

出國報告(出國類別:洽公)

三輕更新計劃乙烯工場設計規範研討 與購料監辦

服務機關: 興建工程處、中油公司石化事業部

姓名職稱: 楊易凡 機械設計組 組長

覃世明 工務組 經理

派赴國家: 日本

出國期間: 98年10月04日~98年10月13日

報告日期: 98.11.09.

(摘要：篇幅限於 1 頁以內)

出國任務摘要：

- 一、本出國計畫為本年度第 147 洽公案，預算為資本支出 U-9401，由興工處編列為「三輕更新計畫乙烯工場設計與購料監辦」。依 98.06.25 六輕計畫推動會議第 30 次會議紀錄(如附件一)決議執行。
- 二、拜訪 EETC(ELLIOTT EBARA TURBOMACHINERY CORPORATION)廠家討論 Turbines & Centrifugal Compressors 之設計規範、製作技術、檢驗及交貨時程。
- 三、拜訪 PACIFIC STEEL Mfg. CO., LTD. (Rotor Manufacturing Plant) 及 JOHN CRANE (Dry Gas Seal Manufacturing Plant) 兩廠家討論設計規範、製作技術、控制邏輯、檢驗及測試等事宜。
- 四、確保上述設備於製造及現場安裝時能完全依照相關規範要求，順利正確地完成裝建。同時，學習相關設備規劃、設計、製作及裝建、操作等技術，以增進本公司工程、技術人員之專業技能。

目 錄

章 節	頁 次
壹、目的	7
貳、過程	8
參、心得	
一、參訪大型透平機與壓縮機組製造廠商 Elliott Eabara Turbomachinery Corporation-EETC 公司袖浦工廠	9
二、參訪大型透平機轉軸(Rotors)製造工廠－太平洋製鋼株式會社・富山製造所(Pacific Steel Mfg. Co., LTD. Toyama Works)	12
三、參訪乾式軸封(Dry Gas Seal)製造工廠－強克公司日本廠(John Crane Japan)	14
肆、建議	18

附 件

附件名	頁次
附件一 CTCI 與 EETC 起始會議(KOM)會議紀錄.....	19
附件二 EETC 文件與圖件表(document and drawing list)	20
附件三 EETC C-1201/1501/1601/4241 機組製造專案組織表	25
附件四 EETC 各壓縮機製造時程.....	26
附件五 鍛造轉軸熱穩定測試加熱計畫書一様本	26
附件六 鍛造轉軸熱穩定測試量測紀錄表一様本	27
附件七 鍛造轉軸熱穩定測試報告書一様本	28
附件八 乾式軸封轉動環超速旋轉測試報告書一様本	29
附件九 乾式軸封轉動件動平衡報告書一様本	30

圖目錄

圖名	頁次
圖一	EETC 袖浦工廠鳥瞰圖 31
圖二	大型透平機與壓縮機組立工場..... 31
圖三	大型透平機與壓縮機性能試驗與機械運轉工場..... 32
圖四	大型透平機或壓縮機轉軸之高速平衡機..... 32
圖五	C-1201 壓縮機組外型圖(Outline Drawing) 33
圖六	C-1501 壓縮機組外型圖(Outline Drawing) 33
圖七	C-1601 壓縮機組外型圖(Outline Drawing) 34
圖八	C-4241 壓縮機組外型圖(Outline Drawing) 34
圖九	C-1201 Charge Gas Compressor—P&I Flow Sheet (Process)..... 35
圖十	C-1201 Charge Gas Compressor—P&I Flow Sheet of Dry Gas seal (LP-Casing) 35
圖十一	C-1201 Charge Gas Compressor Train—P&I Flow Sheet of Main Steam Turbine (1) 36
圖十二	C-1201 Charge Gas Compressor Train—P&I Flow Sheet of Main Steam Turbine (2) 36
圖十三	C-1201 Charge Gas Compressor Train—P&I Flow Sheet of Instruments 37
圖十四	C-1201 Charge Gas Compressor Train—P&I Flow Sheet of Casing Drains 37
圖十五	C-1201 Charge Gas Compressor Train—P&I Flow Sheet of Lube Oil System 38
圖十六	C-1201 Charge Gas Compressor Train—P&I Flow Sheet of Condensing System 38
圖十七	透平機機殼主螺栓佈置圖..... 39
圖十八	超級螺栓(Superbolt)-(1/2&2/2) 40
圖十九	太平洋製鋼富山製造所工廠佈置圖..... 40
圖二十	太平洋製鋼富山製造所產品與製造流程圖..... 41
圖二十一	鍛造用 4300 噸油壓壓床 42
圖二十二	轉軸熱穩定測試機台..... 42

圖 名	頁 次
圖二十三 鍛造轉軸熱穩定測試設置方式概略圖.....	43
圖二十四 乾式軸封的基本構造圖.....	43
圖二十五 乾式軸封的相關支援控制系統的相關部位(1/2&2/2).....	44
圖二十六 乾式軸封整合控制系統的現場控制盤組.....	45

(本文：應包含「目的」、「過程」、「心得」、「建議」及其他相關事項)

壹、目的

- 一、拜訪大型 Turbines & Centrifugal Compressors 製造廠商 EETC 公司，討論 Turbines & Compressors 的設計規範、製造流程、測試方式等，並參觀製造工廠。
- 二、赴 EETC 公司參與 CTCI 與 EETC 公司對本案大型 Turbines & Centrifugal Compressors, C-1201, 1501, 1601 & 4241 之 KOM。
- 三、拜訪 PACIFIC STEEL Mfg. CO., LTD. (Rotor Manufacturing Plant) 廠家討論大型轉機轉軸的設計、製作、檢驗及測試事宜，並參觀製造工廠。
- 四、拜訪 JOHN CRANE (Dry Gas Seal Manufacturing Plant) 廠家討論設計規範與製作技術，並參觀製造工廠。
- 五、赴 JOHN CRANE (Dry Gas Seal Manufacturing Plant) 廠家討論控制系統設計邏輯、檢驗與測試方式等事宜。

貳、過程

98.10.04(日)

啟程 (左營 → 桃園 → 日本東京)

98.10.05(一)~98.10.07(三)

1. 參訪艾利特荏原-EETC 公司袖浦-Sodegaura 工廠，研討大型 Turbines & Centrifugal Compressors 之設計規範，並列席 EETC 與 CTCI 之 KOM 與機組 Outline、PID 解說。
2. 會見人員：

Norihisa Mukobayashi

-----Managing Director, Engineering Division (MD)

Yoshio Iwamura-----Project Manager(PM)

Fumio Hori-----Project Application Manager

Hideyuki Sugiyama-----Project Engineer Manager(PEM)

Nobuki Ichikawa-----Director, Business Division

Hironori Sakaguchi-----Manager, Business Division

Kazuo Hanada-----Assistant Manager, Business Division

98.10.08(四)

1. 赴富山(Toyama)參訪 PACIFIC STEEL MFG. CO., LTD. TOYAMA WORKS 公司，檢視大型轉機轉軸的製作過程、檢驗及熱穩定測試事宜。
2. 會見人員：

Yuichi Yamamoto-----General Manager of Quality Assurance Division

Kenji Horii-----Chief of Quality Control Section

98.10.09(五)~98.10.12(一)

1. 赴京都參訪 JOHN CRANE 公司，壓縮機乾式軸封製造廠家 (Dry Gas Seal Manufacturing Plant)，研討 Dry Gas Seal 製作、檢驗與測試等事宜。
2. 會見人員：

Keisaburo Nishi-----Director, Japan Operation

Toshio Ainoura-----Senior Manager, Manufacturing Department

Nao Kitamura-----General Manager, Gas Seal Division

So Kitamura-----Leader, Gas Seal Sales

98.10.13(二)

返程 (日本京都 → 桃園 → 左營)

參、參訪情況與心得

一、參訪大型透平機與壓縮機組製造廠商 Elliott Eabara Turbomachinery Corporation-EETC 公司袖浦工廠

1. EETC 袖浦工廠簡介與架構：

EETC 袖浦工廠(詳圖一-鳥瞰圖)主要含蓋下述的工場和設施：

- 1.1 製造工場(Fabrications & Welding Shop) :設備有 2,200 噸的油壓壓床、可處理 100 噸的熱處理爐、50 噸的焊接機與 1.5MeV 放射線檢驗裝置設備，可檢驗厚度 170mm 之鋼材等。
- 1.2 機械工場(Machine Shop) :設備有 8m x 4m 四軸 NC 銑床、五軸機件加工中心可加工直徑 900mm, 重量 1,000kg 之物件等。
- 1.3 組立測試工場(Assembly & Test Shop) (詳圖二-組立工場):測試用電腦系統、10,000kw 性能測試馬力(詳圖三-測試工場)。
- 1.4 轉軸組立工場(Rotor Assembly Shop):透平機葉片疲勞分析系統(Fatigue Analysis)、可校正 16 噸的低轉速平衡機、高轉速平衡機(圖四)兩台，一台為可校正 12,500kg 重轉速可達 12,000rpm、另一台為可校正 1,250kg 重轉速可達 22,000rpm、葉輪旋轉測試機(Spin Tester)，可測重量 1,500kg 轉速可達 20,000rpm。
- 1.5 冷凍機測試工場(Refrigerator Test Shop) :大型冷凍機測試裝置，離心式可達 5,000 冷凍噸，吸收式可達 3,000 冷凍噸、測試用電腦系統。
- 1.6 小型燃汽渦輪機組立工場(Small Gas Turbine Assembly Shop)。
- 1.7 透平機測試用鍋爐：20 噸高溫、高壓鍋爐兩座供給透平機測試用。
- 1.8 動力工場自行發電與供電：60kv x 7500kva 受電設備，25MW 燃汽渦輪-發電機組。
- 1.9 專用碼頭(岸壁)：可停靠 10,000t 平台船(Barge)或 3,000t 船隻直接由場區裝載運送產品。

