE	ESSENTIAL CHARACTERISTICS
SUPRAL 7475 8090 5083	Quasi-single phased	Fine precipitate distribution at grain junction in the fine grained matrix
PbSn ZnAl	Eutectic	
TA6V	Biphased with micro-duplex structure	Phases in quasi-equivalent proportions

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

Equation featuring the behaviour of a material in the superplastic range:

The equation featuring the behaviour of the plastic flow of a material is as follows:

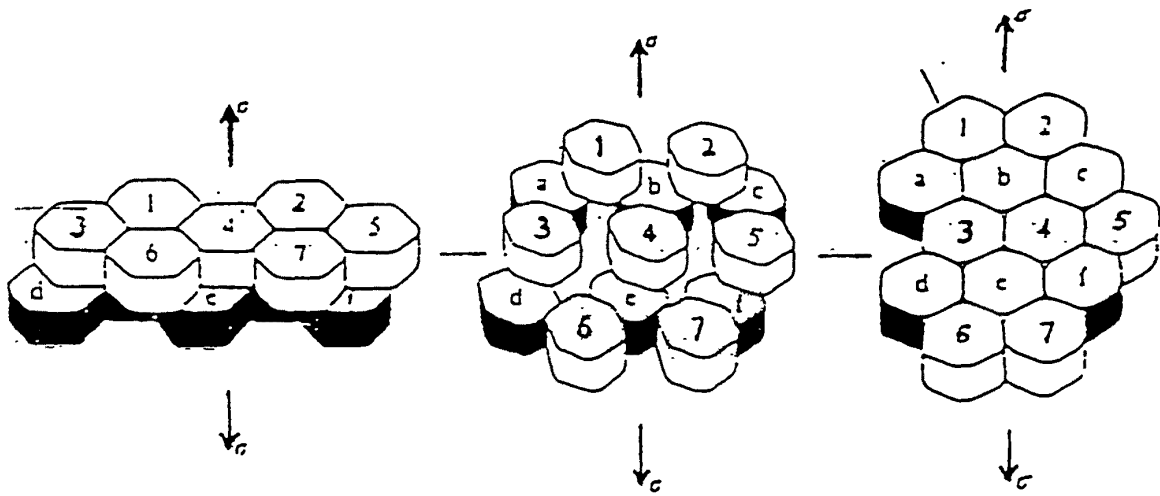
$$\sigma = \sigma_0 + f(\varepsilon, \dot{\varepsilon}, T)$$

At any moment of the tensile test:

- σ_0 = yield strength;
- σ = plastic yield stress;
- $\varepsilon = \ln(L/L_0)$ = true deformation;
- $\dot{\varepsilon} = d\varepsilon/dt$ = deformation rate;
- T = temperature.

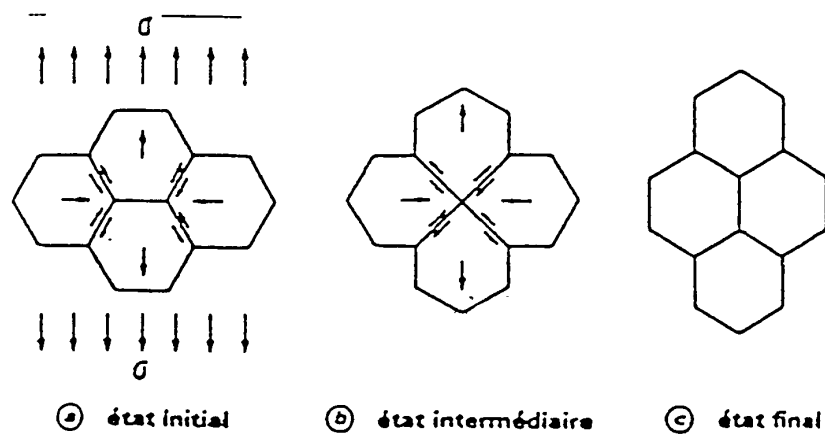
SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

ILLUSTRATION OF THE DEFORMATION :



SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

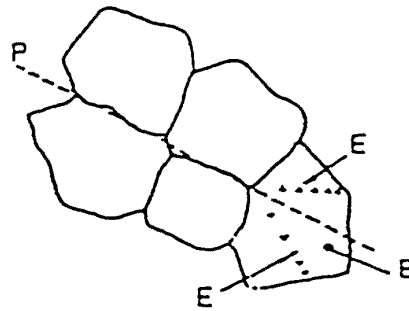
ASHBY AND VERRAL MODEL :



- Illustration schématique du modèle de glissement aux joints accommodé par diffusion.

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

BALL HUTCHISON MODEL :



- E empilement de dislocations (*pile up*)
- B grain bloquant le glissement aux joints
- P plan du glissement aux joints de grains

– Illustration schématique du modèle de glissement aux joints accommodé par déformation plastique [5 p. 4.1].

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

SUPERPLASTICITY PREDICTION :

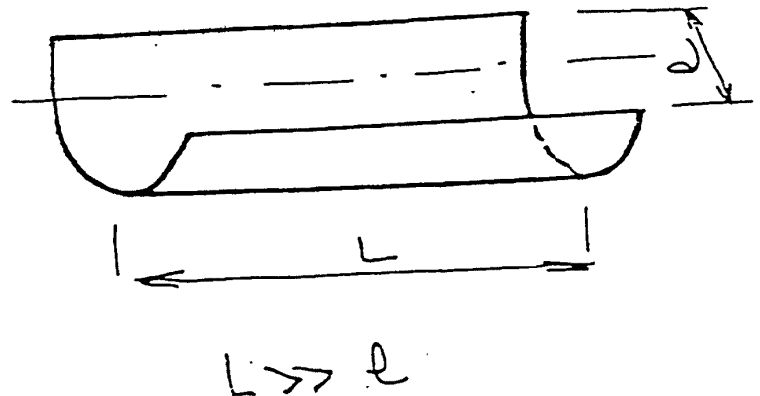
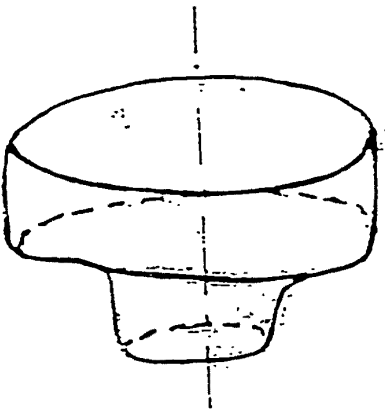
SUPFORM2 - Significant parameters :

SUPFORM2 is a forming cycle prediction software based on the behaviour equation:

$$\sigma(\epsilon) = K(\epsilon) \times \dot{\epsilon}(\epsilon)^m(\epsilon)$$

The cavitation and structure change phenomena are neglected.

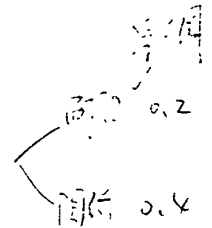
It is of the 2D type; In other words, only the case of cylindrical or revolution parts is envisaged.



SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

The essential parameters to be entered into the program are:

- tool geometry;
- metal sheet/tool friction coefficient;
- trussing of the metal sheet
- sheet maximum deformation rate
- type of calculation (axisymmetrical or cylindrical) ;
- initial thickness of the sheet (constant or not);
- material behaviour law ($k(\epsilon)$, $m(\epsilon)$).

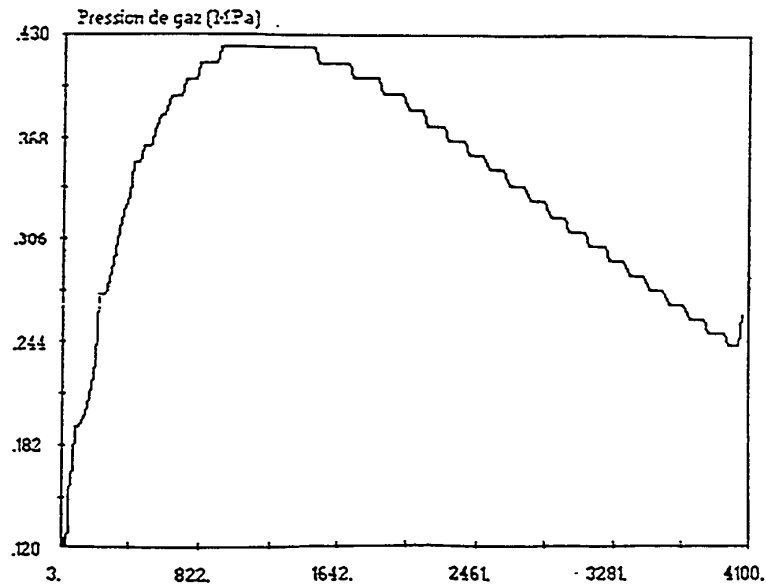


2D 模拟输入资料.

