

行政院及所屬各機關出國人員報告書

(出國類別：實習)

抽蓄發電機組維修技術實習

服務機關：台電明潭發電廠

出國人職稱：副廠長

姓名：洪文和

出國地區：法國

出國日期：民國91年10月11日至91年11月9日

報告日期：民國91年12月17日

96/09105144

系統識別號:C09105144

公 務 出 國 報 告 提 要

頁數: 55 含附件: 是

報告名稱:

抽蓄發電機組維修技術實習

主辦機關:

臺灣電力股份有限公司

聯絡人/電話:

/

出國人員:

洪文和 臺灣電力股份有限公司 明潭發電廠 副廠長

出國類別: 實習

出國地區: 法國

出國期間: 民國 91 年 10 月 11 日 -民國 91 年 11 月 09 日

報告日期: 民國 91 年 12 月 17 日

分類號/目: G6/機械工程 G6/機械工程

關鍵詞: 維修技術

內容摘要: 由於科技的發展快速及公司企業化經營，對抽蓄機組維修技術是提昇更可靠的電力，且爲了充份發揮設備的經濟效益，所以，此次赴國外廠家 ALSTOM 公司研習此技術，無疑的是在提昇機組設備既有功能及安全管理，並使檢修成本降至最低。研習機組維修技術，除就設備故障，設備壽命，設備檢修作一概念探討外，並就設備監測及診斷系統（預防保養）之趨勢作一番了解，以供公司未來規劃新的水力機組及舊有機組安全運轉之參考。最後，由於廠家 ALSTOM 提供許多寶貴意見及資料，應用於電廠機組設備維修改善之實務上極具參考性及效益性。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

抽蓄發電機組維修技術實習

頁數 55 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話 台灣電力公司/陳德隆/(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

洪文和/台灣電力公司/明潭發電廠/副廠長/(049)2776751

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：91.10.11~91.11.09 出國地區：法國

報告日期：91.12.17

分類號/目

關鍵詞：維修技術

內容摘要：(二百至三百字)

由於科技的發展快速及公司企業化經營，對抽蓄機組維修技術是提昇更可靠的電力，且為了充份發揮設備的經濟效益，所以，此次赴國外廠家 ALSTOM 公司研習此技術，無疑的是在提昇機組設備的既有功能及安全管理，並使檢修成本降至最低。

研習機組維修技術，除就設備故障、設備壽命、設備檢修作一概念探討外，並就設備監測及診斷系統(預防保養)之趨勢作一番了解，以供公司未來規劃新的水力機組及舊有機組安全運轉之參考。

最後，由於廠家 ALSTOM 提供許多寶貴意見及資料，應用於電廠機組設備維修改善之實務上極具參考性及效益性。

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

## 目 錄

	頁數
<b>壹、前言</b> .....	2
<b>貳、設備故障、壽命、檢修之探討</b>	
一、設備故障.....	2
二、設備壽命.....	2
三、設備檢修.....	4
<b>參、設備診斷維修技術</b>	
一、概述.....	7
二、設備監測及診斷系統（Machine Monitoring Diagnosis）.....	7
三、系統設計.....	8
四、系統特點.....	9
五、結構衍聲分析（Structure-Borne Sound Analysis）.....	10
六、機組間隙監測（Machine Gap Monitoring）.....	10
七、冷卻空氣分析（Cooling Air Analysis）.....	11
八、穴蝕檢測分析（Cavitation Detection And Analysis）.....	12
九、變壓器之監測及診斷系統（Transformer Monitoring Diagnosis System）.....	13
<b>肆、本廠抽蓄發電廠機組運轉維護技術研討</b>	
一、抽蓄發電機組經常使用 5E（shut down）停機，對相關設備可能發生之影響及其維修之道.....	14
二、推力軸承高溫.....	15
三、長期運轉相對設備之關連性.....	16
四、調速機之維護要領.....	16
五、尾水管壁穴蝕處理要領.....	17
六、導環座滑全固定螺栓斷裂之處理.....	18
七、拆裝熱鎖螺栓時使用電熱棒之技巧.....	18
<b>伍、結語</b> .....	21
<b>陸、建議</b> .....	21
<b>陸、水輪機、發電機工廠參訪實況</b> .....	22
<b>柒、附錄</b> .....	22

## 壹、前言

機組設備維修是為維持或改善恢復設備達到原既有功能之技術活動，修好設備並使檢修成本降至最低，保證設備安全、經濟運轉、提高運轉可靠度均為整體設備過程管理之重要環節，電廠運轉維護同仁都必須重視之，提高品質意識，確實做到應修必修，修必修好的概念。

此次赴國外廠家 ALSTOM 公司研習抽蓄發電機組維修技術，除就設備故障、設備壽命、設備檢修作一概念性探討外，並就設備監測及診斷系統（預防保養）之發展趨勢作一番了解，以供公司未來規劃新的水力機組及舊有機組加強設備安全運轉之參考，最後，再以本廠（明潭發電廠）抽蓄機組之運轉維護技術問題與廠家、法國電力公司。相關設計、維修、製造、技術人員等作一研討，尋求其技術經驗，看法及解決之道，借鏡之處頗多，可供日後工作實務上之參考。

## 貳、設備故障、壽命、檢修之探討

一、設備故障可大分為三類：

（一）漸發性故障

1. 故障原因：

➤ 殘餘應力：

材料於加工處理過程中（壓縮、拉伸、彎曲等）難免留下些許不同之殘餘應力或由溫度潛變，應力集中而造成物件裂損以致設備故障。

➤ 劣化：

機件於各種因素長期作用下，發生物理性、化學性的變化，使得材料其原有性能逐漸下降，產生設備故障。

- ◆ 如韌性/脆性破壞
- ◆ 塑性變形、扭曲、潛變
- ◆ 磁性、質性（如油質）之變化
- ◆ 表面腐蝕：鏽蝕、沖蝕、浸蝕、穴蝕、波紋腐蝕（Fretting）等
- ◆ 表面硬度變化
- ◆ 表面磨損：擦傷、表面層疲勞、材料轉移、擠壓等

（二）突發性故障

◇ 故障原因：係由外力破壞所造成。

（三）複合性故障

◇ 故障原因：係由漸發性、突發性兩種成因相互影響以致設備故障。

## 二、設備壽命：

### (一) 概念上區分為：

#### 1. 使用壽命：

係指設備開始使用，直至無法使用所經歷的時間。

#### 2. 經濟壽命：

係指設備開始使用後，由於老化結果，以其維修費、折舊費等經濟因素判定其壽命，即分析確定該設備之最佳使用年限/更新時機。

#### 3. 技術壽命：

係指設備開始使用後，以至被新產品所汰換之時間，即當科技愈進步，更經濟、更合理的新型設備隨之產出，取代了原設備。

### (二) 延長設備使用壽命：(Rehabilitation)

—發電機組設備投資金額龐大，環保要求日趨嚴苛，用地取得困難，國外電廠對投入運轉之設備，為充分利用其壽命，通常進行設備之改造、配件等更新，以提高其可靠性及經濟性，ALSTOM公司亦有此一部門 (Service and Rehabilitation) 為客戶作設備改善之服務。

## 三、設備檢修：

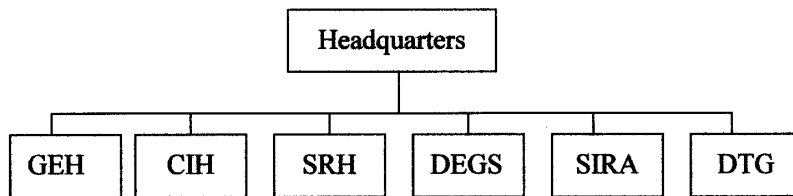
—係指為設備保有原有功（性）能，而進行之維護保養工作。

(一) 大修：

--機組整體拆解，對部分零配件進行修復、改善、汰換等以處理缺陷，恢復原有精度，使機組效率/出力等達到或超出原有設計標準，是一長時間、工作量較大之計劃性檢修。

四、法國電力公司（EDF）對水力電廠之運轉維護管理：

1. 組織：



2. 總處（Headquarters）：

職司管理及支援角色

3. 水力發電部門（Hydro generation departments GEH）：

--依地區劃分為 5 個水力發電部門，每個部門約有 200 人，管理 2~6 個水力電廠，負責電廠運轉、機械維護及大壩監測。（電氣設備則委託原製造廠維護）

◆ 機械維護：

--實施集中維護制度，一級保養為一般日常簡易之維



修（主要以目視檢查為主），二級保養為小的拆解檢  
修，三級（3<sup>rd</sup> Level）保養為機組大修。

4. 水力工程部門（hydraulic engineering CIH）：

--負責公司設備之開發、設計、修改（Modification）等作業。

5. 水力修復部門（hydraulic repair department SRH）：

--依地區分設7個修理工廠（work shop）職司 CIH 之設備設  
計之製造改善之加工等。

6. DEGS 銷售部門。

7. SIRA 服務部門。

8. DTG 儀測部門（Metrology）。

9. 大修時機之考量因素：

➤ 安全性（safety）：

--係對於內、外部人員之安全而言。

➤ 可用性（available）：

--係對電力網供電之重要性而言。

➤ 成本（cost）

--係對運轉供電/停機檢修之成本效益而言。

➤ 環境（environment）

--係對生態環境保護而言。

即以此四大風險 (risk) 因素作為檢修時機之考量。

#### 10. 庫存備品：

##### ➤ 機械部份：

--軸承塊/水車軸封/進水閥水封/電磁閥

##### ➤ 電氣部份：

--轉子-磁極(poles) 定子-線棒/線圈 (bars/coil)

### 參、設備診斷維修技術

#### 一、概述：

為了做到隨時準確地了解設備狀態及追求維修工作的可靠性及經濟性，藉由診斷資訊—由精確地安裝感知器，傳輸資料，假借人工智慧及專家系統整合的電腦來處理—正確判斷設備（現況）劣化的各種狀態資訊。

設備診斷維修技術，一般係指機組在運轉中或停機中（不作大的拆解下），對設備狀態作定性或定量的檢測或監測，並綜合設備轉之趨勢各內、外條件作分析，判斷設備的缺陷異常可能的性質，原因及所在位置，如此經儀器診斷，預知設備可能發生故障，提前安排檢修，稱之為診斷維修技術，此乃為設備檢修之發展方向。

#### 二、設備監測及診斷系統 (Machine Monitoring & Diagnosis)

## 1. 系統優點 (benefits)

- 早期發現故障 (faults)
  - 機組安全出力之最大化
  - 增進了解機組之狀況，確保安全限度下作最大出力運轉。
- 改善電廠運轉效率 (operation efficiency)
- 設備長期趨勢追蹤
  - 由運轉資料及診斷資訊，以追蹤設備性能 (equipment performance) 趨勢。

## 三、系統設計

### 1. 軟體架構：(如圖一)

### 2. 軟體主要功能元件

- 資料伺服器 (Data Server)
  - 以 PLC 可程式控制器作為資料收集系統。
- 核心系統 (Core System)
  - 以 windows NT 為作業系統，包含主模組職司資料管理，所有監測資料，診斷模組研判結果透過視窗 (windowing) 顯示或儲存於資料庫。
- 知識模組 (Knowledge Modules)

--提供資料處理 (Intelligent data processing)

- 圖控界面 (Graphical User interface GUI)

--圖控人機界面程式，可用於任何 windows NT 電腦，可與網路連線包含圖控、趨勢、頻率分析.... 診斷資訊等畫面 (Screens)。

### 3. 硬體架構：(如圖二)

- 主要元件：

-- 主電腦/PLC 可程式控制器/分析器 (analyzers) 處理器 (processors) 數據機 (modem) 等。

#### 四、系統特點：

- (一) 具備網路連線能力，可多機協同作業，亦可遠端即時遙測。
- (二) 即時監測，迅速反應診斷結果。
- (三) 即時類比資料讀取。
- (四) 即時狀態資料讀取。
- (五) 即時語音警報。
- (六) 人性化圖控畫面，系統操作簡單易學。
- (七) Windows 環境下皆可操作，整合通訊、網路、圖控、

資料庫、圖表、列印等於一系統。(如圖三、圖四)

五、結構衍聲分析 (Structure-Borne Sound Analysis) (如圖五、圖六)

(一) 應用於靜子鐵心、靜子線圈

(二) 藉由音波量測評斷頻率 (line frequency) 之二次諧波來診斷鐵心狀態，包括鐵板、貫穿/鎖緊螺栓、連結棒 (winding bar) 等之鬆緊情形。