對一大型之透平機與壓縮機組製造工廠來說，雖然工廠規模不是很大，一些大型組件如機殼、轉軸等還需其專業協力廠家配合製作與粗加工，但其生產製造設備和設施已相當完善，足以應付最終的機密加工與品保。

2. CTCI 與 EETC 召開離心式壓縮機之起始會議(KOM)，參加人員：CTCI 為陳誌堅、褚世明、潘星亨、李英叡、許芳晨，EETC 為杉山秀行、坂口弘紀、金序前、堀文雄，CPC 列席人員楊易凡、胡憲忠、覃世明；完成相互簽署的會議紀錄，詳見附件一共 2 頁，會議重點簡述如下：

2.1 討論訂定初步的各機組外型、重量、組立與機座尺寸(baseplate dimension)等，詳見附圖五~八共四張。這項工作極為重要，因 CTCI 為趕工期急需打樁，這些資料須作為其土木基礎設計的依據。目前所有的機座尺寸與重量均已確定，僅 C-4241 機組之齒輪箱尺寸(dimension)尚未取得，若透平機、馬達、壓縮機各尺寸有重大變化，EETC 在正式出圖前即需通知 CTCI。此外，第六輕裂這些機組較 CPC 以往各輕裂的機組均大許多，所以這些機組機座(baseplate)的佈置組立情形也與以往大為不同，詳述如下：

2.1.1 C-1201 依機體分為四段，也就是說四台設備分為四個機座；總長度 x 最寬寬度(最寬-LP Comp. 寬度) x 轉軸中心線高度為 2,4850mm x 4,850mm x

2,088mm，總重量為 445,000kg，透平機與各級壓縮機的重量分別為透平機 95,100kg、低壓段 129,100kg、中壓段 128,400kg、高壓段 91,400kg，總計有基礎螺栓共 42 支。

2.1.2 C-1501 依透平機與壓縮機分為二段；總長度 x 最寬寬度(最寬-透平機寬度) x 轉軸中心線高度為 13,450mm x 4,550mm x 2,038mm，總重量為 209200kg，透平機與壓縮機的重量分別為透平機 90,200kg、壓縮機 11,900kg，總計有基礎螺栓共 24 支。

2.1.3 C-1601 依透平機與兩級壓縮機分為三段；總長度 x 最寬寬度(最寬-透平機寬度) x 轉軸中心線高度為 11,350mm x 3,500mm x 1,300mm，總重量為 96,600kg，透平機與兩級壓縮機的重量分別為透平機 32,400kg、低壓縮機 41,600kg、高壓縮機 22,500kg，總計有基礎螺栓共 20 支。

2.1.4 C-4241 因為設備馬力較小，全部組裝在同一機座上(common baseplate)；總長度 x 寬度 x 轉軸中心線高度為 6,950mm x 2,600mm x 1,150mm，總重量為 31,800kg，馬達、齒輪箱與壓縮機的重量分別為馬達 7,300kg、齒輪箱 3000kg、壓縮機本體 7,000kg、底座 14,500kg 與壓縮機抽拖導軌重 2,500kg，基礎螺栓總計共有 20 支。

2.2 第六輕裂這些機組安裝時的高程、水平、中心校對等，均較公司以往各輕裂的機組困難許多，監造人員需非常注意，這些工作都應該設為停留檢查點，且 ITB 中已要求 EETC 需派 Supervisor 赴工地督導這些工作。

2.3 檢視與討論機組相關初步的 P&ID (preliminary)，EETC 預計於 10 月中旬出初步的 P&ID (preliminary version)，供 CTCI 與 CPC 審閱，審閱時間預計需 1 個月，待審閱完成 P&ID，EETC 負責修改後，再正式出第 0 版的 P&ID Drawing。EETC 已將非正式的初步 P&ID 讓我們帶回 CPC，C-1201 有 11 張、C-1501 有 8 張、C-1601 有 7 張、C-4241 有 6 張總計共 32 張，詳部份 C-1201 代表性附圖九～十六共 8 張，我們已將這些檔案圖件傳閱相關人員預作準備，以節省正式審閱與修正(comments) P&ID 的時間。六輕機組 P&ID 有部分的特點與以往不同，簡述如下：

2.3.1 C-1201/1501 高溫高壓透平機均須在 Turning Gear 旋轉時暖機(warm-up)，暖機的方式是由萃取蒸氣管線上逆止閥(non-return valve)之旁路閥(by-pass valve)開入中壓蒸氣開入機體暖機，此旁路閥是要在現場手動開關，或是需由遙控方式開關，還待我們操作部門決定，參考附圖十一。

2.3.2 C-1201/1501 高溫高壓透平機排氣(exhaust)端溫度高時，會自動邏輯控制開啟溫度控制閥(temperature valve)，由 w-411 管線中(管線編號 w-411)注入冷凝水(condensate water)以降低排氣溫度，保護排氣機殼與表面冷凝器，這也是以往我們高溫高壓透平機所沒有的設計，參考附圖十一。

2.3.3 透平機緊急連鎖安全跳俾系統對 C-1201 來說，若有誤信號講求讓其持續運轉，所以連鎖安全跳俾閥(solenoid valve) 總計 4 顆，成雙線平行設置每線 2 顆，而 C-1501/1601 則符合 SIL 3 講求安全第一，連鎖安全跳俾閥總計 2 顆，成雙線平行設置每線 1 顆，任何跳車信號第一時間就跳車停機；此外，任何機組之任一顆連鎖安全跳俾閥，均可在機組運轉中作線上測試與更換，參考附圖十二。

2.3.4 對 C-4241 來說其兩台滑油泵均由馬達驅動，所以至少有一台需接上不斷電系統 UPS。另，C-1201/1501 Turning Gear 之驅動馬達也需接在不斷電系統

UPS 上，以防止突然失電造成的設備損害。

2.3.5 EETC 確認萃取管線(extraction line)上的釋壓閥(relief valve)將符合 OSHA 的規定。

2.4 討論訂定初步的各項文件與圖件(document and drawing list)繳交時間表，詳見附件二共 8 頁，並詳列重要文件繳交延遲需處罰，如 P&ID、機組外型圖(outline drawing)包含負載(load)數據、特性曲線圖(performance curve)、公用物料消耗表、機組製造時程表(manufacture schedule)等，以避免影響設備製作與交貨的延誤。

3. EETC 提出這四台機組製造專案組織表，詳見附件三，並解說各專責部分聯繫人員與其職責；本專案在 EETC 主要的聯絡人為 Hideyuki Sugiyama (PEM)。

4. 特殊組件「超級螺栓」(Superbolt)的使用介紹：

本公司以往的高溫高壓透平機機殼的鎖緊螺栓，在維修時均採用電加熱器(Heater)加熱螺栓，使其伸長再將螺帽鎖緊，先施予預力於機殼鎖緊螺栓上，以待熱機使用時不致鬆脫；本次六輕 C-1201/1501 高溫高壓透平機在其高壓段(HP Section)機殼的鎖緊螺栓全部採用較先進的「超級螺栓」，精準度較高且較易施工，以 C-1201 透平機為例，參閱附圖十七-透平機機殼主螺栓佈置圖，在其高壓段機殼含蒸氣進口法蘭、進口蒸氣閥螺栓，總計鎖緊螺栓數共有 144 顆，幾乎是四輕同類型設備的 2.5 倍之多，鎖緊螺栓的尺寸從 M33 至 M100，材質共兩類 Inconel 718 與 ASTM A193 B16。

「超級螺栓」(詳圖十八-超級螺栓 1/2 & 2/2)的使用方法與程序：

4.1 鎖緊前的準備工作—

4.1.1 從工作圖件上取的頂起螺栓(jackbolts)所需的扭力值(torque)。

4.1.2 採用氣動衝擊工具(air impact tool)鎖緊頂起螺栓，設定其輸出扭力值為目標扭力值得 90%~100%；可事先以氣動衝擊扳手鎖緊一螺栓，再用手動的扭力扳手檢視其扭力值是否正確。