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

The essential results obtained are:

- the forming cycle:



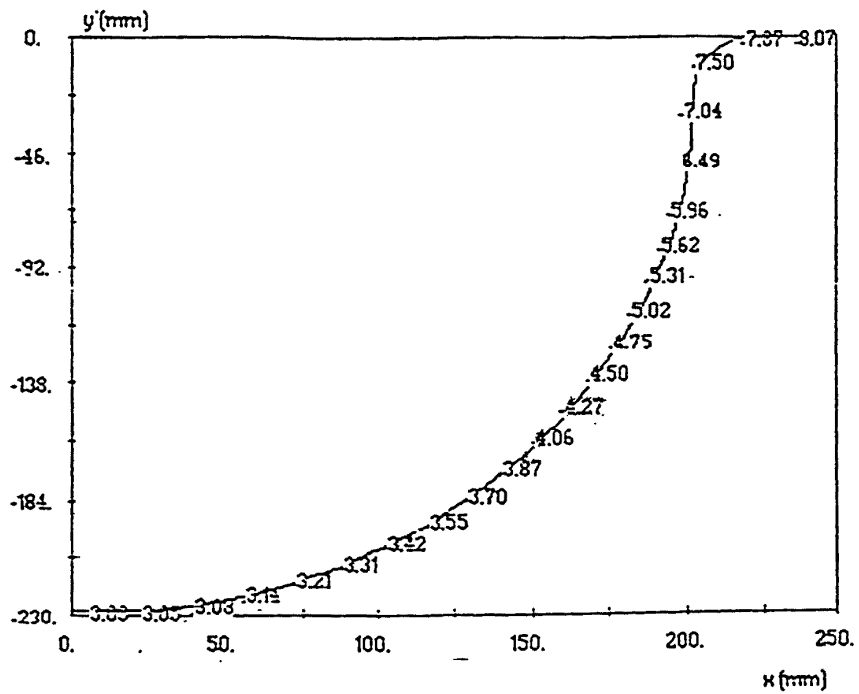
sec

06.0030/E

角落在模拟时不平，后面依然会再升高

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

- thickness distribution;



5.17 厚度测试结果

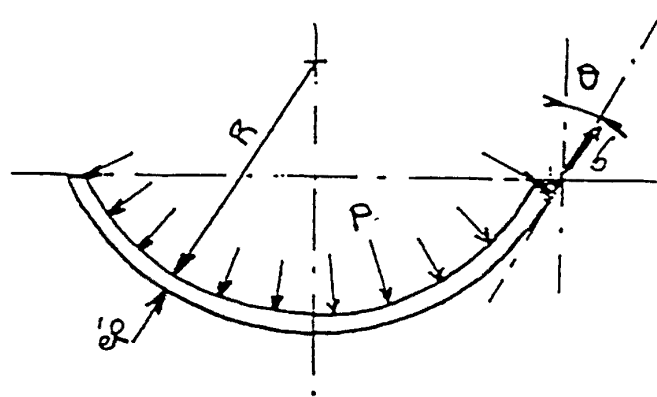
厚度 10 mm

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

APPROACHED CALCULATION:

Forming pressure:

- Forming of a spherical dome



$$P = (2 \text{ thickness } \cos\theta \sigma) / R$$

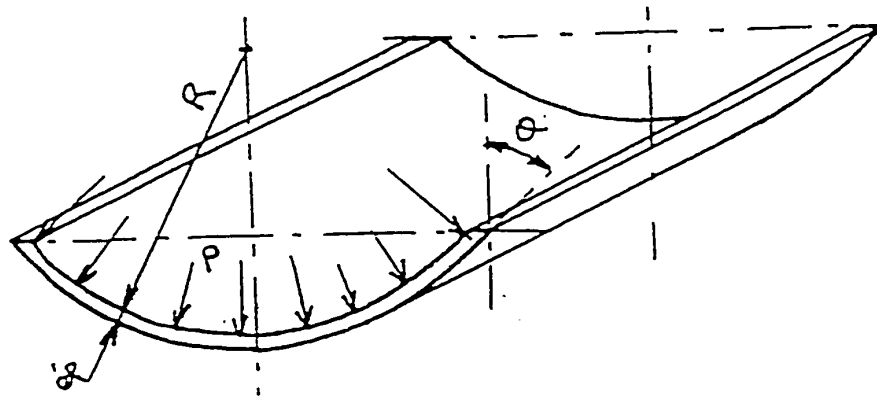
(thickness and R = same unit)

PROGRAMME

- Presentation of SUPFORM2.
- The use of SUPFORM2.
- Demonstration on a real case.
- Exercise : simulation of the hemispherical part by the trainees.

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

- Forming of a cylindrical cavity



$$P = (\text{thickness } \cos\theta \sigma)/R$$

(thickness and R = same unit)

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

SELECTION CRITERIA BETWEEN VARIOUS MATERIALS - EXAMPLES

- Corrosion resistance
(ex : 5083 > 7475 > SUPRAL) ;
- Mechanical characteristics (ex : 7475 > 5083 > SUPRAL) ;
- Ductility (ex : 8090 > 7475 > 5083) ;
- Temperature strength (refractory > TA6V) ;
- Diffusion bonding ability (TA6V > all other materials);
- Heat transmission (ex : Cu > all other materials) .

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

TECHNOLOGICAL ADVANTAGES

- Possibility of obtaining complex (not developable) and deep shapes (extensive elongation).
- Absence of springback and internal stresses.
- Simultaneous forming of parts featuring highly different geometries, hereby sparing from the need of performing numerous assembling operations.
- Tools only requiring a single die (no shape adjustment required contrarily to conventional drawing tools. Production costs, exclusive of material, cut short by 4).
- Reduced weight and production costs in cases where the forming operation can be combined with a diffusion bonding operation (TA6V).
- Process well suited to reduced and medium serial production.

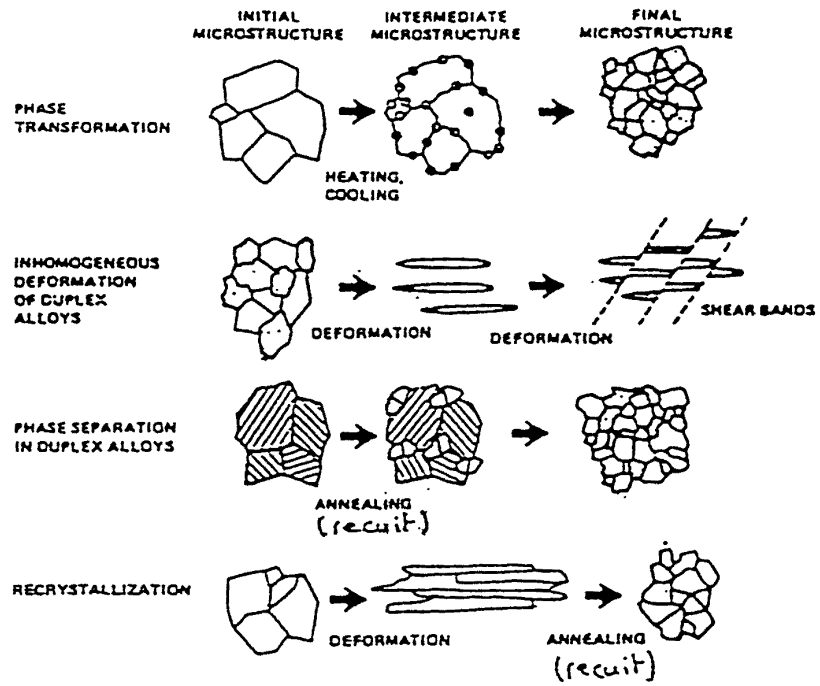
SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

TECHNOLOGICAL DRAWBACKS:

- Expensive basic materials (few suppliers and little volume).
- High forming temperature and slow deformation rate (special press and long cycle times: 1/2h to 8h).
- Tool materials often difficult to machine.
- Part thickness not constant (except in the case of specific preparation or finishing).