(三) 監測值之收集：

(四) 硬體設備：

1. 加速度偵測器。

2. 振動處理器。

(五) 附加輔助參數：

1. 發電機出力 (active power)。

2. 發電機回路開關 (C.B) 狀態。

六、機組間隙監測 (Machine Gap Monitoring) (如圖七、圖八)

(一) 應用於靜子形狀 (stator shape)

轉子離心情況 (rotor eccentricity)

(二) 藉由氣隙 (Air Gap) 之表徵，研判軸承間隙，動輪/發電機位置之可能變異。

(三) 監測之收集：

(四) 硬體設備：

1. 感測系統 (capacitive sensor system)
2. 渦流近接探頭 (proximity probes)
3. 類比/數位轉換器。

(五) 附加輔助參數：

1. 發電機出力 (active power)

七、冷卻空氣分析 (cooling air analysis) (如圖九)

冷卻空氣分析分為兩個獨立之次模式 (熱點及臭氧分析模組)

(一) 熱點偵測 (Hot spot-detection) (如圖十)

1. 應用於：靜子線圈、可監視診斷所有接線狀況。
2. 藉由碳氫氣體分析，判定絕緣材料所受熱應力情況。
3. 監測值之收集

➤ 硬體：

◇ 氣體分析器

◇ 集氣裝置 (Pneumatic multiplexer)

◇ 控制設備及程式

➤ 附加輔助參數：

◇ 靜子線圈電流

◇ 發電機回路開關 (C.B) 狀態

(二) 臭氧 ( $O_3$ ) 分析 (Ozone Analysis) (如圖十一)

1. 應用於轉子線圈

2. 藉由氣體含臭氧量之分析，可監視診斷局部電狀況

(partial discharge)

3. 監視值之收集

➤ 硬體：

◇ 臭氧分析器

◇ 濕度分析器

◇ 集氣裝置

◇ 控制設備及程式

➤ 附加輔助參數：

◇ 靜子線圈之電壓及電流

◇ 發電機回路開關 (C.B) 狀態

八、穴蝕檢測分析 (Cavitation detection and analysis) (如圖十二、  
圖十三)

(一) 應用於法蘭西式、卡布蘭水輪機

(二) 藉由安裝於導翼樞軸 ( wicket gate trunnions) 及尾水管管

壁之音波感測器，檢出水壓力波—穴蝕氣泡 (cavitation

bubbles) 引生高水壓波動及管壁之高頻振動，研判穴蝕強度  
(cavitation intensity)

(三) 監測值之收集

➤ 硬體設備：

◇ AEC750 感測器

◇ PXI—系統處理器

➤ 附加輔助參數：

◇ 各運轉數據 (流量、轉速、壓力水頭等)

九、變壓器之監測及診斷系統 (Transformer Monitoring and Diagnosis System)

(一) 油中氣體分析：(Dissolved Gas Measurement)

➤ 藉由油中可燃氣體或氫氣感知器，測定其濃度診斷內部有無異常

(二) 局部放電之偵測：

➤ 以電流/音波感知器，檢出局部放電之脈沖來判定。

(三) 油溫：

➤ 以周圍溫度、負載等計算之油溫與實測溫度作比較，監測局部熱或冷卻器熱交換率之良否。

➤ 監測值之收集



- 硬體設備：
  - ◇ 感測系統
  - ◇ 氣體分析器
  - ◇ 控制設備及程式（資料收集系統）
- 附加輔助參數
  - ◇ 分接頭位置
  - ◇ 風扇或泵運轉狀態
  - ◇ 一次測電壓
  - ◇ 一次/二次測之負載電流
  - ◇ 環境之氣溫/水溫

肆、本廠抽蓄發電機組運轉維護技術研討：

一、抽蓄發電機組經常使用 5E (shut down) 停機，對相關設備（如發電機、變壓器、...）可能發生之影響及其維修之道。

（一）就變壓器及斷路器而言：

為不超過其額定負載電流（非事故電流），則等同於正常運轉之使用，不需作特別維護或檢查。

（二）就發電機而言：

5E 停機頻繁，機組隨著運轉/停止次數增加，熱週期（heat cycle）反覆，致影響定子（stator）使用壽命，需作定期

檢（外觀目視為主）。

（三）就水輪機、導翼而言：

亦與發電機相同，推論會助長各轉動部及流水面之摩耗，故檢修時，須留意各部間隙及穴蝕之處理。

（四）就軸承部分而言（以推力軸承為主要）：

以 5E 停機時，負載跳脫至停機，軸承為最嚴酷使用狀態，以致其活動面承受摩耗及摩擦蓄熱變形，故維修以活動面檢修處理為主。

## 二、 推力軸承高溫

（一）推力軸環（Thrust collar）與推力轉盤（Runner plate）

之結合，有間隙存在及結合面有腐蝕現象：（如照片一、照片二）

廠家 ALSTOM 認為係因過熱變形，致生間隙再則結合面受振動作用力下產生波汶腐蝕（fretting）可將其定位銷（上緣測）直徑伸修減 1mm 使軸環因熱膨脹得以伸展，不致產生擠壓變形。

（二）支撐錐（support cone）受力變形不均廠家 ALSTOM 認為其變

形量可分為彈性墊（Membrane）所吸收，支撐錐強度應為足夠，於軸承塊上之負荷可視為等同的。

（三）是否為軸電流引起之電蝕現象

廠家 ALSTOM 由（如照片三、圖十四、圖十五）表示懷疑，但不確

定，故將所攜之運轉、檢修等相關資料複製留存，得作一番研究後，再予告知。

(四) 廠家 ALSTOM 強調該推力軸承支撐系統一般安裝於水車上蓋，以利檢修。(如圖十六)

### 三、長期運轉相對於設備之關連性

(一) 機組之振動限制了最低出力及其運轉範圍，大的振動會引起機件週期之疲勞 (high cycle fatigue) 特別是在動輪、固定翼、閘體、管路等。

(二) 低週期疲勞 (low cycle fatigue) 係因反覆大應力變化所引起，如機組於起動/停機，水面壓下運轉 (spinning in air) 緊急停機 (load shut down) 時所發生，此一疲勞成正比於起動/停機次數及運轉模式變換次數，導致動輪 (pump turbine)，進水閘及軸承的劣化 (deterioration)，再者熱週期 (heat cycle) 亦會導致電氣設備，如靜子線圈、變壓器線圈等之劣化。

(三) 調相運轉之時間長短可能受限於冷卻水 (磨耗環用) 及尾水管高壓空氣充足與否，其管路不容許洩漏，冷卻水/空氣壓縮機容量大小亦需作仔細衡量的。

### 四、調速機之維護要領：

(一) 一般注意事項：

調速機送電中不可作拆裝控制卡片，以免 IC 受衝擊而損壞。

(二) 速度檢出裝置 (SSG)：

測速用測頭與齒盤齒頂間之間隙是否在規定值範圍內。

(三) 電氣—液壓轉換閥：

若非重大故障 (卡住等動作不良)，不需拆解檢修，吸著、卡住的原因大是油質不潔所致，分解檢修、清洗後，組裝時須防止異物再進入。

(四) 特性測定：(如表一)

輸入不同的電壓 (或電流) 對分配閥位移變化量之關係。

(五) 開度回授裝置：

- ◇ 引線有無鬆動，端子有無接觸不良。
- ◇ 連接機構有無鬆動或間隙過大。
- ◇ 供應電源是否正常。

(六) 特性測定：(如表二)

回授電壓值 (或電流值) 對開度位置值之關係。

五、尾水管壁穴蝕處理要領：(如照片四)

廠家建議應作全面焊補，施以電焊或噴焊，唯若全面大量焊

修會有大量熱應力集中，應慎選電專業者從事之或分次分段實施較為適當，以免發生變形而影響水流。

六、導環座滑金固定螺栓漸裂之處理：(如照片五)

廠家建議於滑金與導環座之間塗樹脂黏著劑 (Epoxy - Adhesive) 以加強其結合強度 (如附件 3M , Scotch-Weld)

七、拆裝熱鎖螺栓時使用電熱棒之技巧：(如圖十七)

### 螺栓固定式電熱器安全操作注意事項

1. 當螺栓電熱器有電能時，不要移動和搬動。否則，將會嚴重損壞電熱器，導致無法修復。
2. 在電熱器冷卻前不要搬移，即使電源切斷後仍有餘熱表面溫度很高，建議將在電熱器電源切斷十分鐘後才可移動。
3. 根據設計和規範保證所用電熱器是適用的。
4. 調整吊扣以保證電熱器的正確安放。
5. 安裝時要電熱器螺栓片完全與螺栓孔相吻合。
6. 保證電熱器按設計圖紙所規定的時間供電能。
7. 在未肯定電熱器冷卻前不要觸摸，螺栓電熱片最高溫度為 $1000^{\circ}\text{C}$ ，對它的忽視會造成嚴重燒傷。在螺栓電熱器開始工作時，要始終戴好隔熱手套。當結束操作時，要使螺栓電熱器完全冷卻，如果由於某種原因而不能實現而要從螺栓上取下『熱』電熱器，要小心保護電熱器和周圍的操作人員。建議將電熱器可放置在一個金屬管內或者用螺栓以便使冷卻，電熱器此時不能接觸任何易燃材料或容易造成熱損害的表面。
8. 不要移動連有裝線的電熱器，不要拉、折電線，通用把手等器械，以避免對電纜和連拉器的不必要的應力。
9. 當供電開關關閉前，不要切斷任何電熱器和轉換器的裝配線。

10. 注意螺栓電熱器，外表由機床加工十分精密準確，任何損壞可能造成插入困難和操作進行不順暢。不用時應將電熱器存放在適當地方，以免受損。

## 伍、結語：

- 一、抽蓄機組維修技術無疑的是在提昇設備的安全管理，但與設備設計、製造、施工安裝、試驗、運轉、維修甚至人員的培訓均為息息相關，而且初始是否採取可靠性設計決定了日後維護的工作量，因此為了充份發揮設備的經濟效益，須作設備壽命全過程之管理，涵蓋設計/裝造/安裝/試驗等事前診斷，運轉中設備狀態，劣化等事中診斷及故障後原因分析或設備即將報廢等之事後診斷。
- 二、就國外監測診斷系統發展方向，可供規劃新/舊機組加強或改善設備安全運轉之參考。
- 三、此次廠家提供許多寶貴意見及資料，應用於電廠設備上極具參考性，作為爾後設備運轉維護之改善依據，使電廠營運更具效益。

## 陸、建議

- 一、基於網路化之監視/控制及兼顧運轉、預防保養等概念，統合了安全分析/診斷之預知技術加之於水輪發電機組之運作，此一系統之整合，宜作深層探討，增進電廠更有效可靠之管理。
- 二、請於規劃新機組之際，尾管上襯圈（Top Liner），能使加長 1M 之不銹鋼襯圈，以免加重日後穴蝕維修焊補磨修之工作。



陸、水輪機、發電機工廠參訪實況：(如照片六)

柒、附錄：

圖一：Software Architecture

圖二：Standard System Layout

圖三：Graphic Screen

圖四：Trend Screen

圖五：Structure-Borne Sound System

圖六：Structure-Borne Sound Analysis

圖七：Machine Gap Monitoring

圖八：Machine Gap Monitoring (Processing of measured values)

圖九：Cooling Air Analysis

圖十：Hotspot-Detection(Cooling Air Analysis)

圖十一：Ozone Analysis(Cooling Air Analysis)