4.1.3 潤滑主螺栓、頂起螺栓之螺芽與墊片(washer)等，並確認頂起螺栓螺芽頂端與主螺栓螺帽(tensioner or nutbody)底部平齊。

4.2 鎖緊程序—

4.2.1 將主螺栓螺帽旋下於主螺栓上直至螺帽底部頂到墊片，在倒旋上至螺帽底部與墊片有 1.5 至 3.2mm 的間隙(gap)。

4.2.2 依主螺栓的鎖緊順序，並以對角對稱方式鎖緊各主螺栓頂起螺栓至 50%目標扭力值。

4.2.3 以圓圈順序方式再將各主螺栓頂起螺栓至 100%目標扭力值。

4.2.4 重複 4.2.3 的步驟直至所有主螺栓的頂起螺栓受力都均衡，通常這需要重複 4.2.3 的步驟 1 至 2 次。

4.3 放鬆拆卸程序—

螺栓放鬆拆卸須嚴格遵從程序，切不可一次將頂起螺栓放鬆，頂起螺栓必須同時漸近的放鬆，假如大多數的頂起螺栓一次就放鬆，剩下的頂起螺栓就必須承受全部的負荷，這會導致其很難旋轉放鬆，甚至於會使得頂起螺栓變形損壞，而無法拆卸。

螺栓放鬆拆卸前，需將滲透油(penetrating oil)或液壓油(hydraulic oil)噴灑於頂起螺栓以利螺栓拆卸。

4.3.1 將主螺栓的各頂起螺栓依圓圈順序方式放鬆 1/4 圈，當圓圈回第一支頂起螺栓時，它又是鎖緊的；依上述的方式將所有主螺栓的各頂起螺栓放鬆 1/4 圈。

4.3.2 對所有的主螺栓第二圈(second round)重複 4. 3.1 的步驟。

4.3.3 對所有的主螺栓第三圈(third round)重複 4. 3.1 的步驟。

4.3.4 將主螺栓的各頂起螺栓全部放鬆，並取出頂起螺栓加潤滑劑放妥備用。

前三圈放鬆各頂起螺栓都是以手動工具施作，最後取出各頂起螺栓時，可使用氣動衝擊工具加速拆卸。

5. C-1201/1501/1601/4241 這四套機組的交貨時程，我們都知道目前六輕工程計畫進度的要徑(critical path)，就是 C-1201 的裝建進度，因此 C-1201 機組的交貨時程就非常重要，若其交貨延遲，則整個工程的進度就會跟著拖延，所以確保各個機組的交貨時程與安排工地現場的配合進度，是這整個工程進度成敗的重要關鍵；在 CTCI 與 CPC 本案起始會議時，確認各機組的交貨期分別為 C-1201/1501 為簽約後 20 個月、C-1601 為 19 個月、C-4241 為 18 個月，詳附件四-EETC 各壓縮機製造時程表；這次洽商中 EETC 已確定最晚交貨時間，分別為 C-1201/1501 為 2011 年 5 月份、C-1601 為 2011 年 4 月份、C-4241 為 2011 年 3 月份；目前 EETC 設計工作雖然持續進行，但在我們參訪期間 CTCI 與 EETC 雙方對價格尚有歧見，因此尚未簽約，這點值得我們繼續追蹤與注意的。

二、參訪大型透平機轉軸(Rotors)製造工廠—太平洋製鋼株式會社·富山製造所(Pacific Steel Mfg. Co., LTD. Toyama Works)

太平洋製鋼株式會社·富山製造所的規模雖然不能與川崎重工、神戶製鋼等日本有歷史性的一流大廠來比，但其工廠的設施可從製鋼、鍛造、熱處理到產品機械加工一貫作業，產品樣式與材質也很多樣化，詳圖十九-太平洋製鋼富山製造所工廠佈置圖與圖二十-產品與製造流程，參觀工廠中印象最深刻的是以往從來沒看過的鍛造工場，裝置一台 4300 噸鍛造用的油壓壓床如圖二十一，另一項讓我們感受深刻的是參觀當日適逢大颱風來襲，日本公司是不放颱風假的，雖然有些不符合人性管理，但從另一個角度來看，也讓我們真正了解日本職場上的工作態度與精神；這次參訪專注在大型透平機轉軸的製作及其熱穩定性的處理方式，轉軸的製作從依其材質先澆注成鋼胚、鑄件然後鍛造成型、熱處理至粗、細加工至轉軸外型輪廓完成，然後依照 ASME A472 作透平機轉軸的熱穩定性 (Thermal Stability) 測試，確保轉軸在其高溫操作溫度下，亦不會彎曲(deflection)變形，熱穩定性測試機台如圖二十二所示。

透平機轉軸的熱穩定性(Thermal Stability)的測試程序—先期工作

1. 是依照 ASME A472 鍛造的透平機轉軸(shaft or rotor)必需作熱穩定性測試，以確保在其操作溫度下，轉軸彎曲變形亦在規範接受的範圍之內，通常熱穩定性測試均在鍛造工廠最終熱處理與鍛造件粗機械加工完成後施作；有時鍛造件應力消除(stress-relieved)也是熱穩定性測試流程的先期工作，鍛造件先作應力消除；保持在應力消除溫度下，以 2~4rpm 轉速旋轉，運轉時間為每 25mm 最大的半徑尺寸 2 小時(2hr/25mm of maximum radial thickness)。再降溫至熱穩定性測試溫度，施作轉軸之熱穩定性測試。
2. 選取 5 個量測面較佳，若轉軸短於 2.4 米選取 3 個量測面亦可，第 1 和 5 個量測面

(test band)需在加熱室(heat chamber)外，第3個量測面約需在轉軸中間位置，每一量測面又每間隔 90°設一量測點(test position)，也就是每一量測面又有 A、B、C、D 四個量測點。

3. 加熱與冷卻

3.1 放置鍛造轉軸於中且以 2~4rpm 轉速轉動轉軸。

3.2 放置測溫熱電偶(thermocouples)於加熱室中並與量測面接觸。

3.3 加熱室均衡的加熱避免鍛造轉軸局部過熱，以加熱速率不要超過每小時 110°C (110°C/hr or 200°F/hr)加熱至熱穩定性測試溫度，維持此溫度至鍛造轉軸的溫度均衡，在之後連續三小時的熱穩定性測試一個溫度均衡的環境須持續維持。所謂溫度均衡的環境是指每小時量測一次，即三小時連續量測三次，讀取數值的差異均在 0.013mm 以內，且軸向位移(axial movement)亦在 0.25mm 以內，在此條件下讀取的才是有效的數值。

3.4 當熱穩定性測試連續三小時的熱量測完成後，將加熱室加熱用之加熱器(heaters)關閉，鍛造轉軸繼續旋轉直至其溫度降至室溫，再轉動 2 小時，才可作第二次冷量測(second cold measurement)。

3.5 依據上述的方式與透平機提供的數據與要求，製作一熱穩定性測試計畫書樣本如附件五。

4. 熱穩定性測試的量測

4.1 置用一指示器(indicator)於加熱室外，以一細桿伸入加熱室內，接觸被測鍛造轉軸的量測面，讀取每一量測面 A、B、C、D 四個量測點的數據，設置方式概略詳圖二十三所示。

4.2 第一次冷量測(first cold measurement)－在加熱室尚未加熱前，旋轉鍛造轉軸由指示器讀取數據，在任何量測面 runout 超過 0.05mm 繼續旋轉鍛造轉軸 1 小時，如連續讀取任何一量測面 runout 數據超過 0.05mm，重新設置鍛造轉軸的中心或再機械加工量測面，直至讀取任何一量測面 runout 數據不可超過 0.05mm，作為第一次正式的冷量測(the official first cold measurements) 數值。

4.3 熱量測(hot measurement)－在加熱過程中每小時每一量測面都量測讀取數據，直至達到指定的熱穩定性測試溫度(specified temperature)，持溫連續三小時每小時每一量測面都作轉軸彎曲變形(deflection)量測，讀取數據並紀錄之，若其相互的差異值不超過 0.013mm，則可開始將加熱室降溫。最後一次的量測數據訂為正式的熱量測(the official hot measurements)數值。

4.4 第二次冷量測(second cold measurement)－依 3.4 將鍛造轉軸冷卻至室溫，每半小時每一量測面都量測讀取數據，直至連續兩次量測數值的差異不超過 0.013mm。最後一次的量測數據訂為正式的第二次冷量測(the official second cold measurements)數值。

4.5 量測紀錄表樣本如附件六。

5. 解析量測數值的意義

5.1 假如鍛造轉軸中心點在冷熱變化下移動不超過 0.025mm，這支鍛造轉軸就被判定製造可接受。

5.2 鍛造轉軸中心點在冷熱變化的移動是以正式的熱量測數值與第二次冷量測數值的差異來決定，中心點移動值是由每一個量測面計算而得，舉例說明如下：

5.2.1 取數值所得為一量測面 A 量測點熱量測數值減去其第二次冷量測數值。

5.2.2 依 5.2.1 同樣方式取得同一量測面 B、C、D 點熱冷扣點後的數值。

5.2.3 同一量測面這四組數值中，最大的負值與最大的正值不管 +、- 號，僅將數值加整，所得的數值就是這一量測面最大的彎曲變形(deflection)，但不可以超過 0.05mm。