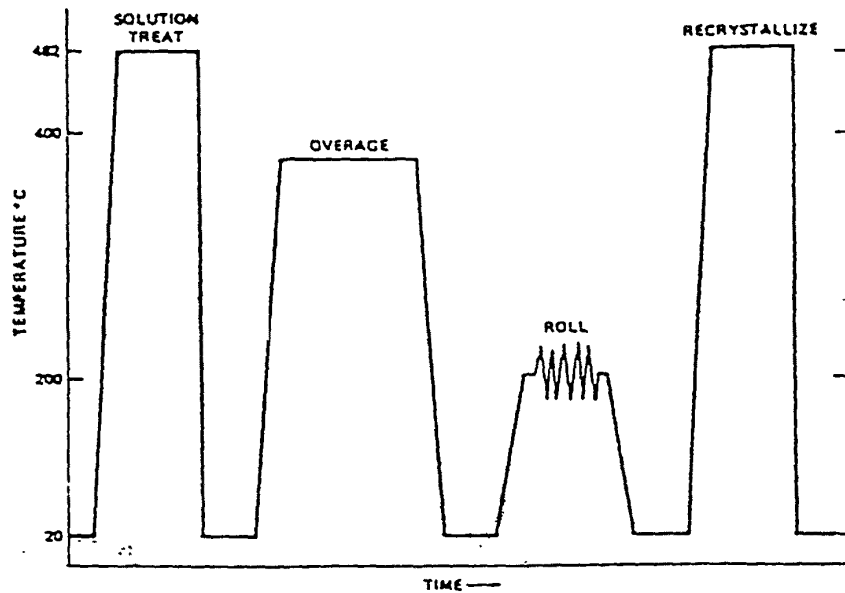
SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

GRAIN REFINING METHODS



SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

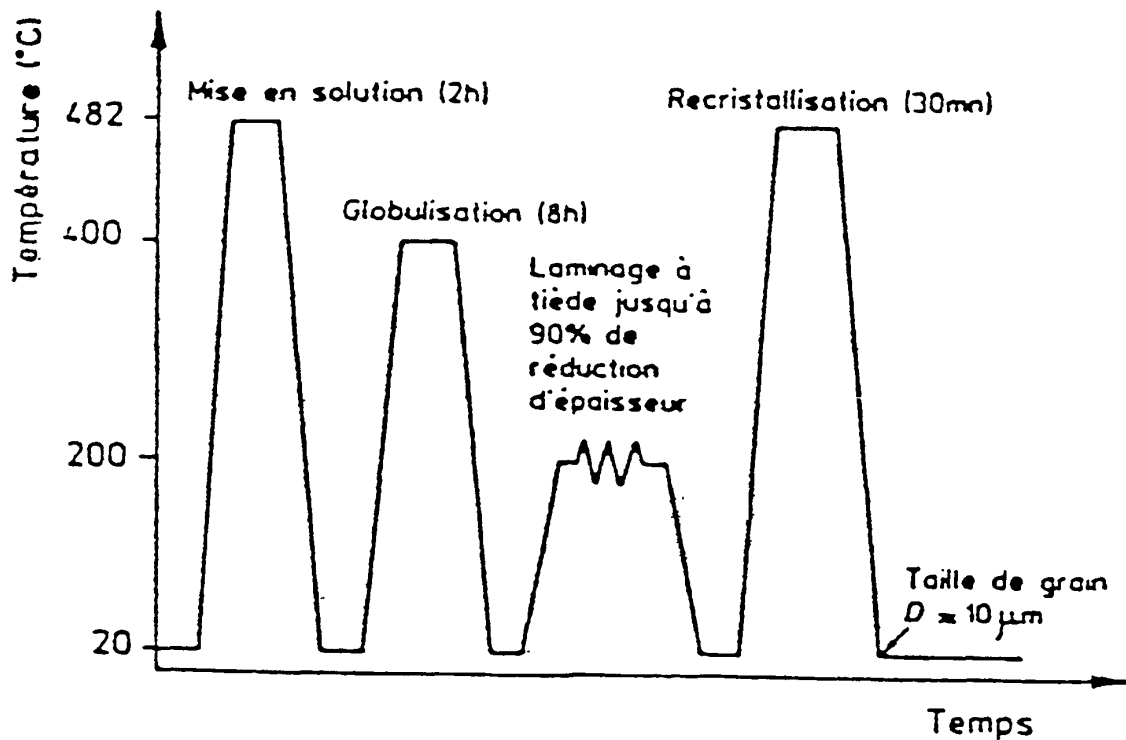
GRAIN REFINEMENT THERMO-MECHANICAL PROCESS FOR AN ALUMINIUM ALLOY GRADE 7075



Step	Parameters
Solution Treatment	482°C, 3 hours, water quenched
Overaging	400°C, 8 hours, water quenched
Rolling	200°C, 90% reduction
Recrystallization	482°C, 0.5 hours, water quenched

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

7475 SPF MATERIAL THERMO-MECHANICAL PROCESSING RANGE



– Gamme de traitements thermomécaniques permettant d'obtenir sur les alliages d'aluminium 7475 une structure recristallisée à grains fins de 10 μm environ.

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

PART/TOOL EXPANSION COEFFICIENT:

When designing a SPF forming tool and, more generally, a hot forming tool, due allowance must be made to the different expansion characteristics of tool and part materials when it is desired to obtain a part actually true to shape.

Calculation principle:

At forming temperature T , the following conditions must be satisfied:

$$(1 + \alpha_{\text{part}T}) \times L_{\text{part}} = (1 + \alpha_{\text{tool}T}) \times L_{\text{tool}}$$

↓

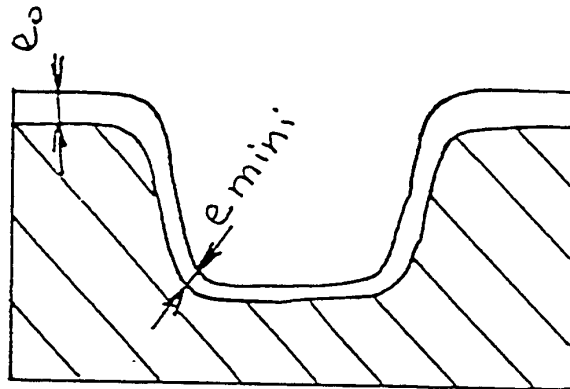
$$L_{\text{tool}} = L_{\text{part}} \times [(1 + \alpha_{\text{part}T}) / (1 + \alpha_{\text{tool}T})]$$

Where:

- α_{part} = expansion coefficient of part material at the forming temperature;
- α_{tool} = expansion coefficient of tool material at the forming temperature;
- L_{part} = part dimension;
- L_{tool} = dimension on the tool corresponding to L_{part} .