圖十二：Cavitation detection and analysis

圖十三：Cavitation defection and analysis

圖十四：推力軸承溫升記錄

圖十五：P mode 軸承溫升

圖十六：推力軸承支撐系統安裝於水車上蓋情形

圖十七：拆裝熱鎖螺栓時使用電熱棒之技巧及時間

照片一：推力軸環與推力轉盤

照片二：推力軸環與推力軸轉盤之一

照片三：推力軸環電蝕現象

照片四：尾管空氣管穴蝕現象

照片五：導環座滑金固定螺栓斷裂之處理

照片六：水輪機、發電機工廠參訪實況

附表一：液壓轉閘特性測定

附表二：開度回授裝置特性測定

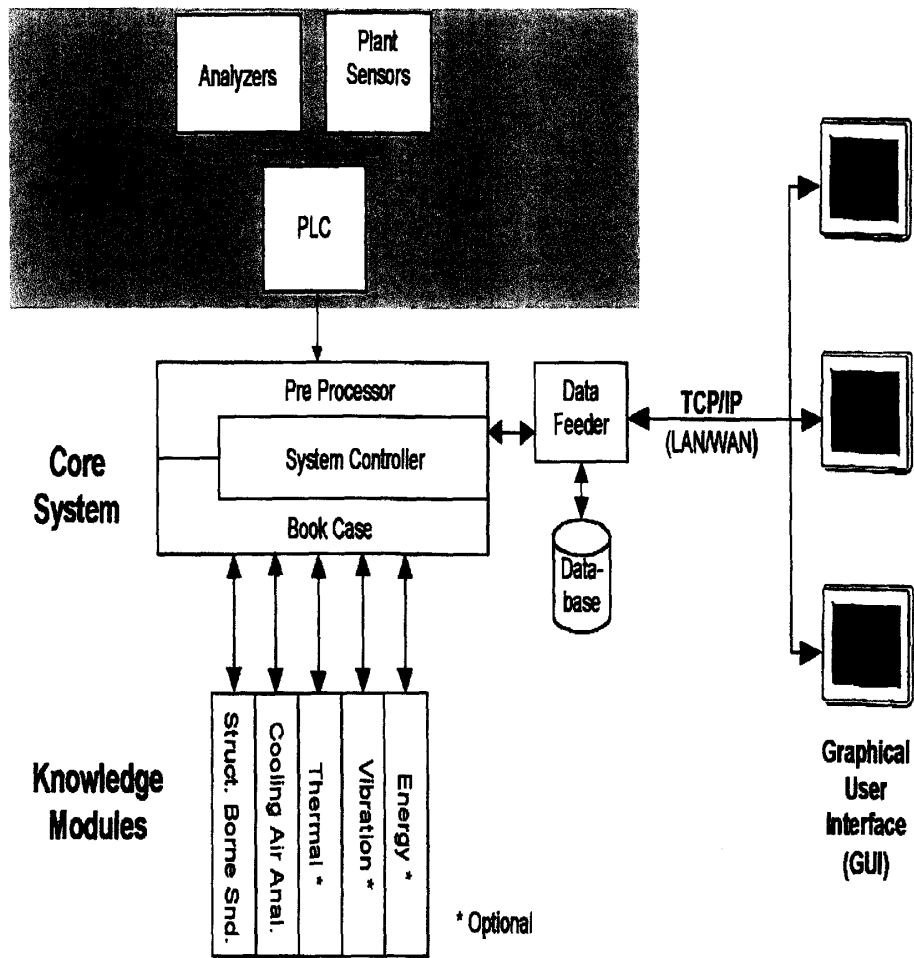
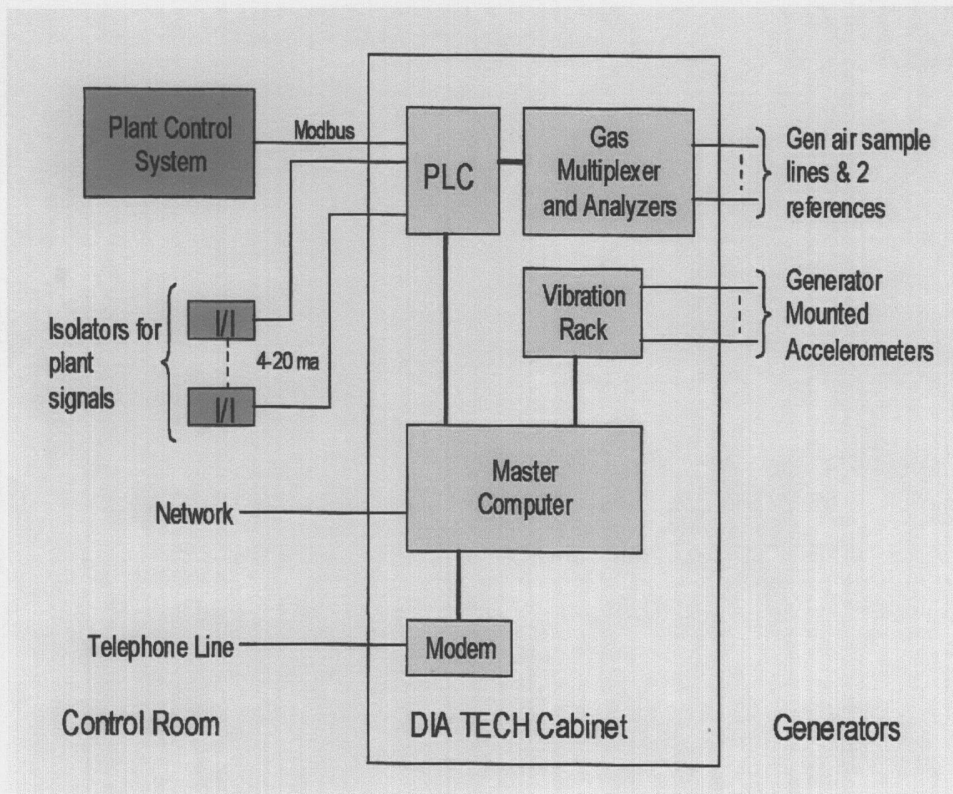
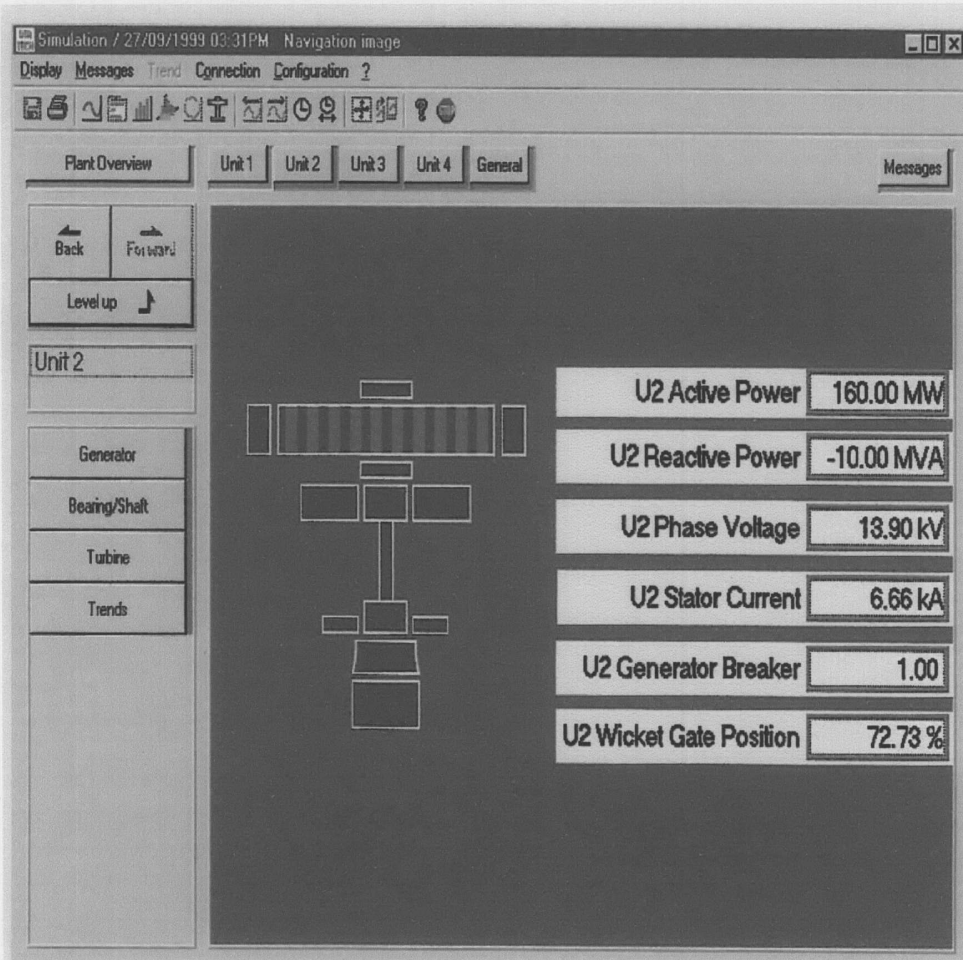