5.2.4 每一個量測面都要依上述的方式計算與符合標準，這支鍛造轉軸才可接受。
5.3 若鍛造轉軸不能符合上述熱穩定測試的標準，該轉軸或許需重新坐熱處理、硬力消除及熱穩定測試。

6. 鍛造轉軸製造廠家在熱穩定測試完成後，須製作報告提供給購置者，樣本如附件七，內容需包括第一次正式的冷量測數值、加熱過程每小時的量測數值、持溫時的量測數值、熱量測數值、第二次冷量測數值與量測這些數值時鍛造轉軸的溫度，報告還需包含 5.2 量測面最大的彎曲計算與最終的判定。

三、參訪乾式軸封(Dry Gas Seal)製造工廠－強克公司日本廠(John Crane Japan)

1. 強克公司日本廠簡介與架構：

強克公司日本廠是一間專門製造生產乾式軸封(Dry Gas Seal)的工廠，強克公司在全球有三間工廠製造乾式軸封，強克公司日本廠是其中之一，且只製造乾式軸封所以無論是製造設備與技術都是上選，這次參觀中看到動態測試的設備如轉動環旋轉測試(spin test)、轉動件動平衡機與模擬乾式軸封動態運轉狀況的測試設備等，不但能確保其產品材質的強度，同時亦模擬實際的運轉狀況，紀錄氣體洩漏量，作為日後實際上線運轉性能的評估參考。

強克公司日本廠簡介－

強克公司日本廠成立於 1968 年，從 1993 年開始製造生產乾式軸封(Dry Gas Seal)，目前員工有 133 人，是強克公司全球專門製造生產乾式軸封的三個工廠之一，工廠地理位置適中，日本各大壓縮機製造廠家環繞在其工廠四周，所以支援協調和配合提供日本各大壓縮機製造廠家乾式軸封非常便捷，截至 2008 年底已經生產 4246 組壓縮機使用的乾式軸封，2008 年當年度生產 609 組，今年度生產量又再創新高，供應的尺寸可達軸徑 300mm、轉速 32000rpm 之壓縮機，由此可知，基於乾式軸封的優點，離心式壓縮機使用的乾式軸封已是不可避免的趨勢。

2. 石化工業普遍用離心式壓縮機輸送或加壓各種操作氣體，位防止操作氣體沿著壓縮機旋轉軸洩漏，必須採用軸封裝置，尤其是輸送易燃、易爆的危險氣體，其軸封裝置的可靠性直接影響到機組乃至裝置的安全穩定運行；在 60 年代末期開始研究乾式軸封(Dry Gas Seal)，直至 80 年代才正式投入壓縮機中運轉，隨著工廠生產週期的延長和操作參數的提高，要求乾式軸封達到更高的運轉可靠性、使用壽命長、洩漏量小、能耗低、無污染、運轉維護費用低、系統佔地面積小等特點，因此逐漸取代傳統的溼式軸封及其龐大的密封油系統。這次六輕新建工程中，重要的大型壓縮機 CPC 均要求採用乾式軸封(Dry Gas Seal)系統，這也是 CPC 自身的創舉，首次將乾式軸封使用在輕油裂解工場的大型壓縮機上，可解決核心壓縮機設備防洩漏的關鍵技術問題，為輕油裂解工場“三年一修”提供了可靠的保障，創造工場較佳的經濟效益，選用乾式軸封綜合它有下述商業上與工廠的安全性的考量：

使用乾式軸封有下述商業上的優點－

2.1 可防止滑油被壓縮氣體所污染

2.2 減少能量的消耗

2.3 增加壓縮機組流程系統的可靠性/有效性

2.4 可預測轉軸保持穩定的特性

2.5 減少安裝軸封所需的空間

2.6 可防止油箱之滑油被污染並導致軸承被酸性或飽和氣體影響而損壞

同時可消除下述使用濕式軸封(wet seal)的問題，而增加工廠的安全性－

- 2.7 密封油泵損壞而導致可能氣體洩漏
- 2.8 軸封的損壞由其系統的組件所造成，濕式軸封組件較多損壞機率高，如髒密封油排放器浮球失效(oil trap float failure)、密封油過濾堵塞、緩衝氣體(buffer gas)的控制等問題。
- 2.9 緩衝氣體(buffer gas)的差壓過大而導致止推軸承的損壞，乾式軸封不需要使用緩衝氣體。
- 2.10 油箱爆炸的可能性。假若油箱呼吸器 (breather) 堵塞或軸封失效大量的可燃性氣體洩漏，而使得油箱內可燃性氣體的濃度達到低爆炸濃度(LEL-lower explosion level)。

3. 乾式軸封(Dry Gas Seal)的基本構造

第六輕裂大型壓縮機組所選用的乾式軸封形式為「Tandem Seal with Intermediate Labyrinth」，如圖二十四所示，其基本構造依序為主軸封(primary seal)、中間曲折密封(intermediate labyrinth)、第二道軸封(secondary seal)與分隔軸封(separation seal)四項主要組件，尚有五組相關的支援控制系統相關位置，如圖二十五所示，主密封氣系統(primary seal gas)、主排氣系統(primary vent)、緩衝氣體系統(buffer gas)、第二道排氣系統(secondary vent)與分隔氣體 (separation gas) 五組系統配合組成一完整的乾式軸封密封系統，才能達到完全密封壓縮氣體的成效。通常控制系統的組件均在壓縮機房現場，整合成一簡潔的控制盤組方便操作與監控，如圖二十六所示。

4. 乾式軸封(Dry Gas Seal)的各項測試：

乾式軸封在製造過程必須作多項嚴格的測試，以達到與覆核 API 617 或 ISO 1940 的規定，才可確保其可長時期運轉的性能和可靠度，強克公司日本廠資深製造部經理 Toshio Ainoura 對這些測試都作了詳細的說明，並帶我們參觀測試所需的設備，將這些測試的作法詳細述明如下：

- 4.1 超速旋轉測試(overspeed spin test)－為確認非金屬轉動環(mating ring)材料結構的完整性(structure integrity)，一般用於轉動環的材質為碳化矽(silicon carbide)，所以轉動環必須作超速旋轉測試。測試的方式是將轉動環置於一真空室(vacuum chamber)內，以 1.22 倍的壓縮機最大連續運轉速度(maximum continuous compressor operating speed)測試，這會在轉動環上產生 1.5 倍的最大連續運轉應力(maximum continuous operating stress)，須依此轉速測試 1 至 3 分鐘，再依照附件八的格式作成超速旋轉測試報告。
- 4.2 轉動組件動平衡測試(rotating components dynamically balancing)－乾式軸封的轉動組件會影響壓縮機轉軸的平衡，所以軸封之轉動組件需作動平衡，使其影響壓縮機轉軸的平衡降到最低，動平衡僅施作乾式軸封的轉動組件，有兩種規範標準定義可接受的最大允許不平衡量(a maximum allowable unbalance)，一為 API 617 公式 $U=4W/N$ ，另一為 ISO 1940 公式 $U=0.381QW/N$ 。確切的動平衡程序和可接受的限度(acceptable limits)一般由壓縮機製造廠家或業主決定。一般乾式軸封製造廠家的動平衡程序與步驟如下：
 - 4.2.1 平衡轉動環(mating ring)，應用單面(single-plane)平衡技術至 ISO 1940, grade 1.0。
 - 4.2.2 平衡軸套(shaft sleeve)，應用單面(single-plane)平衡技術至 ISO 1940, grade 1.0。
 - 4.2.3 平衡軸封整組的轉動組件(complete rotating assembly)，應用雙面(two-plane)平衡技術至 ISO 1940, grade 1.0。
 - 4.2.4 平衡將軸封整組分解再組裝，應用雙面(two-plane)平衡技術確認平衡可至

ISO 1940, grade 2.5。

4.2.5 單獨平衡阻隔軸封之軸套(barrier seal sleeve)，應用單面(single-plane)平衡技術至 ISO 1940, grade 1.0。

4.2.6 在軸封動態測試完成後，應用雙面(two-plane)平衡技術對軸封作平衡檢測，確認並保證平衡可至 ISO 1940, grade 10.0。

阻隔軸封(barrier seal)需另外單獨平衡，不組裝在整組的乾式軸封中一起作平衡，原因是阻隔軸封可在現場單獨更換，而不需要拆卸整組的乾式軸封造成衝擊。在軸封平衡整個過程施作完成後，製造廠家需填報醫詳細的軸封平衡報告，這報告內容一般需包括確認保證上述每一步驟的結果與乾式軸封整組(gas seal assembly)平衡前、後所殘存的不平衡量(residual unbalance)，動平衡報告書格式製作如附件九。

4.3 靜態測試程序(static testing procedure)－

4.3.1 建立主密封氣體壓力(primary seal gas pressure)至已訂定的最大靜態密封壓力(maximum specified static sealing pressure)。

4.3.2 保持這個壓力最少 10 分鐘並紀錄之。

4.3.3 減少主密封氣體壓力(primary seal gas pressure)至已訂定的最大靜態密封壓力(maximum specified static sealing pressure)的 75%。