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

LOCAL DEFORMATION RATIO (TD%) :



$$\begin{aligned} \text{TD\%} &= 100 \times (e_0 - e_{mini}) / e_{mini} \\ &= 100 \times [(e_0 / e_{mini}) - 1] \end{aligned}$$

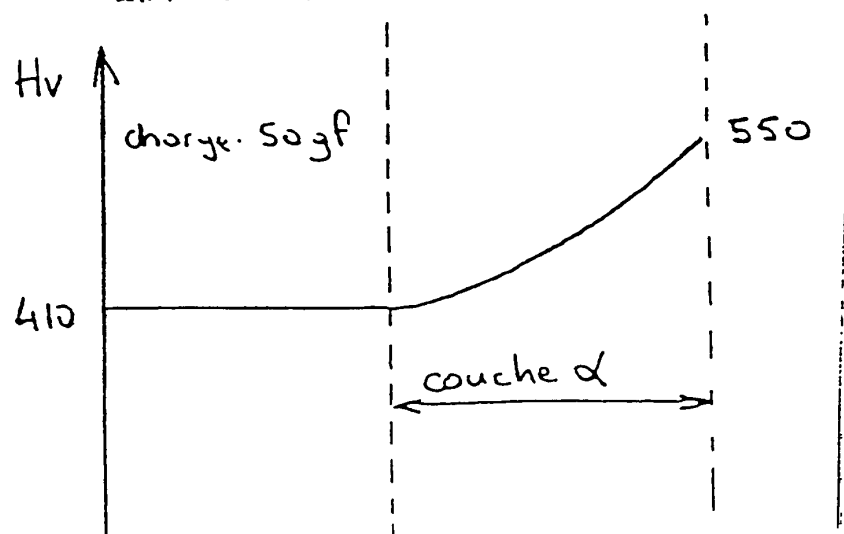
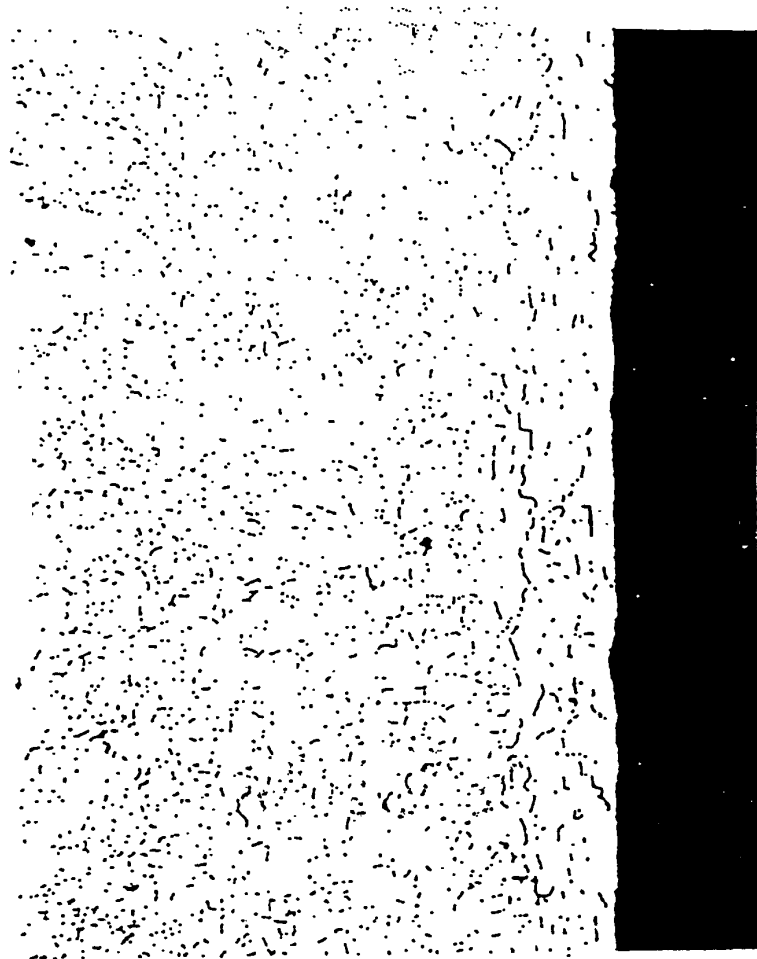
Example : air inlet

$$\begin{aligned} e_0 &= 2 \text{ mm} & \text{TD\%} &= 300\% \\ e_{mini} &= 0.5 \text{ mm} & & \end{aligned}$$

In superplastic forming applications, elongation is expressed with reference to TD%.

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

α LAYER

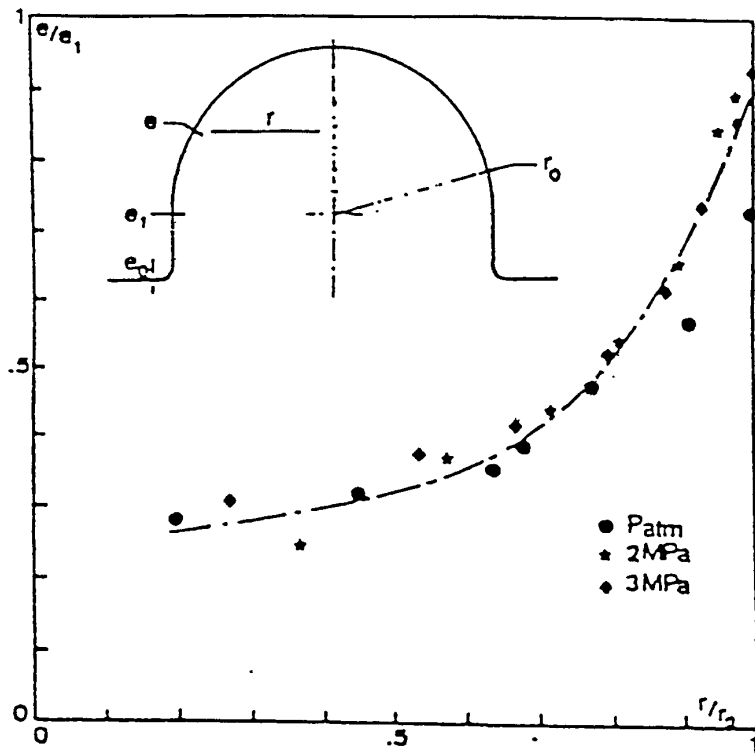


06 0030/E

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

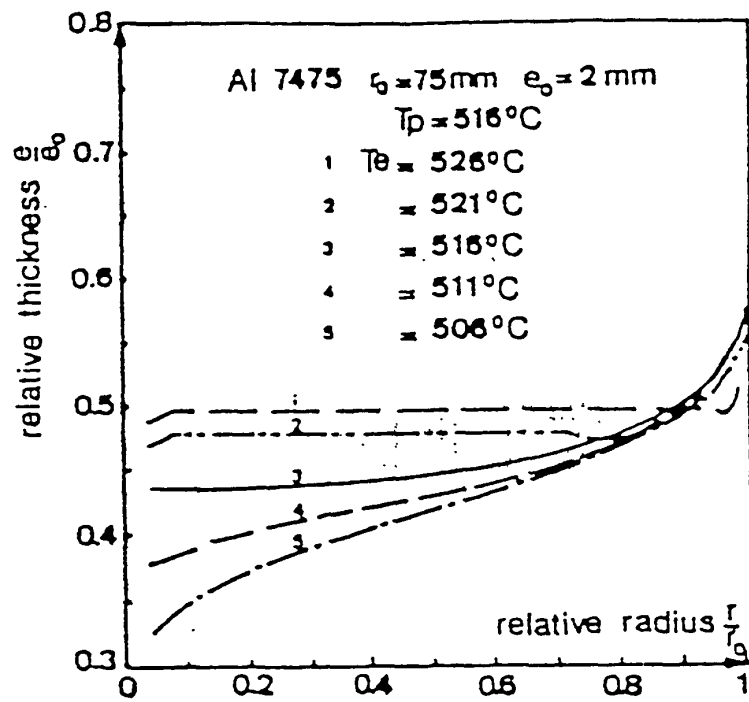
EFFECTS OF VARIOUS PARAMETERS ON THICKNESS DISTRIBUTION:

Effects of a back pressure:



SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

Effects of the temperature:



SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

ROLE OF THE SHIELDING GASES:

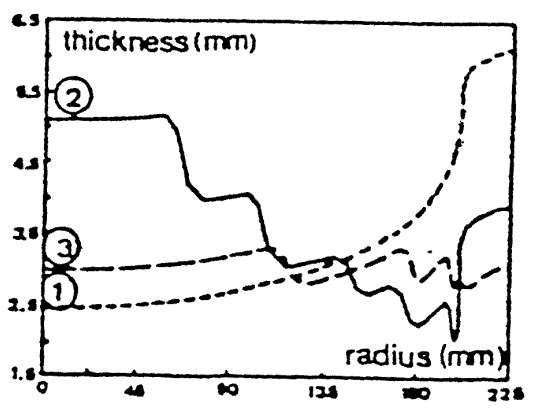
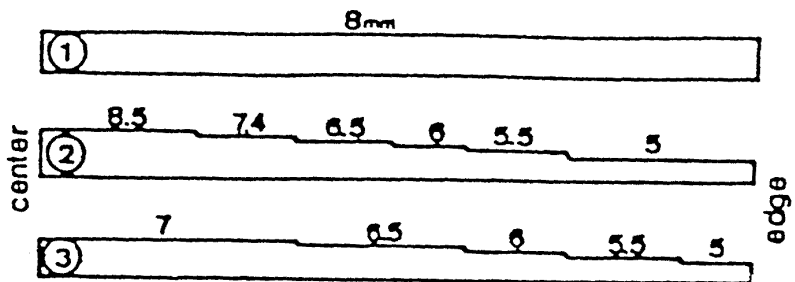
Their role is to protect the hot metal from oxidation.