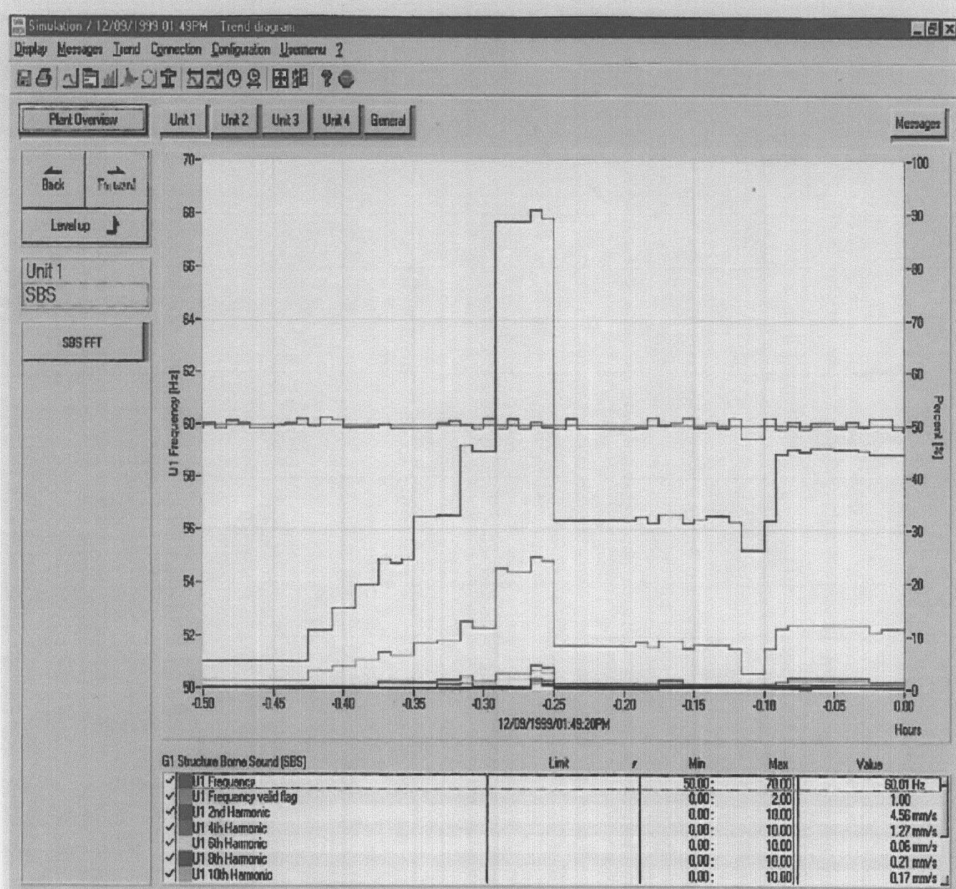
图 1 : Software Architecture



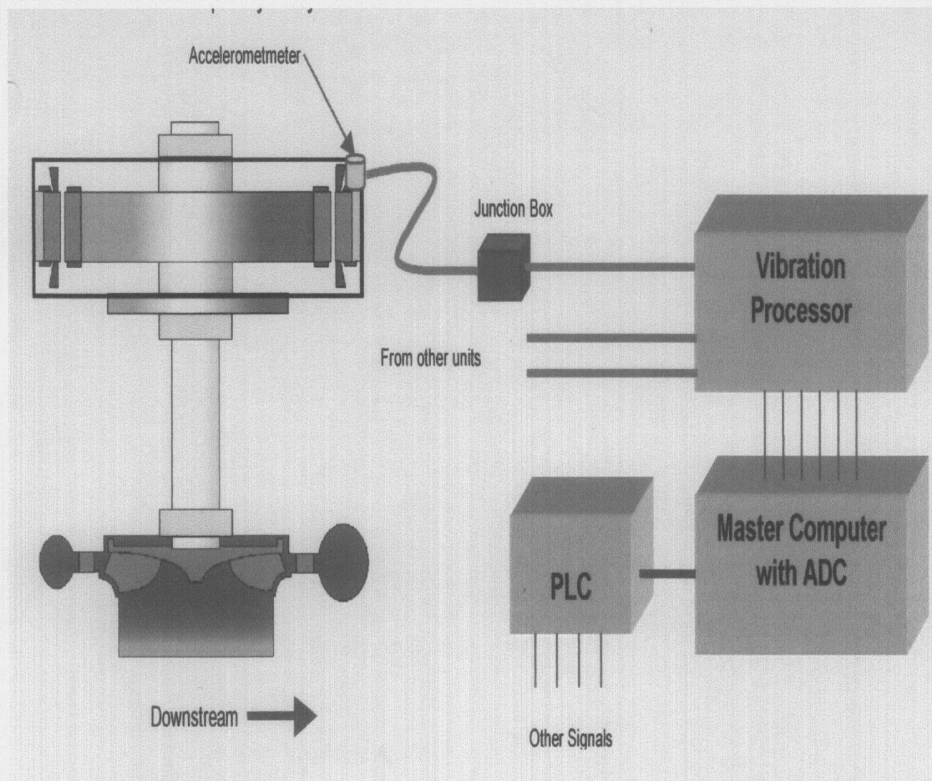
圖二：Standard System Layout



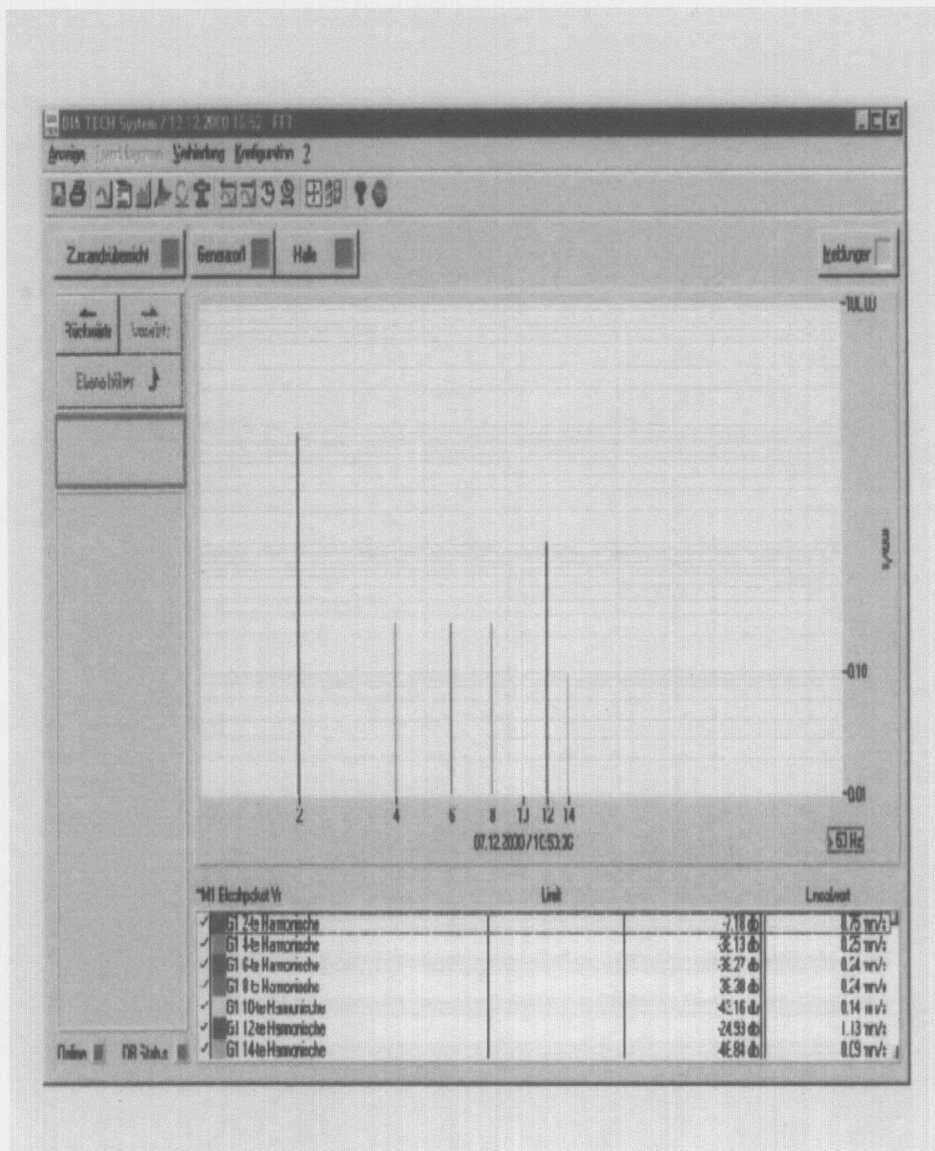
圖三：Graphic Screen



圖四：Trend Screen

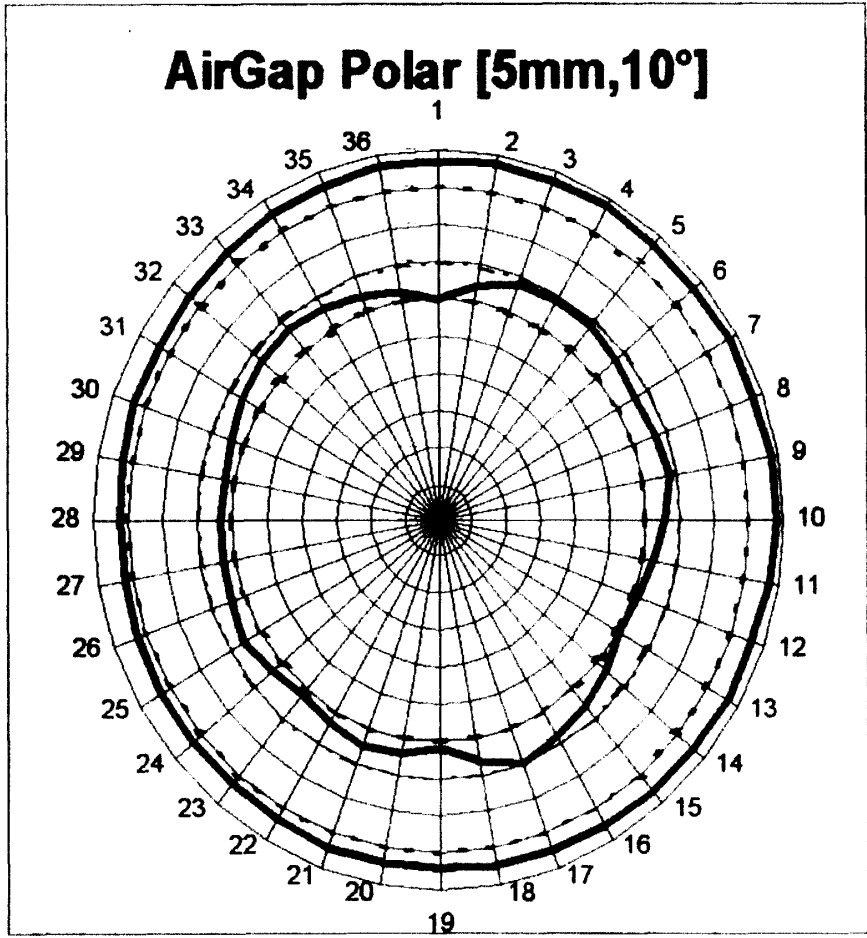


圖五：Structure-Borne Sound System

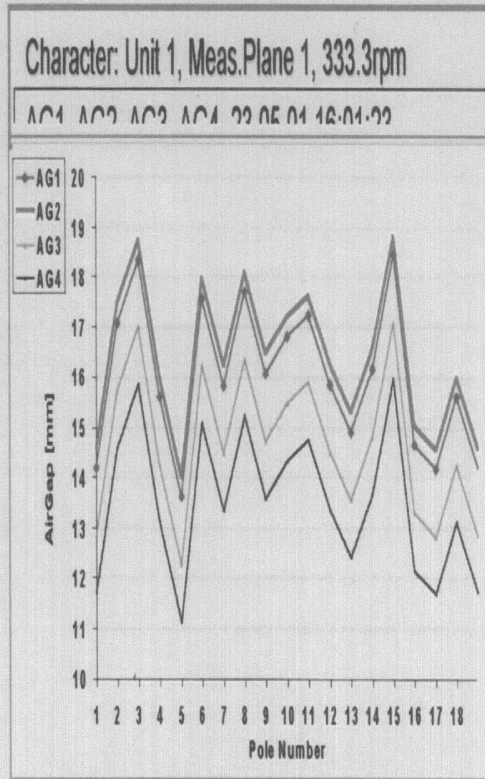
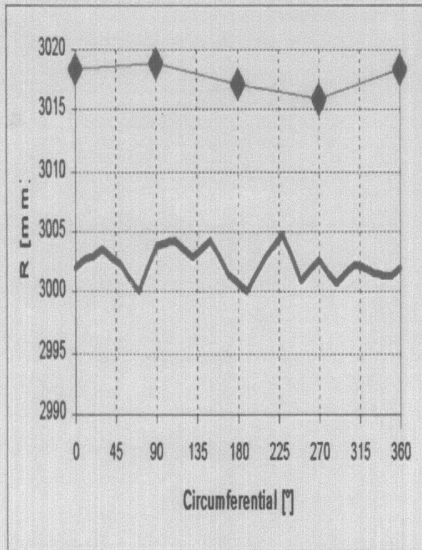


圖六：Structure-Borne Sound Analysis



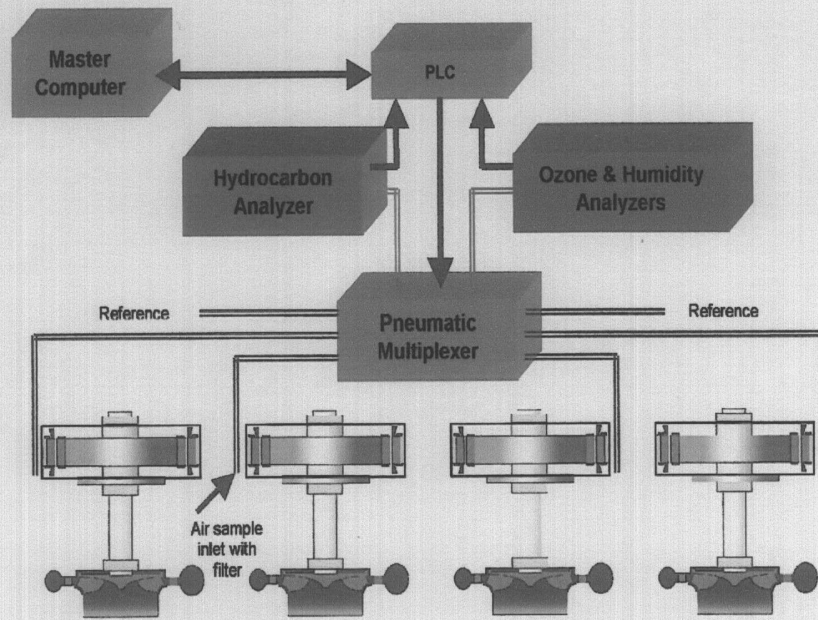


圖七：Machine Gap Monitoring

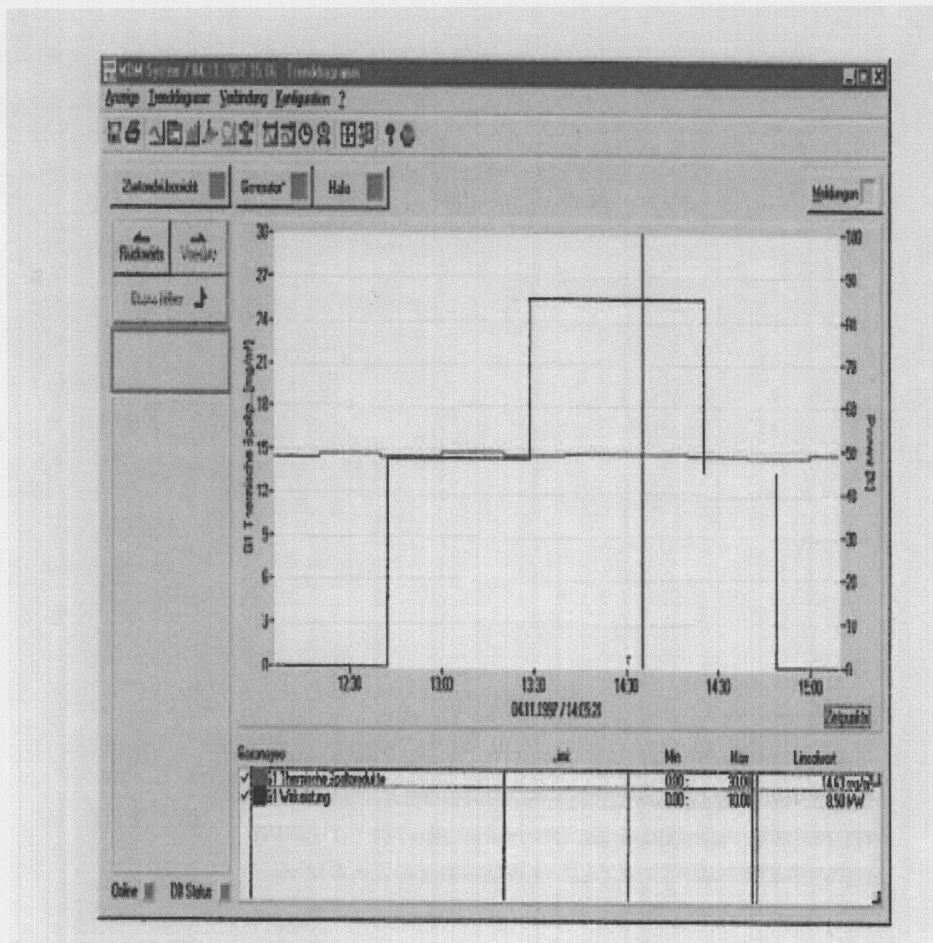


圖八：Machine Gap Monitoring (Processing of measured values)