4.3.4 保持這個壓力最少 10 分鐘並紀錄之。

4.3.5 重複 4.3.3(改變壓力)和 4.3.4(持壓與紀錄)在已訂定的最大靜態密封壓力(maximum specified static sealing pressure)的 50%與 25%。

4.3.6 就 Tandem Gas Seal 而言，重複 4.3.1~4.3.5 的步驟，對第二道軸封(secondary seal)作測試。

4.4 動態測試程序(dynamic testing procedure)－

4.4.1 建立主密封氣體壓力至最大訂定的密封壓力和溫度(the maximum specified pressure and temperature)，主排氣管(primary vent)壓力至最小訂定的背壓(the minimum specified back pressure)。

4.4.2 增加轉速至壓縮機最大連續運轉速度(the maximum continuous compressor operating speed)。

4.4.3 維持這個轉速 15 分鐘或直至主軸封洩漏量(primary seal leakage)達一穩定之狀態並紀錄之。

4.4.4 再增加轉速至壓縮機跳俾轉速(trip speed)。

4.4.5 維持這個轉速 15 分鐘並每五分鐘紀錄一次。

4.4.6 降轉速至壓縮機最大連續運轉速度。

4.4.7 維持這個轉速 60 分鐘並每五分鐘紀錄一次，平均主軸封洩漏量必須小於最大訂定的主軸封洩漏量 (the maximum specified primary seal leakage)。

4.5 靜、動態測試完成後，製造工廠須製作一完整的乾式軸封出廠報告，內容包括測試程序、步驟、佈置結構(configuration)、過程紀錄表(log sheet)和曲線圖等，測試完成後需將乾式軸封再行分解，檢視其所有的零組件並作成檢查確認報告(inspection certificate)。本專案所用的乾式軸封除需作上述的各項出廠測試與報告外，在大型壓縮機完成機械運轉測試，其乾式軸封還須再拆出，送往軸封製造工廠-強克公司日本廠，分解檢查其零組件，再組裝做靜態測試確認無誤後，才能空運至工地現場安裝。

四、心得總結

1. 欲大型轉機設備運轉正常，從設計、製造、材料與零組件的檢測、設備運轉與性能的測試等每一個環節的控管都非常重要，若是任何一個環節未達規範要求，都會影

響該設備的使用週期與效能，所以我們專業人員應培養在設計、檢測、測試與其結果判讀的專業知識和能力。

2. 現今工程案都 EPC 方式推動，所以設備 OEM 製造廠家多與工程公司(Engineering Company)密切接觸，較少與使用者互動，特別是 OEM 製造廠家的設計人員，這會使我們規劃與設計人員獲得的新知較少，無法跟上設備或系統實質進化的腳步，進而規劃建造出的新工場，都不盡如人意，更新專業知能是我們需要著力的地方。
3. 趁工程案在推動之際加緊培育自己設計與維修人員的能力，因為 EPC 工程案若設計人員在先期的 ITB 規劃的不夠周延、審標時又無法補救，且 KOM 談判也沒有能力扳回劣勢，這工程案注定會被 EPC 廠商予取予求。另，在施工階段，專業工種監造人員也同樣的重要，若設備到場安裝無法確實的管控和督導，會嚴重的影響該設備的維修頻率與生命週期。
4. 在本工程專案之重要設備製造期間，考察製造工廠可了解其製造過程、品管能力、產品良莠，亦可增進我們自己的檢修能力。如大型高溫、高壓透平機本案機殼鎖緊螺栓首度採用超級螺栓(superbolt)，我們已要求製造廠家在組裝或換裝轉軸(rotor)作機械運轉測試時須通知 CPC 參與，以實際了解超級螺栓拆卸與鎖緊的步驟；另，如大型壓縮機本案選用乾式軸封，這也是本公司第一次在輕裂工場大型壓縮機採用乾式軸封，所以乾式軸封在製造過程中及出廠前所做的各項靜、動態測試就非常重要，這也是 CPC 應該參與確保產品品質和性能的重要事項。
5. 參訪太平洋製鋼株式會社・富山製造所當日適逢大颱風來襲，讓我們感受深刻的是日本公司是不放颱風假的，雖然有些不合乎人性管理，但從另一個角度來看，也讓我們真正了解日本職場上的工作態度與精神，我認為讓員工懷抱對工作的熱忱是我們首要提振的基本項目。

肆、建議

- 一、對 EPC 專案工程使用者(業主)應特別關注大型的轉機設備與其品質、性能有關的各項檢測，均應派專業人員參與監督與認證(witness)，一方面可為公司培育專業的工程人員，同時也可以確保大型轉機設備品質與性能的優化。
- 二、參與設備 OEM 製造廠家舉辦國內、外的研討會與訓練課程，培養、更新或提升我們規劃與設計人員對設備的專業知能。
- 三、趁重大工程案在推動之際，積極指派轄區工廠專任的設計、操作與維修人員全程參與，以增進我們對重大工程推動執行的經驗與能力，亦能提升日後工場操作的穩定性。
- 四、維修人員應考察本案大型高溫、高壓透平機(C-1201T/1501T)在製造工廠中對透平機機殼鎖緊用超級螺栓(superbolt)之拆卸與鎖緊的過程，以利工場大修時技術與時程規劃上的參考。
- 五、為確保第一次使用在輕裂工場大型壓縮機上乾式軸封(Dry Gas Seal) 的品質和性能，應參與認證其在製造過程中及出廠前所做的各項靜、動態測試。
- 六、借鏡日本員工在職場上的工作態度與精神，讓我們員工懷抱工作的熱忱，才能把工作做得更好。



MINUTES OF MEETING

會議紀錄

SUBJECT : Centrifugal Compressor KOM (C-1201,C-1501,C-1601,C-4241)																						
Date of Meeting : 2009/10/05~06								Recorded by : Ying-Ruei Lee														
Attendee From : CTCL Shy-Ming Chu Erin Hsu Ying-Ruei Lee Howard Pan Jason Chen 林昭聰 Attendee From : CPC 楊易凡 胡憲忠 章世明								Place of Meeting : EETC Meeting Room														
								Owner : CPC														
								Project Title : CPC No.6 Naphtha Cracker Project														
Attendee From : EETC Hideyuki Sugiyama Hanada Hsu-Chien Chin Fumio Hori								Copy to :														
								PM	PE	PE	CN	PC	BS	PT	PS	PI	CV	EQ	IN	EL	EN	AP
Item No.	Description of Discussion														Action by	Due Date						
1	Preliminary outline drawing, see attachment-1. Compressor & steam turbine baseplate dimension will be fixed on formal drawing. If size of gear, motor and turbine preliminary dimension change very much, EETC will inform CTCL before the formal issue.																					
2	EETC supervisor will go to site for foundation leveling due to CTCL request.																					
3	Preliminary P&ID see attachment-2, and CTCL comments are as follows: a. EETC confirm extraction relief valve shall comply with OSHA. b. Warm up on-off valve of Extraction non-return bypass valve by local manual or by remote control will be checked by CPC. c. Pressure tap of each drain line shall be separately provided in upstream of valve. d. Transfer valve at control oil filter located upstream of actuator shall be shown on P&ID. e. P&ID shall show one more speed indicator from governor to compare the speed directed from tachometer. f. UPS shall be provided for C-4241 oil pump (at least one) & C-1201, C-1501 turning gears. (by CTCL) g. Detail comment on P&ID will be carried out after formal issue (P&ID rev.0) from EETC.																					

附件一 CTCL 與 EETC 離心式壓縮機起始會議(KOM)會議紀錄(P. 1 of 2)



MINUTES OF MEETING
會議紀錄

SUBJECT : Centrifugal Compressor KOM (C-1201,C-1501,C-1601,C-4241)			
Item No.	Description of Discussion	Action by	Due Date
4	<p>Preliminary document list & issue schedule see attachment-3.</p> <p>a. For surface condenser data sheet, outline drawing, the design condition is based at 2-pass/18BWG/0.103 kg/cm2A.</p> <p>b. Critical document which will be related to delay penalty is:</p> <ul style="list-style-type: none"> -P&ID (CTCI will inform rule (or range) of instrument tag. no.) -compressor unit outline drawing(include loading data) -plot plan (CTCI will provide main equipment location sketch for EETC arrangement reference) -compressor & main turbine/motor data sheet & performance curve -utility consumption list -allowable nozzle loads and moment for compressor -manufacture schedule (first issue after P.O.) 		