However, they shall not contain contaminating elements.

TA6V, which is highly sensitive to O, H, N, must therefore be protected (and thus formed) with extremely pure argon, whereas nitrogen is convenient for aluminium alloys.

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

Effects of initial pre-machining of the sheet:



板厚：目前 17mm
 最厚
 机切
 厚板 化学钎切

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

USUAL MATERIALS :

ALLOY					
Aluminium	Titanium	Refractory	Stainless steel	Copper	Zn-Al
AA 2004 (Al-Cu)	TA6V : 700%	(IN 625)	URANUS	Cu-2.8 Al-	Zn 22
AA 2095	TA3V2.5	IN 718 :	45N :	1.8 Si-0.4	Al
AA 5083 (Al-Mg) : 320%	110%	200%	1000%	Co	
AA 6082 (Al-Mg-Si)	Aluminium-res			Cu-9.5 Al-4 Fe	
AA 7475 (Al-Zn) : 560%				Cu-1.8 Be-0.2 Ni	
AA 8090 (Al-Li)					

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

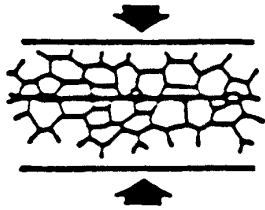
THE DIFFUSION BONDING PRINCIPLE DIAGRAM IS AS FOLLOWS:



Initial contact

Limited to surface asperities.

粗度 (粗糙)

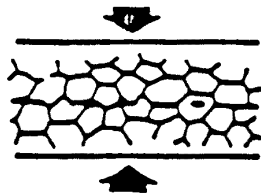


1st step

Plastic deformation and creeping of the asperities.

Step corresponding to physical reconciliation of the surfaces, during which phenomena such as rupture of the oxide films etc... occur.

调和, 一致

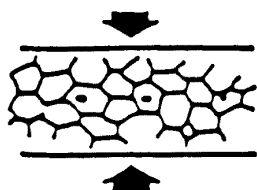


2nd step

Grain growth through the interface, the new junctions tending towards an equilibrium configuration; the subsisting pores begin to be eliminated by diffusion at grain junctions.

subsist 留存

pore 气孔

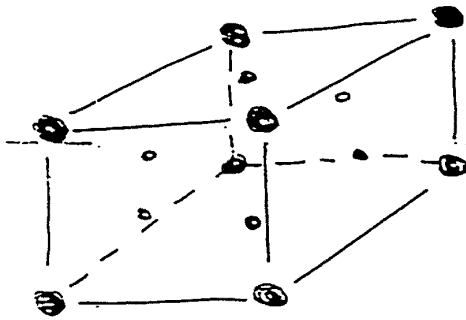


3rd step

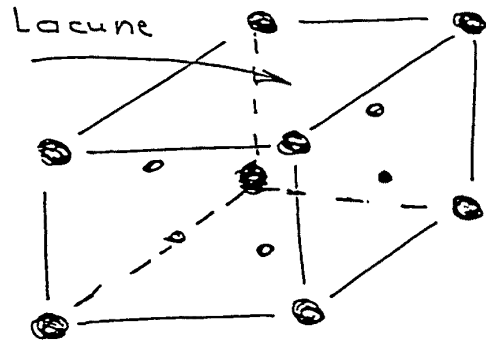
Elimination of the remaining pores by volume diffusion

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

DIFFUSION PRINCIPLE :



Cristal complet



Cristal incomplet

Example of centred face cubic structure

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

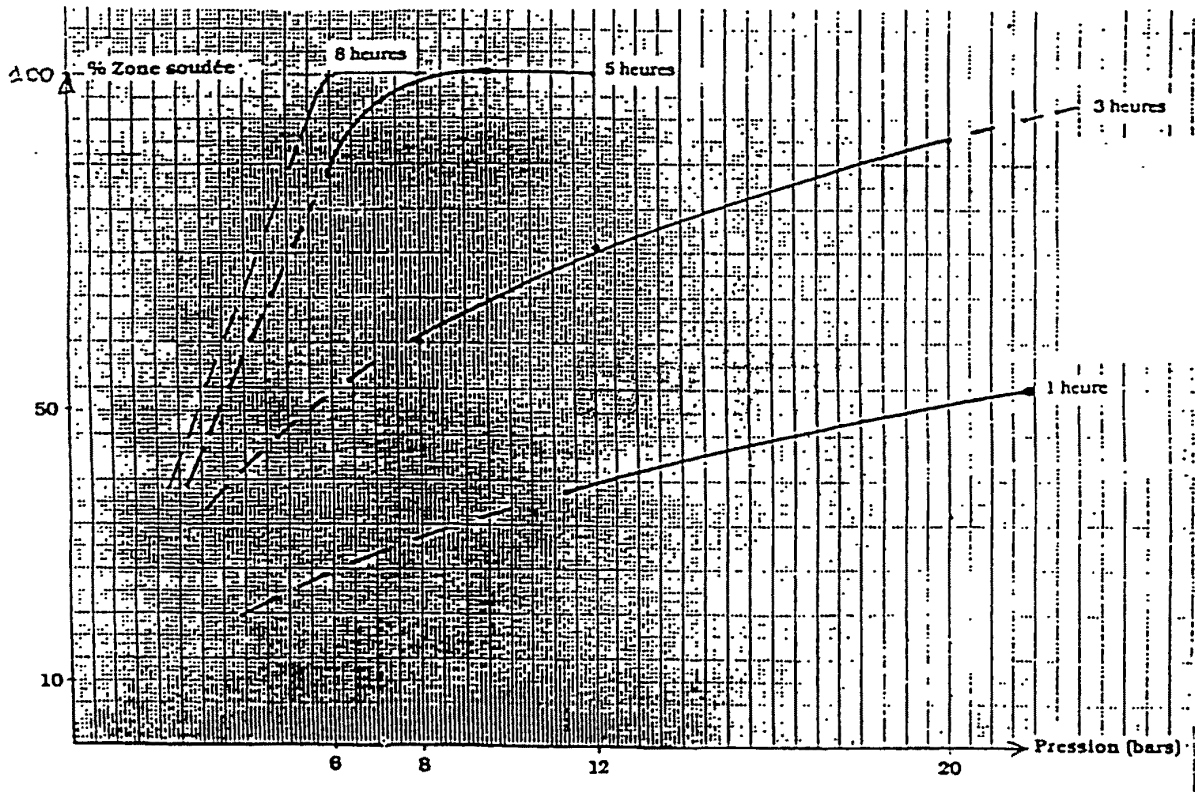
THE SIGNIFICANT PARAMETERS OF DIFFUSION BONDING ARE:

- pressure applied:
- temperature;
- bonding time;
- absence of surface contamination.

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

EFFECTS OF PRESSURE AND BONDING TIME ON THE PERCENTAGE OF BONDED AREAS:

bonding 百分比.



SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

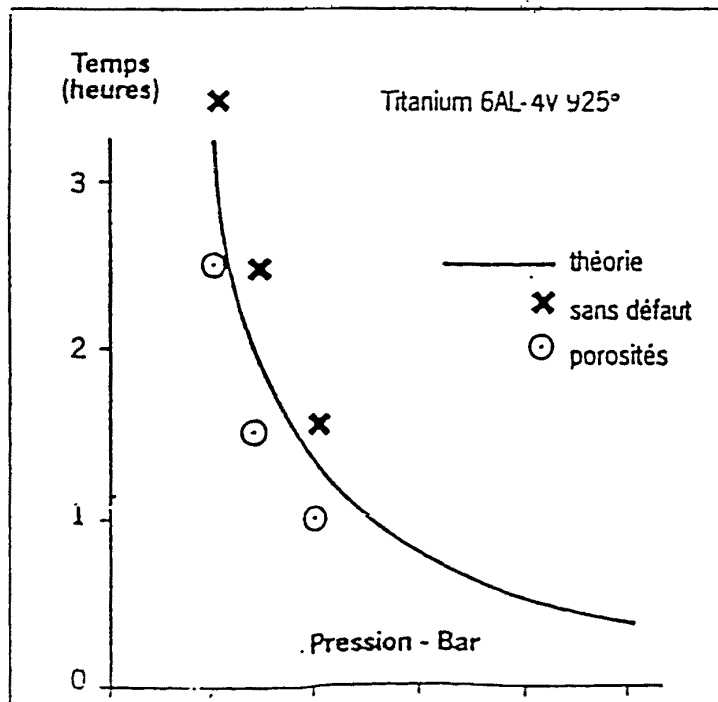
CASE OF THE TA6V :

TA6V features very good diffusion bonding characteristics:

- little oxidation at ambient temperature (no « diffusion barrier » phase will develop at the surface during the preparation phases).
- the diffusion bonding temperature coincides with that of the SPF (925°C) hereby enabling the SPF/DB technique to be used.

However, it should be noted that TA6V can be bonded at lower temperatures, but for pressure and time values higher than at 925°C.

The curve below highlights the effects of pressure and time on diffusion bonding of TA6V material:



SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

CASE OF ALUMINIUM :

The layer of alumina which builds-up practically instantaneously at the surface of aluminium alloys at ambient temperature, stands as a diffusion barrier and prevents the achievement of the diffusion bonding process.

Nevertheless, the developments currently in progress demonstrate that diffusion bonding of certain aluminium alloys is possible, by « breaking » the oxide layer at the early stage of the bonding operation.

for as 7675

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

THE SPF/DB PROCESS:

The SPF/DB technique applied to TA6V allows achieving, in a single or two operations eventually, structures of the « honeycomb » type, in which the structure of the material in the weld areas between the stiffeners and external metal sheets is the same as the structure of the basic material. Hence, parts featuring lighter weight and enhanced mechanical strength are obtained.

SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

THE DEVELOPMENTS IN PROGRESS

The developments, in their great majority, are aimed at the achievement and characterization of new superplastic materials:

- Duplex stainless steel materials;
 - INCO 718 ;
 - Inter-metallic alloys (Titanium aluminiums);
 - Metal matrix composite materials;
 - Structural ceramic materials;
 - Ceramic - Ceramic composite materials;
- and many other materials: copper based, magnesium alloys ...

Through these materials, new superplastic forming applications will emerge.

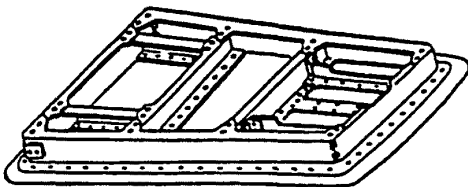
Another improvement channel would be the development of materials, perhaps featuring lower performance characteristics in terms of elongation (~150-200%), but which could be formed at higher rates and would be cheaper to produce than the current superplastic materials.

SPF PROCESS DESCRIPTION

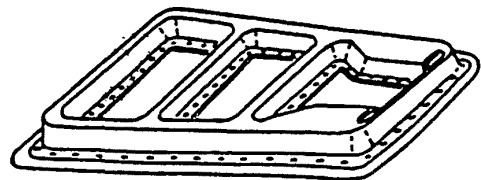
MAIN ADVANTAGES OF THE SPF TECHNOLOGY

- ⇒ SUITABLE TO OBTAIN DEEP AND COMPLEX SHAPES
- ⇒ SAVES ASSEMBLY OPERATIONS PARTICULARLY WHEN COMBINED TO DB OR LASER BONDING

B 737 ACCESS DOOR



Standard design

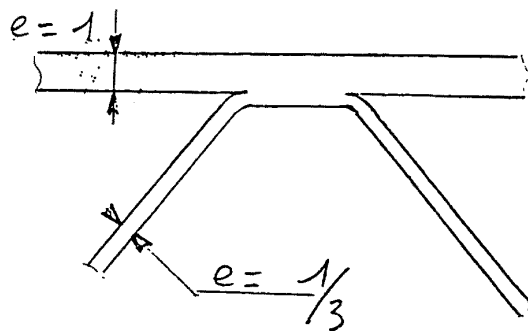
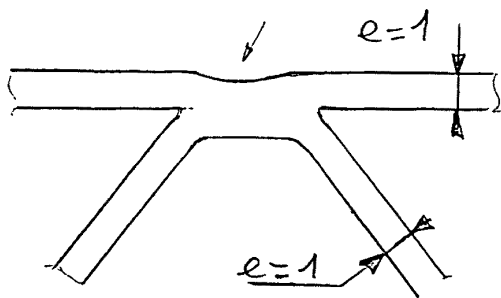


SPF design

	STANDARD DESIGN	SPF DESIGN	GAIN
Number of parts	31 parts	6 parts	81 %
Number of rivets	237 rivets	137 rivets	42 %
Weight	3,0 kg	2,74 kg	9,8 %
Assembly process	Milling + manual riveting	Automatic	-
Cost of the door (cost of tool and engineering depreciation included)			75 %

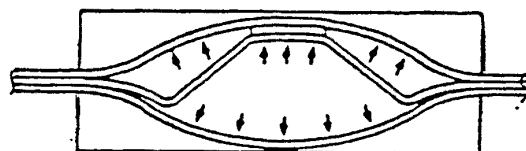
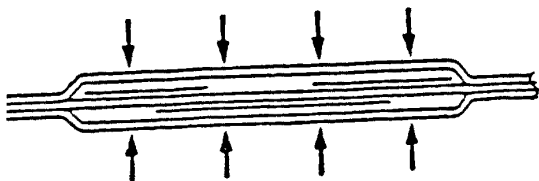
TYPICAL GEOMETRY OF THE STIFFENER

2 sheets part :

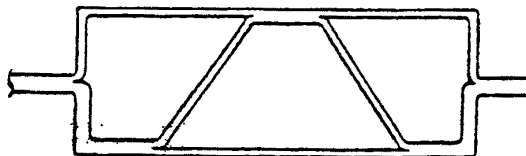


3 sheets part :

PACK BONDING



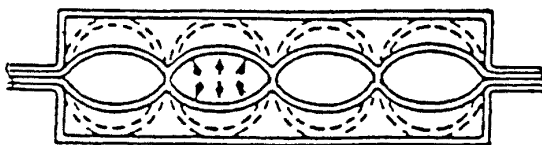
FORMING



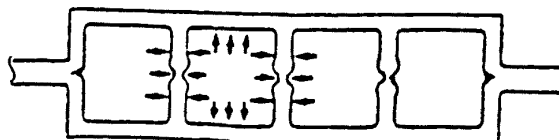
4 sheets part : PACK BONDING



FORMING



BONDING



如何是图中例
2片是错的？

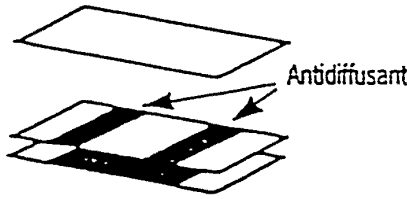
SUPERPLASTIC FORMING AND DIFFUSION BONDING

3 AND 4-SHEET SPF/DB PRINCIPLE DIAGRAM

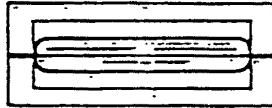
stop off
只這中間層
驗證

3 TOLES

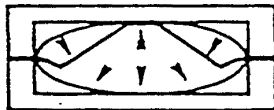
A Préparation



B Soudage



C Formage

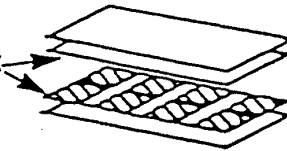


D Soudage

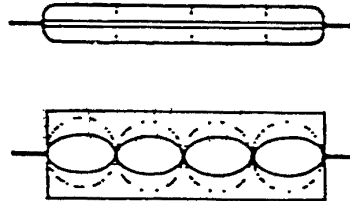


4 TOLES

A Préparation



B **C** Formage + soudage



D Soudage



MATERIALS	THERMAL EXPANSION COEFFICIENT BETWEEN 20°C AND 925°C	CORRECTIVE COEFFICIENT TITANE / STEEL
TA6V	10,64 x 10 ⁻⁶ mm/°C/mm	
Z50NCW50-27-5 (XN50TF)	16,5 x 10 ⁻⁶	0,995
Z40NC40-20 (XN40TF)	17,5 x 10 ⁻⁶	0,994
Z 12 CN 25/20 (NS 30)	19 x 10 ⁻⁶	0,993
Z 75 C 26 M (BR 260)*	12,6 x 10 ⁻⁶	0,998
Z 6NC 55-18 (Cronite)	16 x 10 ⁻⁶	0,9952
NETSHAPE (Ceramic)*	0,7 x 10 ⁻⁶	1,0064
22-9-4*	20,3 x 10 ⁻⁶	0,9885

* Materials to be avoided for serie tools

BR260 : bad creeping resistance.