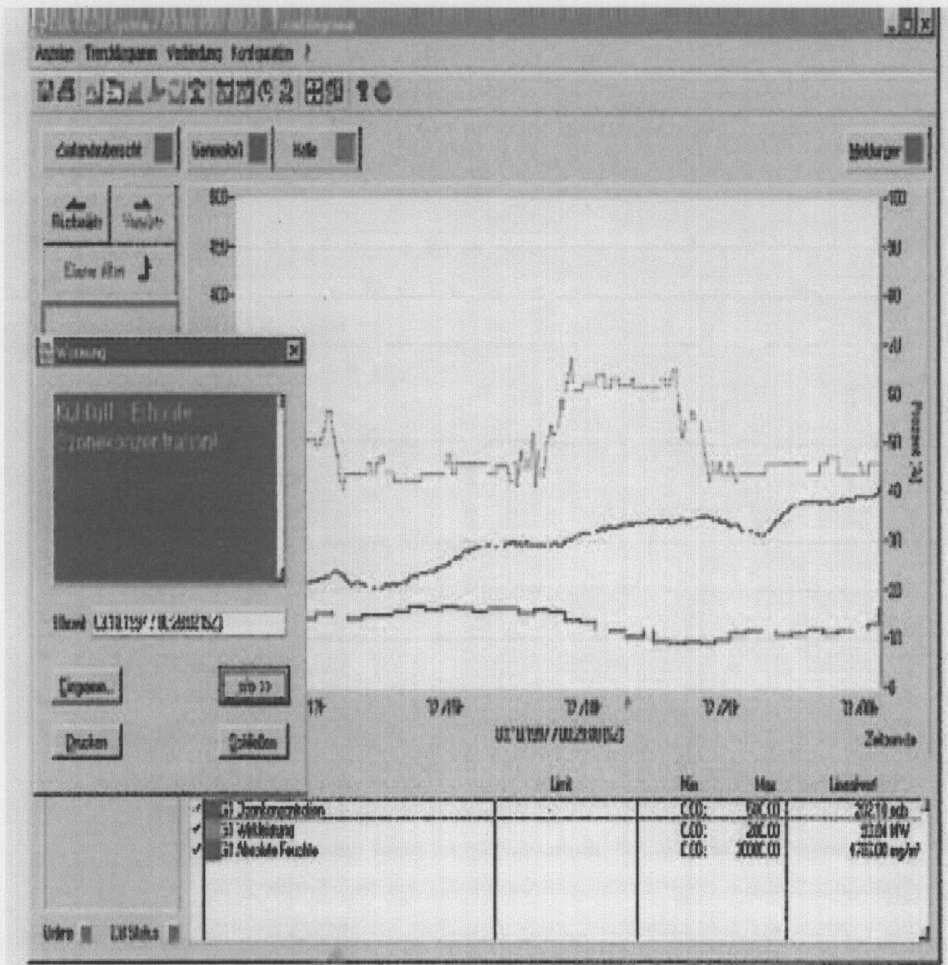
**Schematic of Cooling Air Analysis consisting of hotspot-detection & ozone analysis**



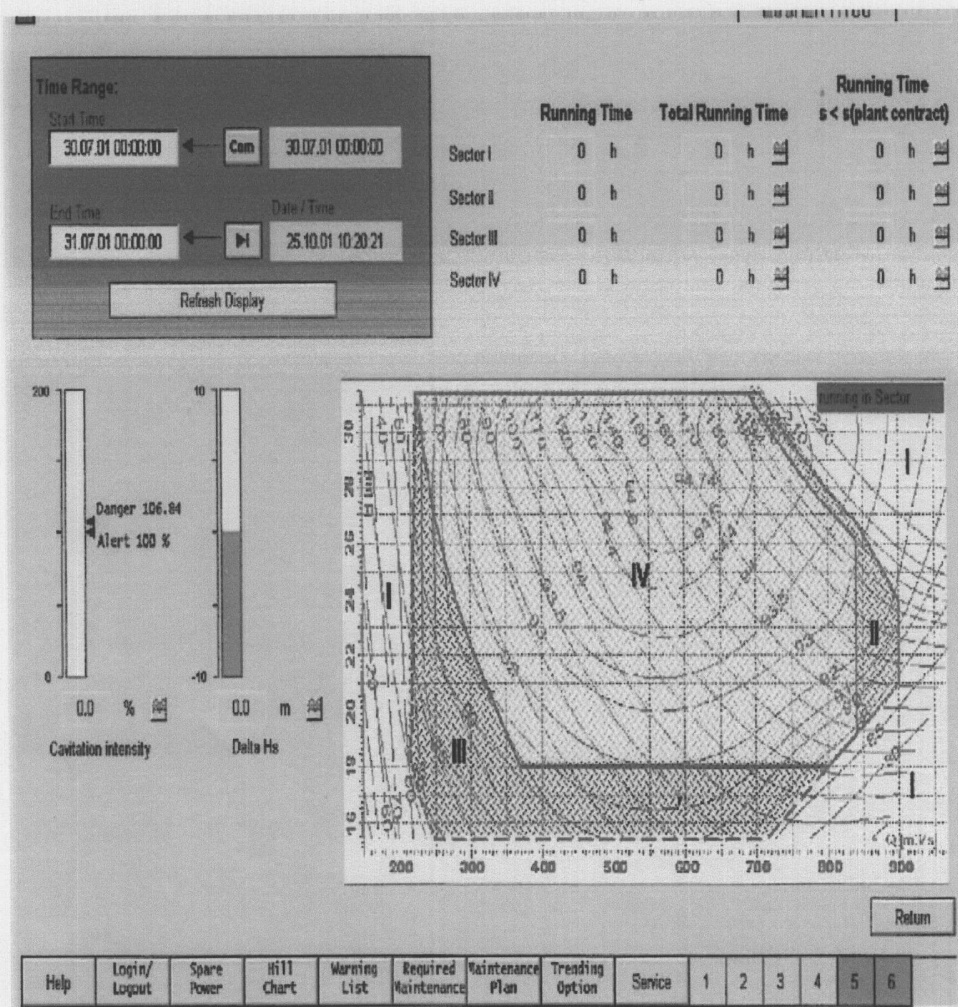
圖九：Cooling Air Analysis



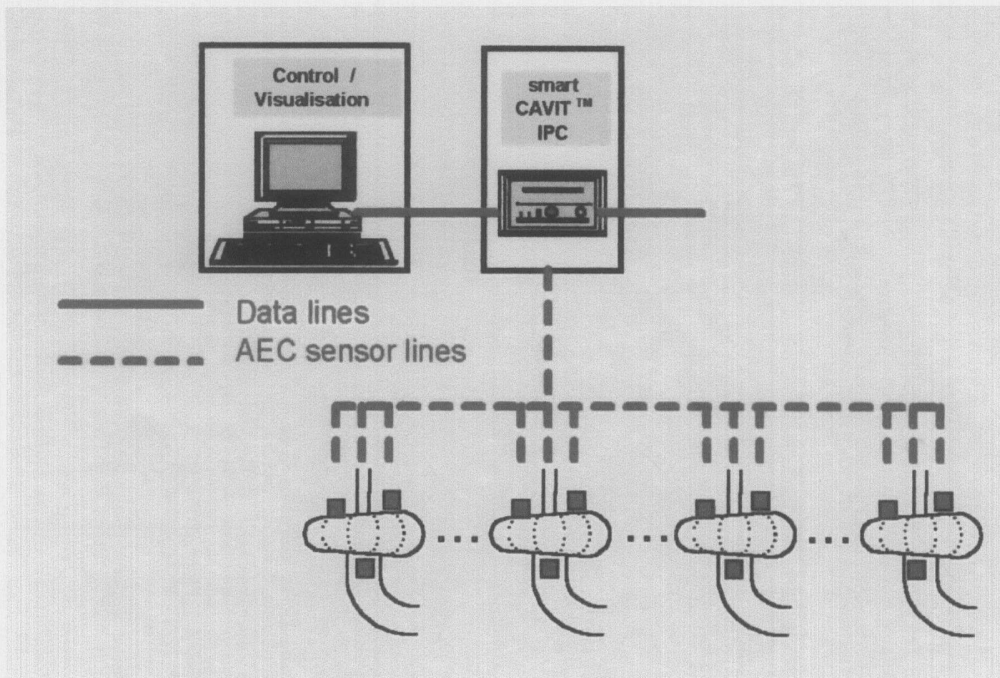
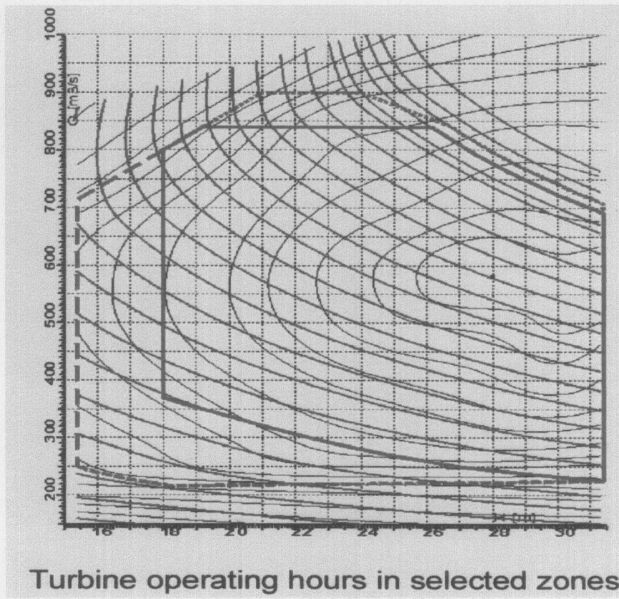
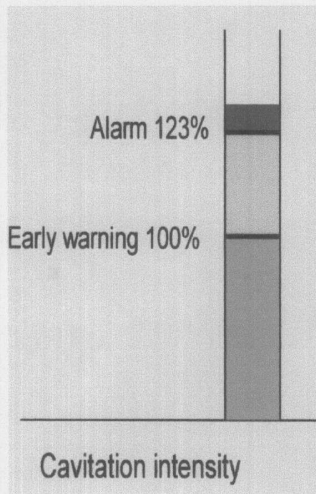
圖十：Hotspot-Detection(Cooling Air Analysis)



圖十一：Ozone Analysis(Cooling Air Analysis)