附件一 CTCI 與 EETC 離心式壓縮機起始會議(KOM)會議紀錄(P. 2 of 2)

DOCUMENT AND DRAWING LIST														PRELIMINARY	
*1 APP : FOR APPROVAL REC : FOR RECORD REF : FOR REFERENCE														EBARA SER. No. R09T0138	
*2 A : APPROVED WITHOUT COMMENTS B : APPROVED WITH COMMENTS RESUBMIT C : DO NOT PROCEED WITH FABRICATION D : RECEIVED AS INFORMATION															
TITLE	DOC OR DWG. No.	PURPOSE FOR ISSUE *1	EXPECTED DATE TO 1ST ISSUE	FIRST	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	REV. 8	REV. 9	REV. 10	REMARKS	
				ISSUED											
Document and Drawing List	CPCG-813-1001	APP	09.10.26												
Subvendors List	CPCG-813-1002	REC	09.10.20												
Utility Data Sheet	CPCG-813-1003	REC	09.11.06												
Lubricant List	CPCG-813-1004	REC	10.12.20												
Piping Material Standard	CPCG-813-1005	APP	09.12.04												
Piping Connection List	CPCG-813-1006	REC	09.11.20												
Shop Painting Procedure	CPCG-813-1012	INF	10.06.30												
Rust Prevention Procedure	CPCG-813-1013	APP	10.06.30												
Spare Parts List for Commissioning	CPCG-813-1020	REC	10.12.20												
Capital Spare Parts List	CPCG-813-1021	REC	10.12.20												
Spare Parts List for 2 Years Operation	CPCG-813-1022	REC	10.12.20												
Special Tool List	CPCG-813-1023	REC	10.12.20												
Instruction Manual	CPCG-813-1025	REC	11.06.30												
Compressor Data Sheet	CPCG-813-1030	APP	09.11.04												
Compressor Major Parts Material List	CPCG-8211-1031	REC	09.12.11												
Compressor Estimated Performance Curve	CPCG-813-1032	APP	09.11.04												

附件二 EETC 文件與圖件表(document and drawing list)-1/8

DOCUMENT AND DRAWING LIST														PRELIMINARY	
*1 APP : FOR APPROVAL REC : FOR RECORD REF : FOR REFERENCE														EBARA SER. No. R09T0138	
*2 A : APPROVED WITHOUT COMMENTS B : APPROVED WITH COMMENTS RESUBMIT C : DO NOT PROCEED WITH FABRICATION D : RECEIVED AS INFORMATION															
TITLE	DOC OR DWG. No.	PURPOSE FOR ISSUE *1	EXPECTED DATE TO 1ST ISSUE	FIRST	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	REV. 8	REV. 9	REV. 10	REMARKS	
				ISSUED											
Allowable Nozzle Forces and Moments for Compressor	CPCG-813-1033	REC	09.11.04												
Compressor Unbalance Response Analysis	CPCG-813-1035	REC	10.09.30												
Main Turbine Data Sheet	CPCG-813-1040	APP	09.11.04												
Main Turbine Major Parts Material List	CPCG-8212-1041	REC	09.12.11												
Installation Manual		REC	11.02.28												
Main Turbine Estimated Performance Curve	CPCG-8212-1042	APP	09.11.04												
Allowable Nozzle Forces and Moments for Main Turbine	CPCG-813-1043	REC	09.11.04												
Main turbine Unbalance Resonse Analysis	CPCG-8212-1045	REC	10.09.30												
Main Turbine Campbell/Goodman Diagram	CPCG-8212-1046	REC	10.01.31												
Oil System Data Sheet	CPCG-813-1080	APP	10.01.31												
Oil Pump Data Sheet	CPCG-813-1081	REC	10.01.31												
Oil Pump Turbine Data Sheet	CPCG-813-1083	REC	10.04.30												
Oil Pump Motor Data Sheet	CPCG-813-1085	REC	10.01.31												
Oil Cooler Data Sheet	CPCG-813-1086	REC	10.04.30												
Oil Filter Data Sheet	CPCG-813-1087	REC	10.04.30												
Surface Condenser Data Sheet	CPCG-813-1106	APP	10.01.31												

附件二 EETC 文件與圖件表(document and drawing list)-2/8

DOCUMENT AND DRAWING LIST														PRELIMINARY	
*1 APP : FOR APPROVAL REC : FOR RECORD REF : FOR REFERENCE														EBARA SER. No. R09T0138	
*2 A : APPROVED WITHOUT COMMENTS B : APPROVED WITH COMMENTS RESUBMIT C : DO NOT PROCEED WITH FABRICATION D : RECEIVED AS INFORMATION															
TITLE	DOC OR DWG. No.	PURPOSE FOR ISSUE *1	EXPECTED DATE TO 1ST ISSUE	FIRST	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	REV. 8	REV. 9	REV. 10	REMARKS	
				ISSUED											
Condensate Pump Data Sheet	CPCG-813-1110	REC	10.01.31												
Condensate Pump Turbine Data Sheet	CPCG-813-1112	REC	10.04.30												
Condensate Pump Motor Data Sheet	CPCG-813-1113	APP	10.01.31												
Gland Condensate Data Sheet	CPCG-813-1115	APP	10.02.28												
Instrument Data Sheet	CPCG-813E-1120	APP	10.04.20												
System Configuration Diagram	CPCG-813E-1124	REC	09.12.18												
I/O List	CPCG-813E-1125	APP	10.04.20												
Governor Data Sheet	CPCG-813-1126	REC	10.08.31												
Torsional Critical Speed Analysis	CPCG-8211-1140	REC	10.09.30												
Noise Data Sheet	CPCG-813-1141	REC	09.12.04												
Gear Data Sheet			09.12.20												
Motor Data Sheet			09.12.20												
P & Flow Sheet (Process)	ER09T0138 01-900	APP	09.10.30												
P & Flow Sheet (Compressor Unit)	ER09T0138 01-901	APP	09.10.30												
P & Flow Sheet(Oil System)	ER09T0138 01-903	APP	09.10.30												
P & Flow Sheet(Condensing System)	ER09T0138 01-904	APP	09.10.30												

附件二 EETC 文件與圖件表(document and drawing list)-3/8

DOCUMENT AND DRAWING LIST														PRELIMINARY	
*1 APP : FOR APPROVAL REC : FOR RECORD REF : FOR REFERENCE														EBARA SER. No. R09T0138	
*2 A : APPROVED WITHOUT COMMENTS B : APPROVED WITH COMMENTS RESUBMIT C : DO NOT PROCEED WITH FABRICATION D : RECEIVED AS INFORMATION															
TITLE	DOC OR DWG. No.	PURPOSE FOR ISSUE *1	EXPECTED DATE TO 1ST ISSUE	FIRST	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	REV. 8	REV. 9	REV. 10	REMARKS	
				ISSUED											
Logic Diagram	ER09T0138 01-905	APP	10.04.24												
Plot Plan	ER09T0138 01-907	REC	09.10.30												
Compressor Unit Outline (*1)	ER09T0138 01-910	APP	09.10.30												
Water injection Unit Outline	ER09T0138 01-924	APP	10.06.30												
Oil Console Unit Outline	ER09T0138 01-917	APP	10.03.06												
Oil Pump Turbine Outline	ER09T0138 01-918	REC	10.04.30												
Oil Pump Motor Outline	ER09T0138 01-919	REC	10.04.30												
Rundown Tank Outline	ER09T0138 01-920	APP	10.03.06												
Check Valve Unit Outline	ER09T0138 01-923	REC	10.04.30												
Surface Condenser Outline and Expansion Joint Drawing	ER09T0138 01-926	APP	10.01.31												
Inlet/After Condense Outline and Trap Unit Outline	ER09T0138 01-927	APP	10.01.31												
Condensate Pump Unit Outline	ER09T0138 01-928	REC	10.03.30												
Condensate Pump Turbine Outline	ER09T0138 01-929	REC	10.06.30												
Condensate Pump Motor Outline	ER09T0138 01-930	REC	10.06.30												
Gland Condensate Outline	ER09T0138 01-931	APP	10.03.15												
Sealing Steam Unit Outline	ER09T0138 01-932	APP	10.06.30												

附件二 EETC 文件與圖件表(document and drawing list)-4/8

DOCUMENT AND DRAWING LIST														PRELIMINARY	
*1 APP : FOR APPROVAL REC : FOR RECORD REF : FOR REFERENCE														EBARA SER. No. R09T0138	
*2 A : APPROVED WITHOUT COMMENTS B : APPROVED WITH COMMENTS RESUBMIT C : DO NOT PROCEED WITH FABRICATION D : RECEIVED AS INFORMATION															
TITLE	DOC OR DWG. No.	PURPOSE FOR ISSUE *1	EXPECTED DATE TO 1ST ISSUE	FIRST	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	REV. 8	REV. 9	REV. 10	REMARKS	
				ISSUED											
Non-Return Valve Drawing (Turbine Extraction)	ER09T0138 01-933	REC	10.06.30												
Dry Gas Console Unit Outline	ER09T0138 01-934	APP	10.05.15												
Anti surge valve Outline	ER09T0138 01-935	REC	10.06.26												
Check Block Arrangement	ER09T0138 01-936	REC	09.11.20												
Blow off Control Valve Outline	ER09T0138 01-938	APP	10.06.26												
Header Piping Arrangement	ER09T0138 01-939	REC	10.05.31												
JB and Instrument Arrangement	ER09T0138 01-940	APP	10.07.31												
Wiring Diagram	ER09T0138 01-941	APP	10.06.30												
Sequence Diagram	ER09T0138 01-942	REC	10.08.31												
Local Panel Outline	ER09T0138 01-943	APP	10.08.31												
Remote Control Panel Outline	ER09T0138 01-944	APP	10.08.31												
Local Gauge Board Outline (Off skid for Process Instruments)	ER09T0138 01-945	REC	10.08.31												
HMI Screen	ER09T0138 01-947	REC	10.09.30												
LP Compressor Assembly	ER09T0138 01-950	REC	10.10.31												
LP Compressor Rotor Assembly	ER09T0138 01-951	REC	10.10.31												
LP Compressor Bearing & Seal Arrangement (Journal End)	ER09T0138 01-952	REC	10.10.31												