Ceramic : bad stress test resistance, bonding between TA6V and ceramic.

22-9-4 : bad corrosion resistance.

	THERMAL EXPANSION COEFFICIENT	CORRECTIVE COEFFICIENT	
	BETWEEN 20°C AND 525°C	ALUMINIUM / STEEL	
7475 5083	25 x 10 ⁻⁶ mm/°C/mm 28 x 10 ⁻⁶ mm/°C/mm		
		7475	5083
40 C MD 8	14,2 x 10 ⁻⁶	1,0056	1,0069
55 NC DV 7	14 x 10 ⁻⁶	1,0056	1,0069
Z2 CN 18 10 (304 L)	18,5 x 10 ⁻⁶	1,0033	1,0048
55 CN DV 4 (SM2G)	13,8 x 10 ⁻⁶	1,0056	1,0071
HT 600 (Ceramic)	0,7 x 10 ⁻⁶	1,0110	1,0126

Corrective (111a) 温度正の改善の中和物(102)

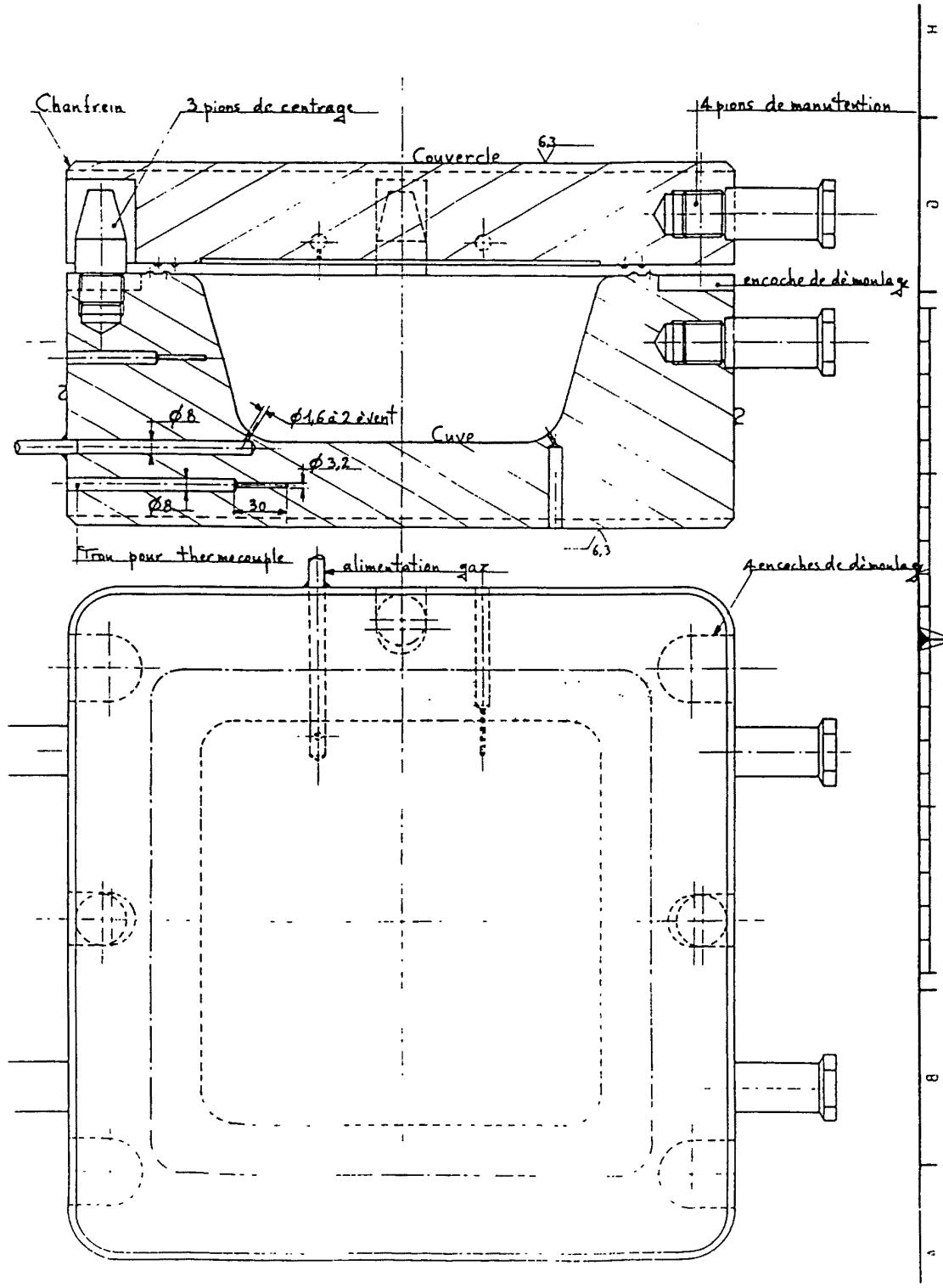
ACB

PRESSURE > SYSTEMS

MATERIALS	Price (FRF)/kg Casting with model	Price/kg Casted block	Possible Suppliers
<u>FOR TA6V</u>			
Z50NCW50-27-5	120 to 180		AUBERT ET DUVAL
	120 to 150		MANOIR INDUSTRIE
Z40NC40-20	100 to 150		AUBERT ET DUVAL
	90 to 140		MANOIR INDUSTRIE
Z6NC55-18 (Cronite)	120 to 150		MANOIR INDUSTRIE
Z12CN25-20		70 to 130	FEURS METAL
	60 to 130		UNION DES FORGERONS UGINE
			FONDERIES DE MARLY
<u>FOR 5083 and 7475</u>			
40CMD8		20 to 50	SECOSAR
55NCDV7		25 to 50	THYSSEN CMM
	60 to 80		SAMBRE ET MEUSE
55CNDV4 (SM2G)		30 to 50	STANDARD MATERIAL
Z2CN18-10 (304L)			

Nature du document	TECHNICAL NOTE	Réf	MS/97-620/HR/MS
Titre	GUIDELINES FOR DESIGN OF SPF AND SPF/DB TOOLS AND DB KITS	Date	B
		Page	22

APPENDIX 6

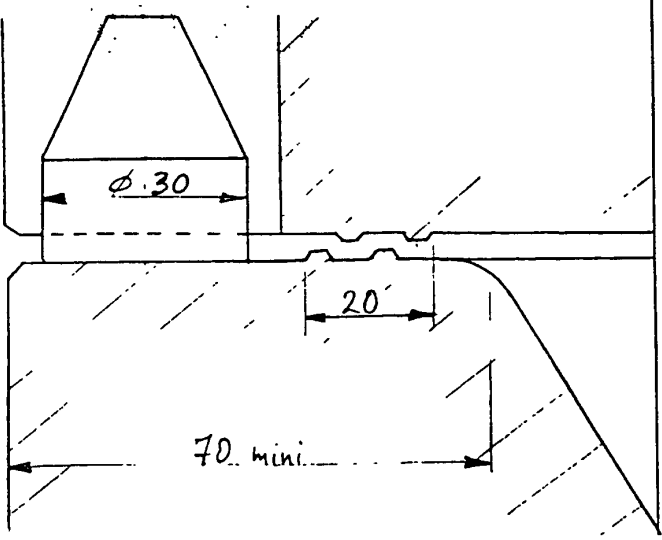


Ce document est la propriété de GEC ALSTHOM ACB et ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation.
 This document is the property of GEC ALSTHOM ACB and cannot be reproduced or communicated without its consent.