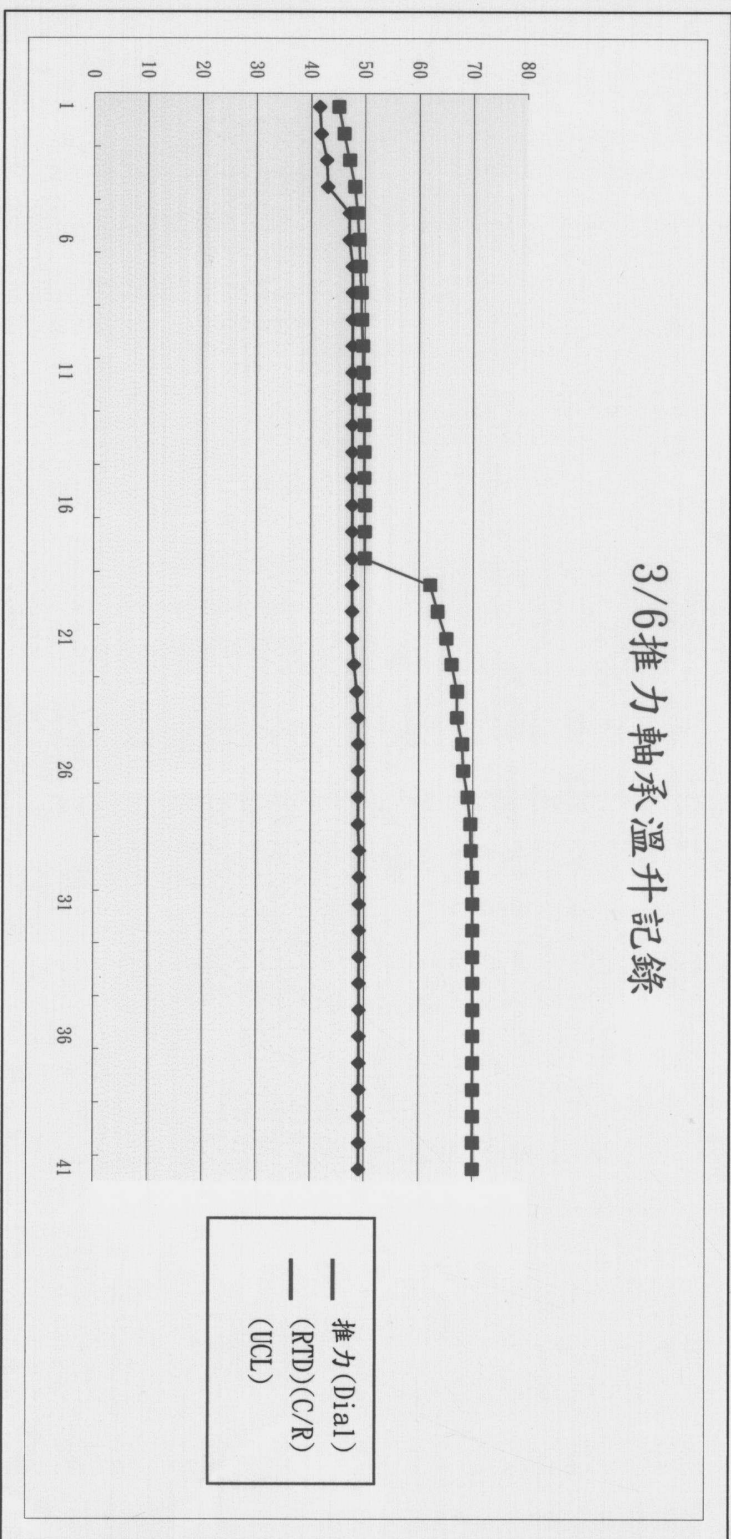


圖十二：Cavitation detection and analysis



圖十三：Cavitation defection and analysis ~一

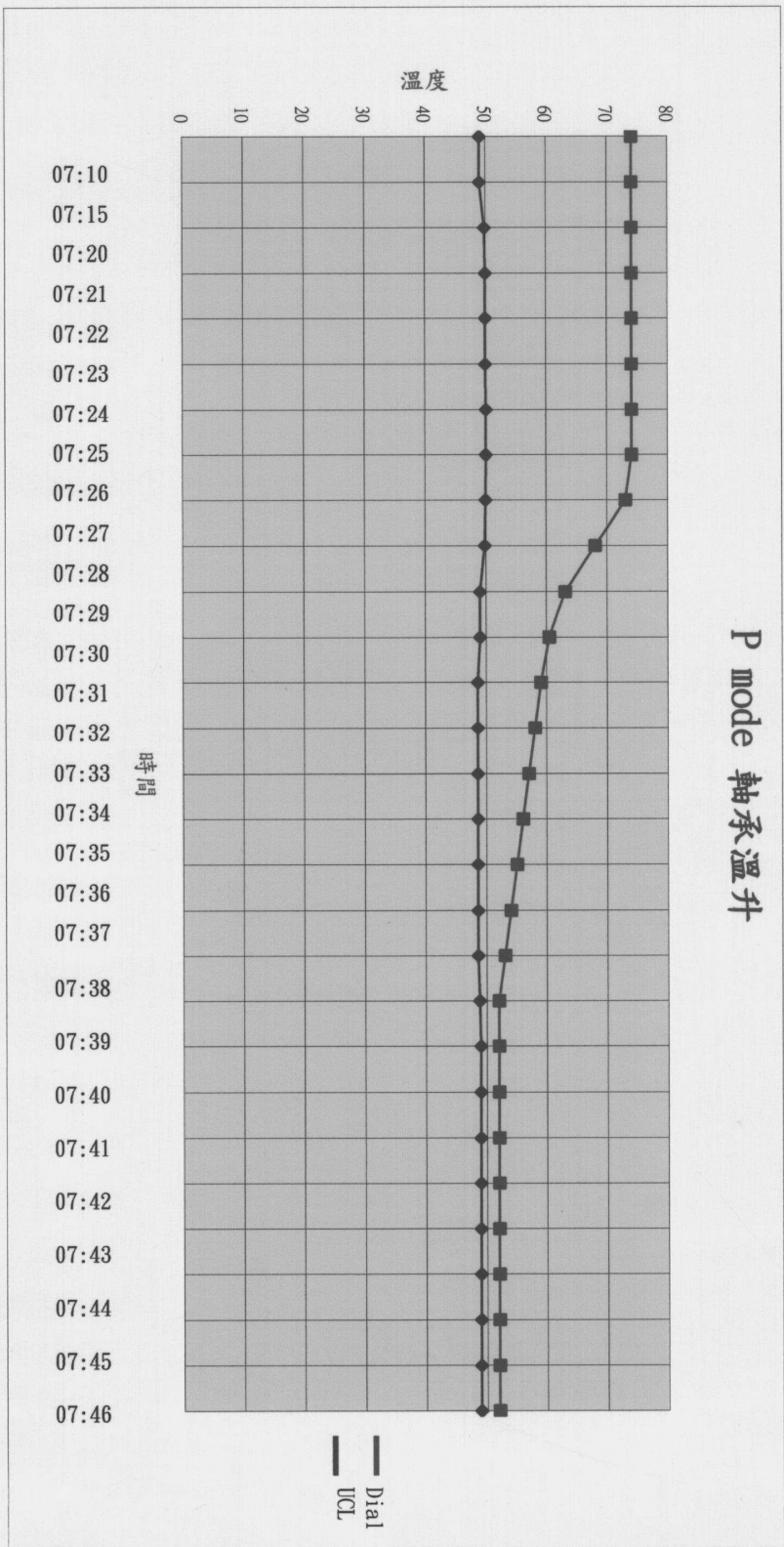
### 3/6 推力軸承溫升記錄



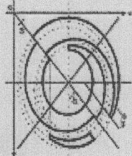
圖十四：推力軸承溫升記錄



P mode 軸承溫升



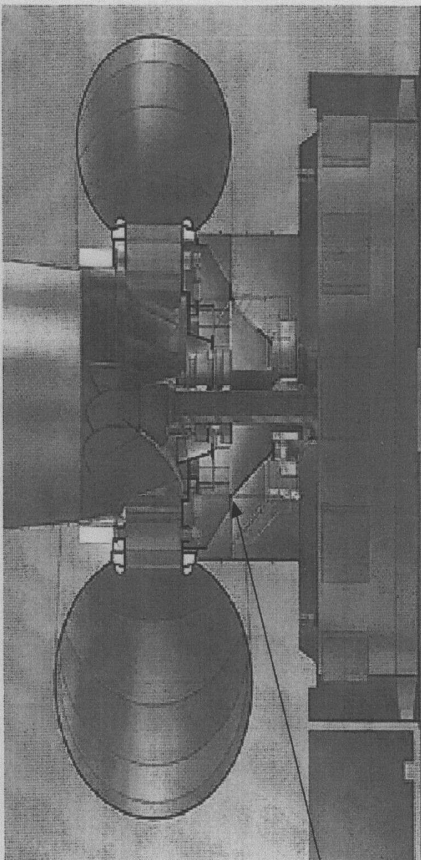
圖十五：P mode 軸承溫升



## THRUST BEARINGS

# ALSTOM

### 3 - MAIN TYPICAL LAYOUTS (1/3) :



- **Below Generator, resting on**

- Turbine headcover**

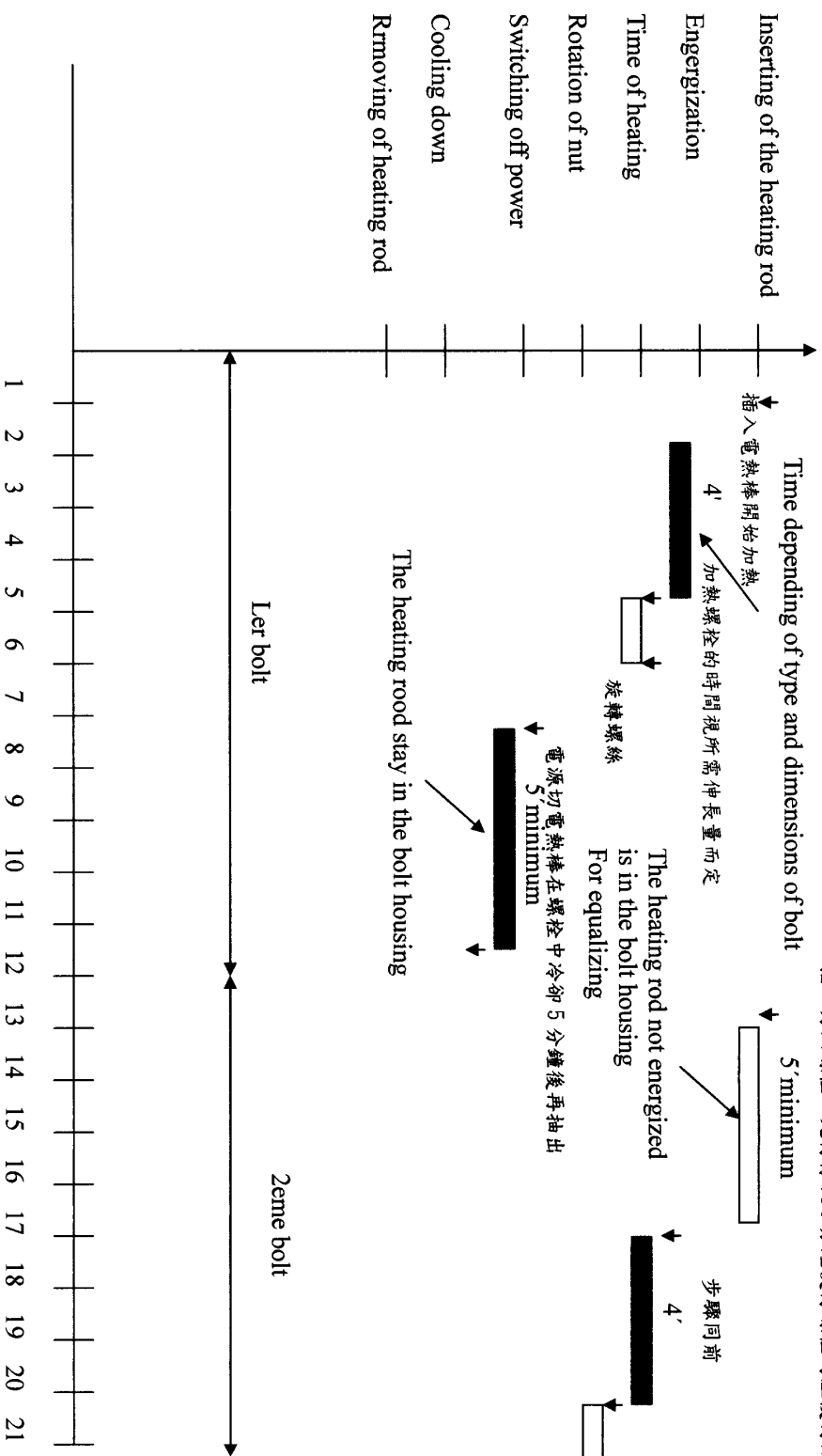
- Simple supporting cone, compared to a TB bracket.
    - Very compact Hydro set
      - shortened shaft-line
      - minimised Civil Works (underground power-stations)
    - But : rarely specified as part of usual Customers and Engineers technical descriptions.