附件二 EETC 文件與圖件表(document and drawing list)-5/8

DOCUMENT AND DRAWING LIST														PRELIMINARY	
*1 APP : FOR APPROVAL REC : FOR RECORD REF : FOR REFERENCE														EBARA SER. No. R09T0138	
*2 A : APPROVED WITHOUT COMMENTS B : APPROVED WITH COMMENTS RESUBMIT C : DO NOT PROCEED WITH FABRICATION D : RECEIVED AS INFORMATION															
TITLE	DOC OR DWG. No.	PURPOSE FOR ISSUE *1	EXPECTED DATE TO 1ST ISSUE	FIRST	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	REV. 8	REV. 9	REV. 10	REMARKS	
				ISSUED											
LP Compressor Bearing & Seal Arrangement (Thrust End)	ER09T0138 01-953	REC	10.10.31												
Compressor Dry Gas Seal Assembly (Journal End)	ER09T0138 01-955	REC	10.08.31												
Compressor Dry Gas Seal Assembly (Thrust End)	ER09T0138 01-956	REC	10.08.31												
Main Turbine Assembly	ER09T0138 01-958	REC	10.10.31												
Main Turbine Rotor Assembly	ER09T0138 01-959	REC	10.10.31												
Engineering Drawings For System (ITCC)	ER09T0138 01-964	REC	10.06.30												
Trip & Throttle Valve Assembly	ER09T0138 01-965	REC	10.04.30												
MP Compressor Assembly	ER09T0138 01-970	REC	10.10.31												
MP Compressor Rotor Assembly	ER09T0138 01-971	REC	10.10.31												
MP Compressor Bearing & Seal Arrangement (Journal End)	ER09T0138 01-972	REC	10.10.31												
MP Compressor Bearing & Seal Arrangement (Thrust End)	ER09T0138 01-973	REC	10.10.31												
MP Compressor Assembly	ER09T0138 01-980	REC	10.10.31												
HP Compressor Rotor Assembly	ER09T0138 01-981	REC	10.10.31												
MP Compressor Bearing & Seal Arrangement (Journal End)	ER09T0138 01-982	REC	10.10.31												
MP Compressor Bearing & Seal Arrangement (Thrust End)	ER09T0138 01-983	REC	10.10.31												
Compressor Flow Element Outline	ER09T0138 01-985	APP	10.04.30												

附件二 EETC 文件與圖件表(document and drawing list)-6/8

DOCUMENT AND DRAWING LIST														PRELIMINARY	
*1 APP : FOR APPROVAL REC : FOR RECORD REF : FOR REFERENCE														EBARASER. No. R09T0138	
*2 A : APPROVED WITHOUT COMMENTS B : APPROVED WITH COMMENTS RESUBMIT C : DO NOT PROCEED WITH FABRICATION D : RECEIVED AS INFORMATION															
TITLE	DOC OR DWG. No.	PURPOSE FOR ISSUE *1	EXPECTED DATE TO 1ST ISSUE	FIRST	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	REV. 8	REV. 9	REV. 10	REMARKS	
				ISSUED											
Atm. Relief Valve Drawing	ER09T0138 01-986	APP	10.02.20												
Level Control Valve Overboard Valve Outline	ER09T0138 01-987	REC	10.02.20												
Main Turbine Y-Strainer Drawing	ER09T0138 01-988	APP	10.05.20												
Coupling Drawing between S. Turb. and MP Compr.	ER09T0138 01-995	REC	10.07.31												
Coupling Drawing between MP Compr. and LP Compr.	ER09T0138 01-996	REC	10.07.31												
Coupling Drawing between LP Compr. and HP Compr.	ER09T0138 01-997	REC	10.07.31												
Inspection and Test Quality Plan	CPCG- S13-2001	REC	09.11.05												
Compressor Inspection and test Procedure	CPCG- S13-2002	APP	09.11.05												
Compressor Performance Test Procedure	CPCG- S214-2003	APP	10.11.30												
Compressor/Turbine Mechanical Running Test Procedure	CPCG- S214-2004	APP	10.11.30												
Main Turbine Inspection and Test Procedure	CPCG- S13-2005	APP	09.11.05												
Dry Gas Seal Test Procedure	CPCG- S13-2007	APP	10.08.31												
Oil System Inspection and Test Procedure	CPCG- S13-2009	APP	09.11.05												
Oil System Functional Test Procedure	CPCG- S13-2010	APP	10.08.31												
Surface Condenser Inspection and Test Procedure	CPCG- S13-2022	APP	10.05.20												
Local Panel Inspection and test Procedure	CPCG- S13E-2028	APP	10.08.31												

附件二 EETC 文件與圖件表(document and drawing list)-7/8

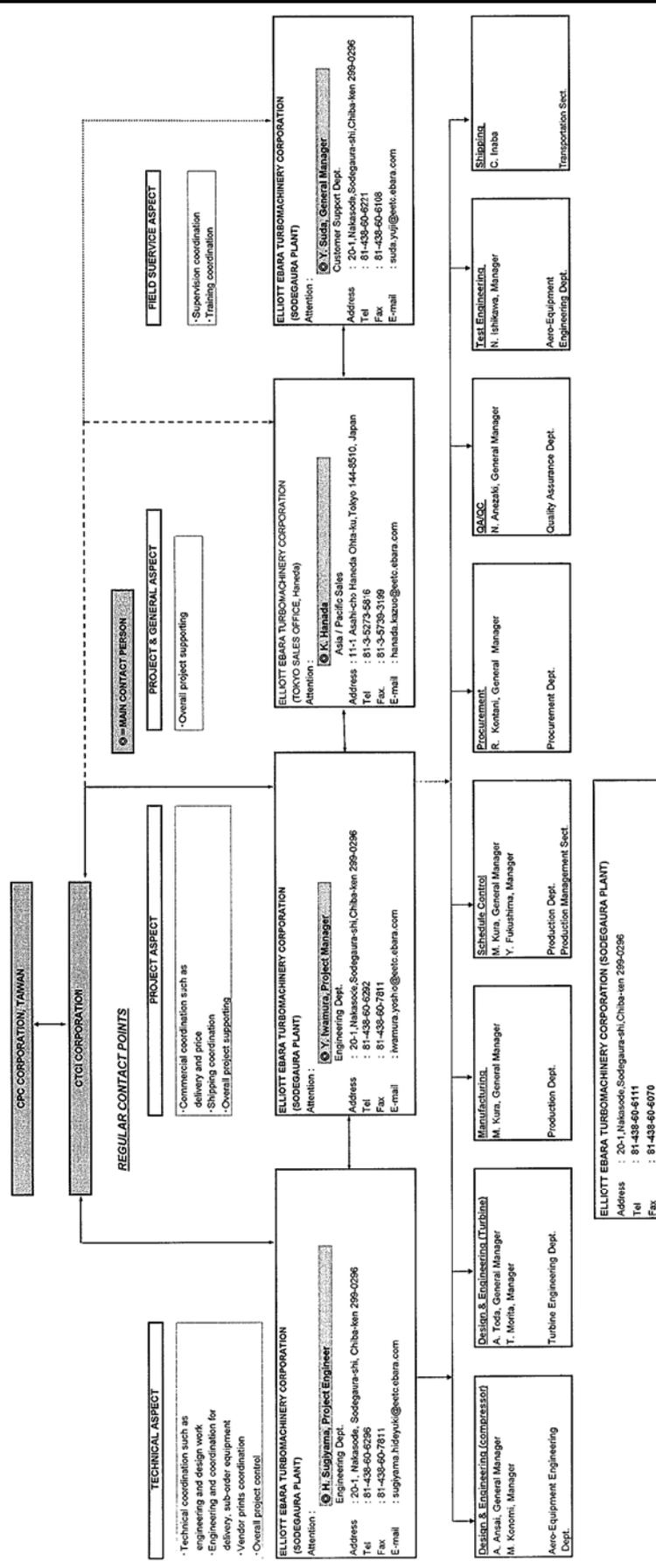
DOCUMENT AND DRAWING LIST														PRELIMINARY	
*1 APP : FOR APPROVAL REC : FOR RECORD REF : FOR REFERENCE														EBARASER. No. R09T0138	
*2 A : APPROVED WITHOUT COMMENTS B : APPROVED WITH COMMENTS RESUBMIT C : DO NOT PROCEED WITH FABRICATION D : RECEIVED AS INFORMATION															
TITLE	DOC OR DWG. No.	PURPOSE FOR ISSUE *1	EXPECTED DATE TO 1ST ISSUE	FIRST	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	REV. 8	REV. 9	REV. 10	REMARKS	
				ISSUED											
Remote Control Panel Inspection and Test Procedure	CPCG- S13E-2029	APP	10.08.31												
Inspection and Test Report	CPCG- S121-2035	APP	11.06.30												
Compressor Welding Procedure (WPS/PQR)	CPCG- S121-2041	APP	09.11.05												
Main Turbine Repair Welding Procedure	CPCG- S13-2044	APP	09.11.05												