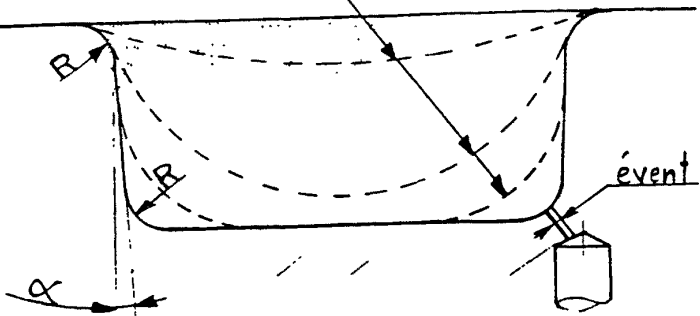
PARTS TO BE MANUFACTURED	BASIC DATA
<p><u>Part study</u></p> <p>a) Material</p> <p>Titanium - TA6V</p> <p>Alu - 5083 7475</p> <p>b) Part dimensions</p> <p>L x W x H</p>	<p><u>Study of production facilities</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Governs die material selection (Superplastic forming temperature). <p>Forming temperature = 925°C</p> <p>Forming temperature = 515°C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Allows to check the SPF press capabilities <p>Heating platen dimensions (1240 x 1240)</p> <p>Max. opening (400)</p> <p>Tool max. size : 1200 x 1200 x 390</p> <p>Blank max. size : ^{-40 -40 -10} 1060 x 1060 x 300 (300 is not the thickness but the height of the part or of a box to be blown)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Handling facilities <p>a) part (grips - frame - tools to be created)</p> <p>b) die (boom - traveling crane)</p>

PARTS TO BE MANUFACTURED	BASIC DATA
c) Part shape - mini. thickness required	<p>Forming cycle calculation \Rightarrow results (part profile modeling).</p> <ul style="list-style-type: none">• Determine the forming pressures, thickness of the basic blank*.• Part modification as the case may be (drawing \Rightarrow customer).• Radius correction, clearance for stripping purposes, or to facilitate forming.• Forming pressure and cycle time modifications.• Chemical or mechanical machining of basic blank as the case may be, to obtain the minimum thickness required. <p>* Basic blank - depending on part - 1 or more sheets, or rolled welded blanks.</p>

PARTS TO BE MANUFACTURED	BASIC DATA
<p>d) Quantity to be produced (small series, limited series, large series).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Governs also die material selection (hot creep behavior in the long run), cost of materials, more or less efficient performance characteristics. • Affects die dimensions (large series production of small parts), several imprints in the die to produce several parts during a same cycle, reduction of part forming costs. • In order to increase the production rate, it is also possible to form 1 imprint in the die and 1 in the cover in the same cycle. These imprints can be the same or different. This technique is often used when 2 parts require a good concordance to be assembled after forming. • The association of different parts in the same tool depends on : <ul style="list-style-type: none"> ↳ the size of the parts ; ↳ the possibility to find a common forming cycle ; ↳ the need of these parts at the same time (it is not possible to produce one of them alone).

DIE STUDY	BASIC DATA
<p style="text-align: center;">粗研 $R_A = 1.6$</p> <p>c) Die external shape</p> <p>1 - Sizing</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Marks outside part as the case may be, engraved contour, locating, for contouring. • Specify : surface finish condition, part forming area, polishing $R_{A1.6}$ (hand finishing after form cutter machining). • Specify part imprint multiplying factor, in the die to take part and die shrinkage into account. • From the basic data, mechanical characteristics of the material, forming pressure and temperature. • Calculation of bottom, wall and cover thicknesses. • Die external dimensions depending on part size, plus jointing face area and tank/cover centering value. 

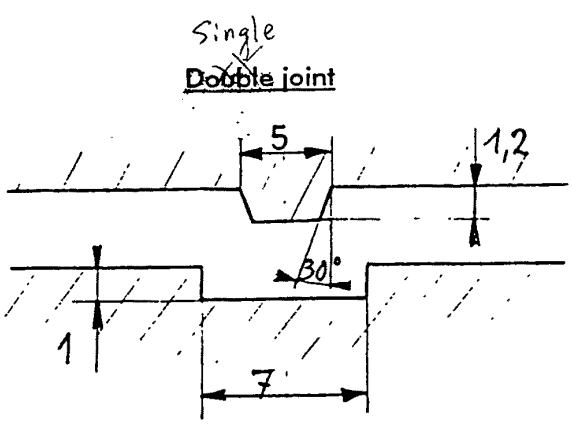
粗研
6/2

DIE STUDY	BASIC DATA
	<p data-bbox="726 465 1300 504">Successive deformations of the sheet.</p>  <p data-bbox="662 996 1348 1187">Note : For a very deep part, it could be interesting to work with the die in the upper position to facilitate the removal. The part can be removed under the action of its own weight.</p> <ul data-bbox="662 1232 1372 1724" style="list-style-type: none"> • Air venting holes in calibration areas and radii to eliminate air pockets, \varnothing depending on sheet thickness, $\varnothing 1.6$ to $\varnothing 2$: <ul style="list-style-type: none"> ↳ directly connected to the exterior of the tool (air) ; ↳ connected all together to a same tube to allow back pressure or vacuum. • Overlength to be provided for contouring (straight section + 5 mm mini).

ACB

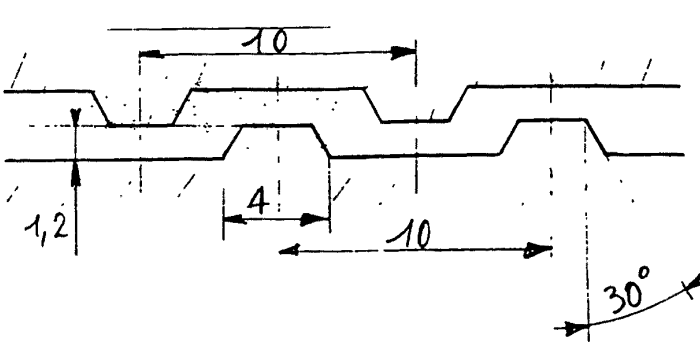
PRESSURE > SYSTEMS

DIE STUDY	BASIC DATA
	<ul style="list-style-type: none">• With optimization depending on standard procurement width of the basic sheets (ex. TA6V, width : 914 - Alu : width : 1000) Minimize raw material scraps.

DIE STUDY	BASIC DATA
	<p style="text-align: center;"> Single Double joint </p>  <p style="text-align: center;"><u>Single joint</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 cover centering dowels, screwed into the tank, possibly used to center the blank : <ul style="list-style-type: none"> ↳ the blank is just placed against 2 perpendicular centering dowels if an accurate positioning is not necessary ; ↳ 3 oblong holes are machined in the sheet to be accurately positioned on the tool. <p style="text-align: center;">In any case it is necessary to leave free expansion of tank and cover.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Centering dowel locating holes in the cover, not open on top side.

06.0030/E

dowel [daʊəl] 双头钉, 用合板钉钉合
 oblong (n) (a) 长方形(的), 椭圆形(的)

DIE STUDY	BASIC DATA
<p>2 - External equipment</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Machining of cover top - tank underside and parallelism between topside and underside: 0.2/1000 (degradation of ceramic platens) • Side faces may be left in « as ground » status. 稍为修角 不用初研加工 • Chamfer on cover top and tank underside. • Sealing joint between tank and cover (double for aluminium, backpressure). • May be single for titanium, pressure side). • No sealing joint when the tightness is made in the blank.  <p style="text-align: center;"><u>Double joint</u></p>

06 0030/E

Chamfer 面、凹槽、修角、挖槽

ACB

PRESSURE > SYSTEMS

DIE STUDY	BASIC DATA
	<ul style="list-style-type: none">• 6 thermocouple locating holes (5 in the tank, 1 in the cover) arranged in diagonal configuration on two faces of the tank, 1 on press side, 1 on operator's side. Drilling: \approx 10 mm of part skin.• Drilling on the side faces to collect the air venting holes (aluminium forming, backpressure).• Air venting holes can be through' holes for titanium.• Gas supply in the cover, holes on press side.• 4 lifting dowels screwed into tank and cover, for handling purposes.• Slots on tank mating face, for part stripping and picking-up.