## ON TURBINE HEAD COVER

圖十六：推力軸承支撐系統安裝於水車上蓋情形

ANNEXE2-SEQUENCE FOR USING OF HEATING ROS

插入另只螺栓，先行停放 5 分鐘使得螺栓均溫後再開始加熱



圖十七：拆裝熱鎖螺栓時使用電熱棒之技巧及時間



推力轉盤結合表面電蝕後銹蝕情形

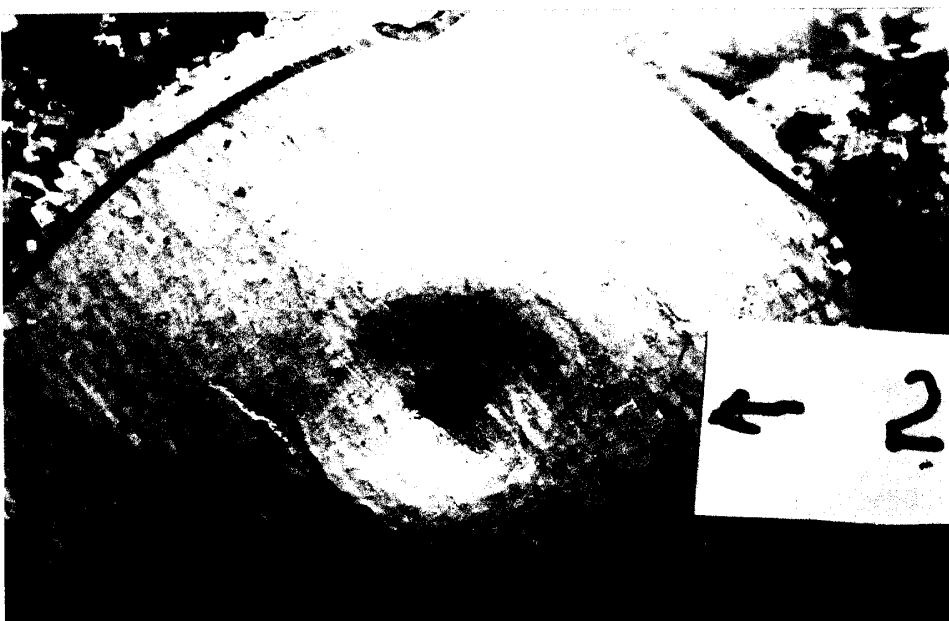


推力軸環電蝕近照

照片一：推力軸環與推力轉盤



推力軸承塊磨耗情形

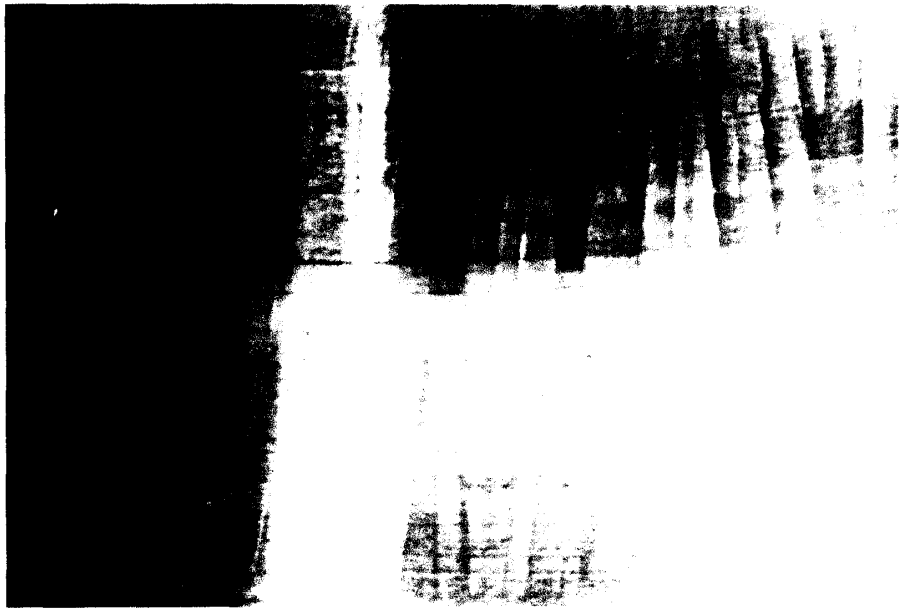


推力軸承塊磨耗情形

照片一：推力軸承塊磨耗情形之一



推力軸環與 Pad 接觸表面環狀皺摺



推力軸環皺摺表面近照

照片二：推力軸環與推力軸轉盤之一



推力軸環 T 型螺栓槽之未電蝕原表面



推力軸環電蝕之近照

照片三：推力軸環電蝕現象



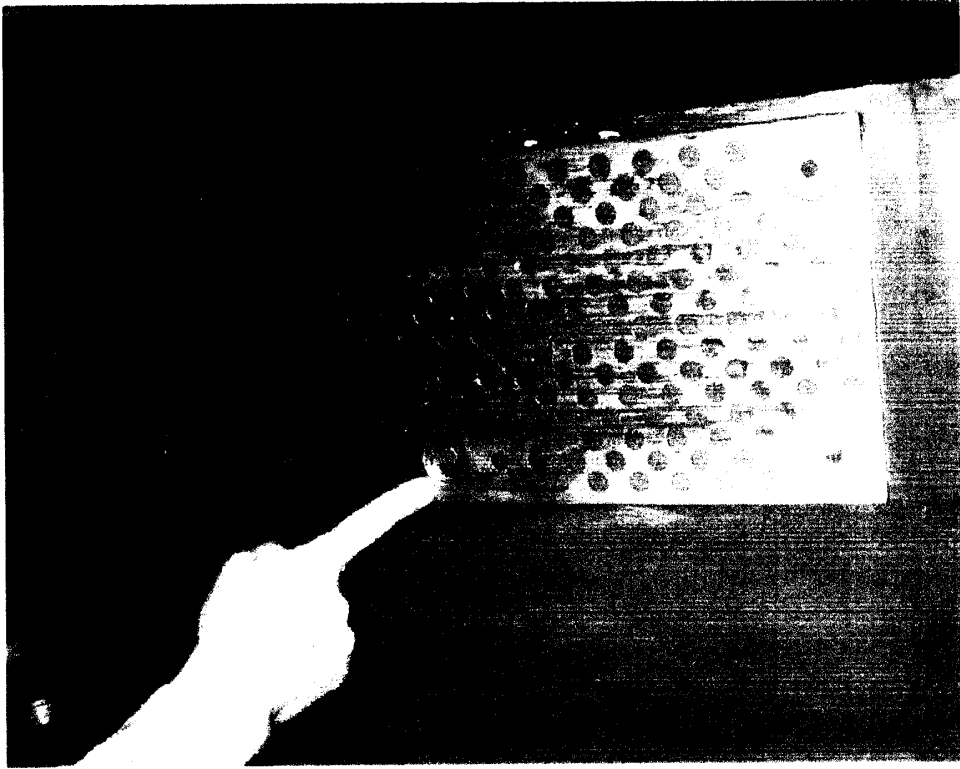
尾管空氣管出口部位穴蝕焊補後磨順



尾管穴蝕處以倍造耐、塑膠鋼填補(廠家建議改以焊補修整)

照片四：尾管空氣管穴蝕現象

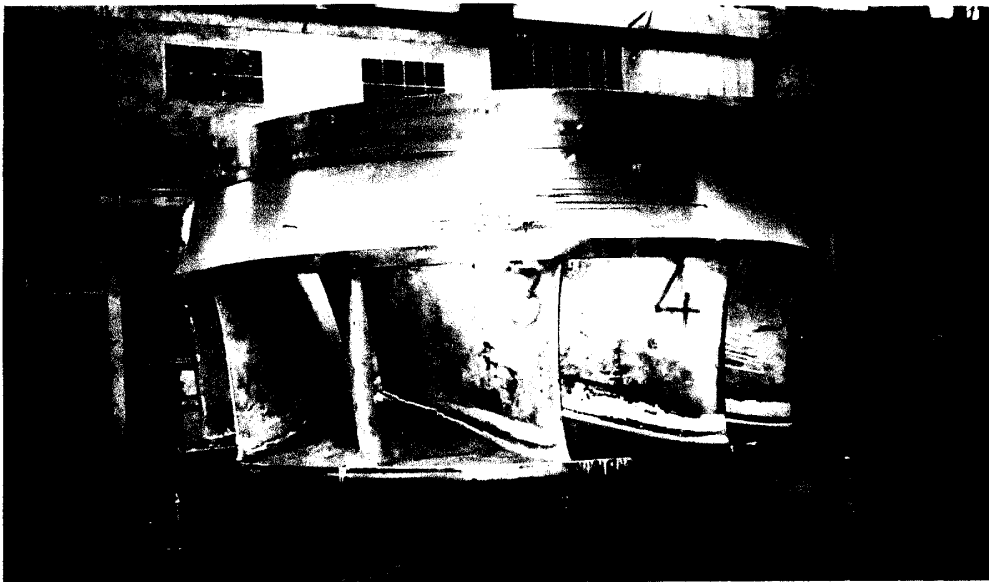
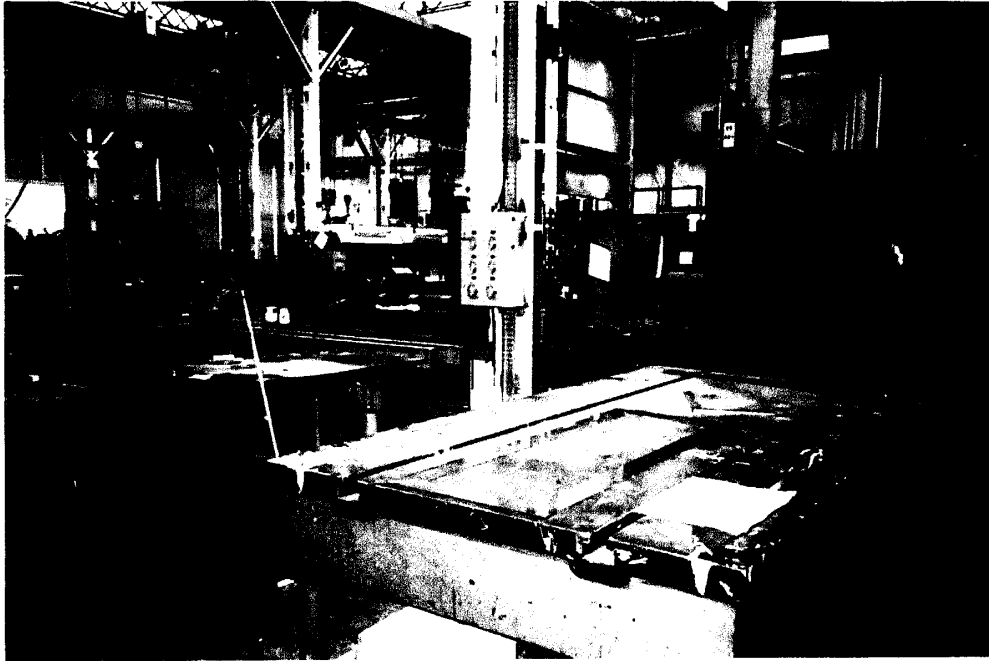




導環座滑金固定螺栓斷裂情形

照片五：導環座滑金固定螺栓斷裂之處理

陸、水輪機、發電機工廠參訪實況：(照片六)





附表一

電氣一液壓轉換閥特性測定：

EQUIPMENT	Hydraulic Governor
TESTITEM	Test of Gate Proportional Valve Characteristic

Type of Proportional Valve :

W/G-Servomotor Stroke Meseure Range 25%-75%                      mm

Close Open Pos.			Open Close Pos.		
Proportional Vavle Pos. 【V】	Time 【sec】	W/G-SM Speed 【mm/sed】	Proportional Vavle Pos. 【V】	Time 【sec】	W/G-SM Speed 【mm/sed】
0.5			-0.5		
1.0			-1.0		
2.0			-2.0		
3.0			-3.0		
4.0			-4.0		
5.0			-5.0		
6.0			-6.0		
7.0			-7.0		
8.0			-8.0		
9.0			-9.0		
10.0			-10.0		
11.0			-11.0		
12.0			-12.0		
13.0			-13.0		

Oil Temp :

Oil Pressure :

Adjusted Opening Time  sec

Adjusted Closing Time  sec

表一：液壓轉閥特性測定

附表二

開度回授裝置特性測定：

EQUIPMENT	Digital Governor
TESTITEM	INPUT SIGNAL Calibration of Wicket Pos. Transmitter

Type of Transmitter :

Schematic NO :

65 GP

DESIGN		ACTUAL
WG-Stroke	Transmitter Signal	Transmitter Signal
【mm】	【mA】	【mA】
0	4.00	
20.4	7.20	
40.8	10.40	
61.2	13.60	
81.6	16.80	
102	20.00	

表二：開度回授裝置特性測定

# 3M Scotch-Weld™ Epoxy Adhesive

2216 B/A Gray • 2216 B/A Tan NS • 2216 B/A Translucent

Technical Data

May, 1998

(Supersedes March 1, 1995)

**Product Description** 3M™ Scotch-Weld™ 2216 B/A Gray, Tan NS and Translucent Epoxy Adhesives are flexible, two-part, room temperature curing epoxies with high peel and shear strengths.

- Features**
- Excellent for bonding many metals and woods, most plastics and rubbers and masonry products.
  - 2216 B/A Gray Adhesive meets MIL-A-82720.
  - 2216 B/A Tan NS Adhesive provides a non-sag product for greater bondline control.

**Typical Uncured Physical Properties** Note: The following technical information and data should be considered representative or typical only and should not be used for specification purposes.

Product	2216 B/A Gray		2216 B/A Tan NS		2216 B/A Translucent	
	Base	Accelerator	Base	Accelerator	Base	Accelerator
<b>Color:</b>	White	Gray	White	Tan	Translucent	Amber
<b>Base:</b>	Modified Epoxy	Modified Amine	Modified Epoxy	Modified Amine	Modified Epoxy	Modified Amine
<b>Net Wt.: (lbs.gal.)</b>	11.1-11.6	10.5-11.0	11.1-11.6	10.5-11.0	9.4-9.8	8.0-8.5
<b>Viscosity: (cps) (Approx.) Brookfield RVF #7 sp. @ 20 rpm</b>	75,000 - 150,000	40,000 - 80,000	75,000 - 150,000	*40 - 80	11,000 - 15,000	5,000 - 9,000
<b>Mix Ratio: (by weight)</b>	5 parts	7 parts	5 parts	7 parts	1 part	1 part
<b>Mix Ratio: (by volume)</b>	2 parts	3 parts	2 parts	3 parts	1 part	1 part
<b>Work Life: (Approx. Time for 100 Gra Qty. @ 75°F (24°C)</b>	90 minutes	90 minutes	120 minutes	120 minutes	120 minutes	120 minutes

\*Press Flow (sec.) 20 grams or 20g, 50 psi, 80°F, 0.104 in. orifice.

# Scotch-Weld™

## Epoxy Adhesives

2216 B/A Gray • 2216 B/A Tan NS • 2216 B/A Translucent

Typical Cured Physical Properties	Product	2216 Gray	2216 Tan NS	2216 Translucent
	Color	Gray	Tan	Translucent
	Shore D Hardness ASTM D 2240	50-65	65-70	35-50
	Time to Handling Strength	8-12 hrs.	8-12 hrs.	12-16 hrs.

Typical Cured Electrical Properties	Product	2216 Gray	2216 Translucent
	Arc Resistance	130 seconds	
	Dielectric Strength	408 volts/mil	630 volts/mil
	Dielectric Constant@73°F (23°C)	5.51—Measured @ 1.00 KC	
	Dielectric Constant@140°F (60°C)	14.17—Measured @ 1.00 KC	
	Dissipation Factor 73°F (23°C)	0.112 Measured @ 1.00 KC	
	Dissipation Factor 140°F (60°C)	0.422—Measured @ 1.00 KC	
	Surface Resistivity@73°F (23°C)	5.5 x 10 <sup>16</sup> ohms—@ 500 volts DC	
	Volume Resistivity@73°F (23°C)	1.9 x 10 <sup>12</sup> ohms-cm—@ 500 volts DC	3.0 x 10 <sup>12</sup> ohms-cm @ 500 volts DC

Typical Cured Thermal Properties	Product	2216 Gray	2216 Translucent
	Thermal Conductivity	0.228 Btu-ft/ft <sup>2</sup> h °F	0.114 Btu-ft/ft <sup>2</sup> h °F
	Coefficient of Thermal Expansion	102 x 10 <sup>-6</sup> in./in./°C between 0-40°C 134 x 10 <sup>-6</sup> in./in./°C between 40-80°C	81 x 10 <sup>-6</sup> in./in./°C between -50-0°C 207 x 10 <sup>-6</sup> in./in./°C between 60-150°C

### Handling/Curing Information

#### Directions for Use

1. For high strength structural bonds, paint, oxide films, oils, dust, mold release agents and all other surface contaminants must be completely removed. However, the amount of surface preparation directly depends on the required bond strength and the environmental aging resistance desired by user. For suggested surface preparations of common substrates, see the following section on Surface Preparation.
2. These products consist of two parts. Mix thoroughly by weight or volume in the proportions specified on the Product Label and in the Uncured Properties Section. Mix approximately 15 seconds after a uniform color is obtained.
3. For maximum bond strength apply product evenly to both surfaces to be joined.
4. Application to the substrates should be made within 90 minutes. Larger quantities and/or higher temperatures will reduce this working time.
5. Join the adhesive coated surfaces and allow to cure at 60°F (16°C) or above until firm. Heat, up to 200°F (93°C), will speed curing.

# Scotch-Weld™

## Epoxy Adhesives

2216 B/A Gray • 2216 B/A Tan NS • 2216 B/A Translucent

**Typical Adhesive Performance Characteristics**  
(continued)

**C. Overlap Shear Strength After Environmental Aging Etched Aluminum**

Environment	Time	Overlap Shear (psi) 75°F (24°C)		
		2216 B/A Gray Adhesive	2216 B/A Tan NS Adhesive	2216 B/A Trans. Adhesive
100% Relative Humidity @120°F (49°C)	14 days	2950 psi	3400 psi	1390 psi
	30 days	1985 psi	2650 psi	
	90 days	1505 psi		
**Salt Spray@75°F (24°C)	14 days	2300 psi	3900 psi	1260 psi
	30 days	500 psi	3300 psi	
	60 days	300 psi		
Tap Water@75°F (24°C)	14 days	3120 psi	3250 psi	1950 psi
	30 days	2942 psi	3700 psi	
	90 days	2075 psi		
Air@160°F (71°C)	35 days	4650 psi	4425 psi	
Air@300°F (149°C)	8 days	4000 psi	4450 psi	3500 psi
Anti-icing Fluid@75°F (24°C)	7 days	3300 psi	3050 psi	2500 psi
Hydraulic Oil@75°F (24°C)	30 days	2500 psi	3500 psi	2500 psi
JP-4 Fuel	30 days	2500 psi	2750 psi	2500 psi
Hydrocarbon Fluid	7 days	3300 psi	3100 psi	3000 psi

**D. Overlap Shear Strength on Abraded Metals, Plastics, and Rubbers.**

Overlap shear strengths were measured on 1 in. wide 1/2 in. overlap specimens. These bonds were made individually using 1 in. by 4 in. pieces of substrate (Tests per ASTM D-1002-72).

The thickness of the substrates were: cold rolled, galvanized and stainless steel – 0.056-0.062 in., copper – 0.032 in., brass – 0.036 in., rubbers – 0.125 in., plastics – 0.125 in.. All surfaces were prepared by solvent wiping/abrading/ solvent wiping.

The jaw separation rate used for testing was 0.1 in. per minute for metals, 2 in. per minute for plastics, and 20 in. per minute for rubbers.

Substrate	Overlap Shear (PSI)@75°F (24°C)	
	2216 B/A Gray Adhesive	2216 B/A Tan NS Adhesive
Aluminum/Aluminum	1850	2350
Cold Rolled Steel/Cold Rolled Steel	1700	3100
Stainless Steel/Stainless Steel	1900	
Galvanized Steel/Galvanized Steel	1800	
Copper/Copper	1050	
Brass/Brass	850	
Styrene Butadiene Rubber/Steel	200*	
Neoprene Rubber/Steel	220*	
ABS/ABS Plastic	990*	1140*
PVC/PVC, Rigid	940*	
Polycarbonate/Polycarbonate	1170*	1730*
Acrylic/Acrylic	1100*	1110*
Fiber Reinforced Polyester/ Reinforced Polyester	1660*	1650*

\*The substrate failed during the test.

\*\*Salt spray results are affected by substrate corrosion which results in adhesive failure.



# Scotch-Weld™

## Epoxy Adhesives

2216 B/A Gray • 2216 B/A Tan NS • 2216 B/A Translucent

### Surface Preparation (continued)

3. Acid Etch – Place panels in the following solution for 10 minutes at 150°F ± 5°F (66°C ± 2°C).

Sodium Dichromate	4.1 - 4.9 oz./gallon
Sulfuric Acid, 66°Be	38.5 o 41.5 oz./gallon
2024-T3 aluminum (dissolved)	0.2 oz./gallon minimum
Tap Water	Balance of volume

4. Rinse: Rinse panels in clear running tap water.  
5. Dry: Air dry 15 minutes; force dry 10 minutes at 150°F ± 10°F (66°C ± 5°C).  
6. If primer is to be used, it should be applied within 4 hours after surface preparation.

### Plastics/Rubber

1. Wipe with isopropyl alcohol.\*
2. Abrade using fine grit abrasives (180 grit or finer).
3. Wipe with isopropyl alcohol.\*

### Glass

1. Solvent wipe surface using acetone or MEK.\*
2. Apply a thin coating (0.0001 in. or less) of Scotch-Weld EC-3901 Primer to the glass surfaces to be bonded and allow the primer to dry a minimum of 30 min. @ 75°F (24°C) before bonding.

\*Note: When using solvents, extinguish all ignition sources and follow the manufacturer's precautions and directions for use.

### Typical Adhesive Performance Characteristics

#### A. Typical Overlap Shear Strength (PSI) ASTM D-1002-64

Test Temperature	Overlap Shear (psi) @ 75°F (24°C)		
	2216 B/A Gray Adhesive	2216 B/A Tan NS Adhesive	2216 B/A Trans. Adhesive
-67°F	2000	2000	3000
75°F (24°C)	2500	2500	2500
180°F (82°C)	400	400	140

#### B. Typical T-Peel Strength (PIW) ASTM D-1876-61T

Test Temperature	T-Peel Strength (piw) @ 75°F (24°C)		
	2216 B/A Gray Adhesive	2216 B/A Tan NS Adhesive	2216 B/A Trans. Adhesive
75°F (24°C)	25	25	25

**Scotch-Weld™**  
**Epoxy Adhesives**  
2216 B/A Gray • 2216 B/A Tan NS • 2216 B/A Translucent

---

**Storage and Shelf Life**      **Storage:** Store products at 60-80°F (16-27°C) for maximum storage life.  
**Shelf Life:** When stored at the recommended temperatures in the original, unopened containers, these products have a shelf life of two years from date of shipment.

---

**Precautionary Information**      Refer to Product Label and Material Safety Data Sheet for Health and Safety Information before using the product.

---

**For Additional Information**      To request additional product information or to arrange for sales assistance, call toll free 1-800-362-3550. Address correspondence to: 3M Adhesives Division, 3M Center, Building 220-7E-05, St. Paul, MN 55144-1000. Our fax number is 612-733-9175. In Canada, phone: 1-800-364-3577. In Puerto Rico, phone: 1-809-750-3000. In Mexico, phone: 5-728-2180..

---

**Important Notice**      3M MAKES NO WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. User is responsible for determining whether the 3M product is fit for a particular purpose and suitable for user's method of application. Please remember that many factors can affect the use and performance of a 3M Adhesives Division product in a particular application. The materials to be bonded with the product, the surface preparation of those materials, the product selected for use, the conditions in which the product is used, and the time and environmental conditions in which the product is expected to perform are among the many factors that can affect the use and performance of a 3M product. Given the variety of factors that can affect the use and performance of a 3M product, some of which are uniquely within the user's knowledge and control, it is essential that the user evaluate the 3M product to determine whether it is fit for a particular purpose and suitable for the user's method of application.

---

**Limitation of Remedies and Liability**      If the 3M product is proved to be defective, THE EXCLUSIVE REMEDY, AT 3M'S OPTION, SHALL BE TO REFUND THE PURCHASE PRICE OF OR TO REPAIR OR REPLACE THE DEFECTIVE 3M PRODUCT. 3M shall not otherwise be liable for loss or damages, whether direct, indirect, special, incidental, or consequential, regardless of the legal theory asserted, including negligence, warranty, or strict liability.



This Adhesives Division product was manufactured under a 3M quality system registered to ISO 9002 standards.

For Additional Product Safety and Health Information, See Material Safety Data Sheet, or call:



**Adhesives Division**  
3M Center, Building 220-7E-05  
St. Paul, MN 55144-1000  
Phone: 1-800-364-3577 or 612-737-6501



Recycled Paper  
40% pre-consumer  
10% post-consumer

Printed in U.S.A.  
©3M 1998 78-6900-9566-2