附件二 EETC 文件與圖件表(document and drawing list)-8/8

ELLIOTT EBARA - ORGANIZATION / COMMUNICATION CHANNEL

GTGI CORPORATION
 CPC CORPORATION, TAIWAN
 CPC No.6 Naphtha Cracker Project
 Centrifugal Compressor package (C-1201, C-1601, C-1801, C-241)

Purchaser
 User
 Project
 Material (Item No.)
 089P001A01-P0005
 P.O. No.
 Elliott Ebara Serial No.
 RO990138.67.141



附件三 EETC C-1201/1501/1601/4241 機組製造專案組織表

保存年限：3 年
 保單核定日：97.07.03

		DATE	TIME	Temp. (°C)	Position No.																				Axie (mm)				
					1				2				3				4				5								
					A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D					
1	FIRST COLD	10/7	13:00	21	5	0	0	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	5	0	0	0.0
2		10/7	14:00	21	5	5	0	0	0	5	5	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	0	0	0	0.0
3		10/7	15:00	21	5	0	0	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	0	0	0	0.0
4		10/7	16:00	72	5	5	0	0	0	0	5	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	0	0	0	0.0
5	HEATING	10/7	17:00	147	5	0	0	0	0	0	5	0	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0.1
6		10/7	18:00	221	5	5	0	0	5	5	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0.7
7		10/7	19:00	297	0	0	0	5	5	0	5	15	0	0	5	15	0	0	10	15	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8
8		10/7	20:00	371	5	5	0	0	5	10	0	0	20	15	0	5	20	15	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	3.3
9		10/7	21:00	447	5	0	0	0	20	15	0	10	30	10	0	15	35	5	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	5.1
10		10/7	22:00	521	5	0	0	5	20	10	0	10	30	5	0	20	35	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	7.3
11		10/7	23:00	596	5	5	0	5	5	0	0	0	15	5	0	10	25	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	9.8
12		HOLDING	10/8	0:00	614	0	0	5	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	5	10	10	0	5	5	0	5	5	0	12.1
13	10/8		1:00	614	5	5	0	5	10	10	0	10	15	10	0	10	10	5	0	0	0	0	5	5	0	5	5	13.3	
14	10/8		2:00	614	0	5	5	0	5	15	10	0	15	20	10	0	10	15	10	0	0	0	0	0	0	0	0	13.9	
15	10/8		3:00	614	5	5	0	5	10	15	10	0	15	25	15	0	15	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	14.1	
16	10/8		4:00	614	5	5	0	0	10	15	5	0	20	15	0	0	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	5	14.3	
17	10/8		5:00	616	5	5	0	5	10	15	10	0	20	30	15	0	15	20	10	0	0	0	0	0	0	0	5	14.3	
18	10/8		6:00	614	5	5	0	0	10	20	10	0	20	30	15	0	15	25	10	0	0	0	0	0	0	0	0	14.4	
19	10/8		7:00	614	5	5	0	5	15	20	15	0	20	30	15	0	15	20	10	0	0	0	5	5	0	5	5	14.4	
20	10/8		8:00	614	5	5	0	0	10	20	10	0	20	30	15	0	15	20	10	0	0	0	5	5	0	5	5	14.4	
21	10/8		9:00	614	5	5	0	0	10	15	10	0	20	30	15	0	20	25	10	0	5	0	5	5	0	5	5	14.4	
22	FINAL HOT	10/8	10:00	614	5	5	0	5	10	20	10	0	20	30	15	0	20	25	10	0	0	0	5	5	0	5	5	14.4	
23		10/8	11:00	615	5	0	0	0	15	25	15	0	20	35	15	0	15	25	10	0	5	0	5	5	0	5	5	14.5	
24	COOLING	10/8	12:00	614	5	5	0	5	10	20	10	0	20	30	15	0	20	20	10	0	5	0	5	5	0	5	5	14.5	
	FINAL COLD																												

附件六 鍛造轉軸熱穩定測試量測紀錄表—樣本

HEAT STABILITY TEST REPORT
加 熱 振 れ 試 験 成 績 表

Order No. M09-04-002
受注番号

date 8 OCT. 2009
日付
Report No. 095681
成績表番号

Purchaser 御注文主	ELLIOTT EBARA TURBOMACHINERY CORPORATION	
Name of Article 品名	SHAFT	Applicable spec. 適用仕様書 SMPS-ES-F15 REV.8 (SPS-1002-80)
Material 材質	ASTM A470 CL. 4	
Purchaser's Order No. 客先注文番号	CL21665	Acceptance Standard 判定基準 Spec.Deflection (振れ規格) 0.050 mm Spec.Vector (軸芯振れ) 0.025 mm
Drawing No. 図番	ES/8601875 REV.1	
Name of Project プラント名、プロジェクト名		
MODEL	2SQV-6	
SER No.	R08T022203	

Piece No. 24903-101
製品番号

Measured Position of Temperature & Deflection
温度と振れの測定器位置

Test Condition (試験条件)

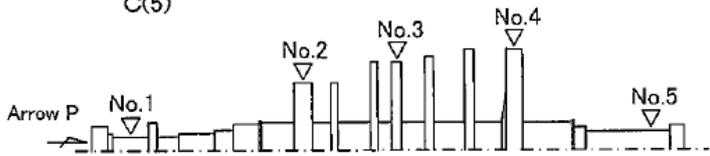
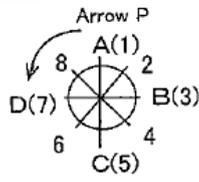
Heating Rate
昇温速度 75 °C/H

Holding
保持温度 615 °C

Holding Time
保持時間 12 H

Cooling Rate
降温速度 Furnace Cooling

Rotate the forging at a speed
回転速度 2 rpm



1ST COLD MEASUREMENTS (第1回 低温測定) UNIT(単位) : 1/1000 mm

Date	Time	1				2				3				4				5			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
10/7	13:00	5	0	0	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	5	0	0
	14:00	5	5	0	0	0	5	5	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	0	0	0
(a)	15:00	5	0	0	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	0	0	0

FINAL HOT MEASUREMENTS (加熱時最終測定)

10/8	10:00	5	5	0	5	10	20	10	0	20	30	15	0	20	25	10	0	0	0	5	5
	11:00	5	0	0	0	15	25	15	0	20	35	15	0	15	25	10	0	5	0	5	5
(b)	12:00	5	5	0	5	10	20	10	0	20	30	15	0	20	20	10	0	5	0	5	5

2ND COLD MEASUREMENTS (第2回 低温測定)

(c)																					
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

DEFLECTION BETWEEN [(b),(c)の振れ差異]

(b)	5	5	0	5	10	20	10	0	20	30	15	0	20	20	10	0	5	0	5	5
(c)																				
(b)-(c)																				

RESULT (結果) [Spec.Deflection (振れ規格)]

ACCEPTANCE 判定	ACCEPTABLE	<input checked="" type="checkbox"/> Witness 立会者 S.H. Tu (CTCI)
Examined by 試験者	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/> Reviewer 確認者
		Approved by 承認者 <i>[Signature]</i>

*1 Witness by CTCI PACIFIC STEEL MFG. CO., LTD. TOYAMA WORKS
太平洋製鋼株式会社 富山製造所

附件七 鍛造轉軸熱穩定測試報告書一様本

保存年限：3年

保單核定日：97.07.03

Dry Gas Seal Balance Report

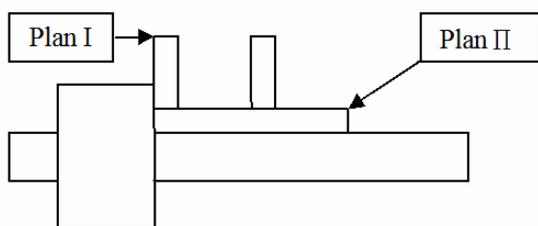
QCP 908 S17 REV.1

CONTROL CERTIFICATE

CUSTOMER	PROJECT NUMBER	GSP119A
DR ORDER N° 6648	G.S. SERIAL N°	SN1545/46
CUST ORDER N° 00192744	G.S. FULL CODE	L90M 157.1
PART NUMBER 681-626-201	G.S. DRWG N°	526-326-201

Rotor mass: W = 10600 g	Allowable residual unbalance
MCS: N = 10869 rpm	Uaru = grade10 x W/N = 9.752 g-mm
	Uaru/plan = Uaru/2 = 4.876 g-mm

BALANCING CERTIFICATE (ISO 1940 G 1.0)



R = 90 mm	R = 64 mm
Uaru/R = 0.054 g	Uaru/R = 0.076 g

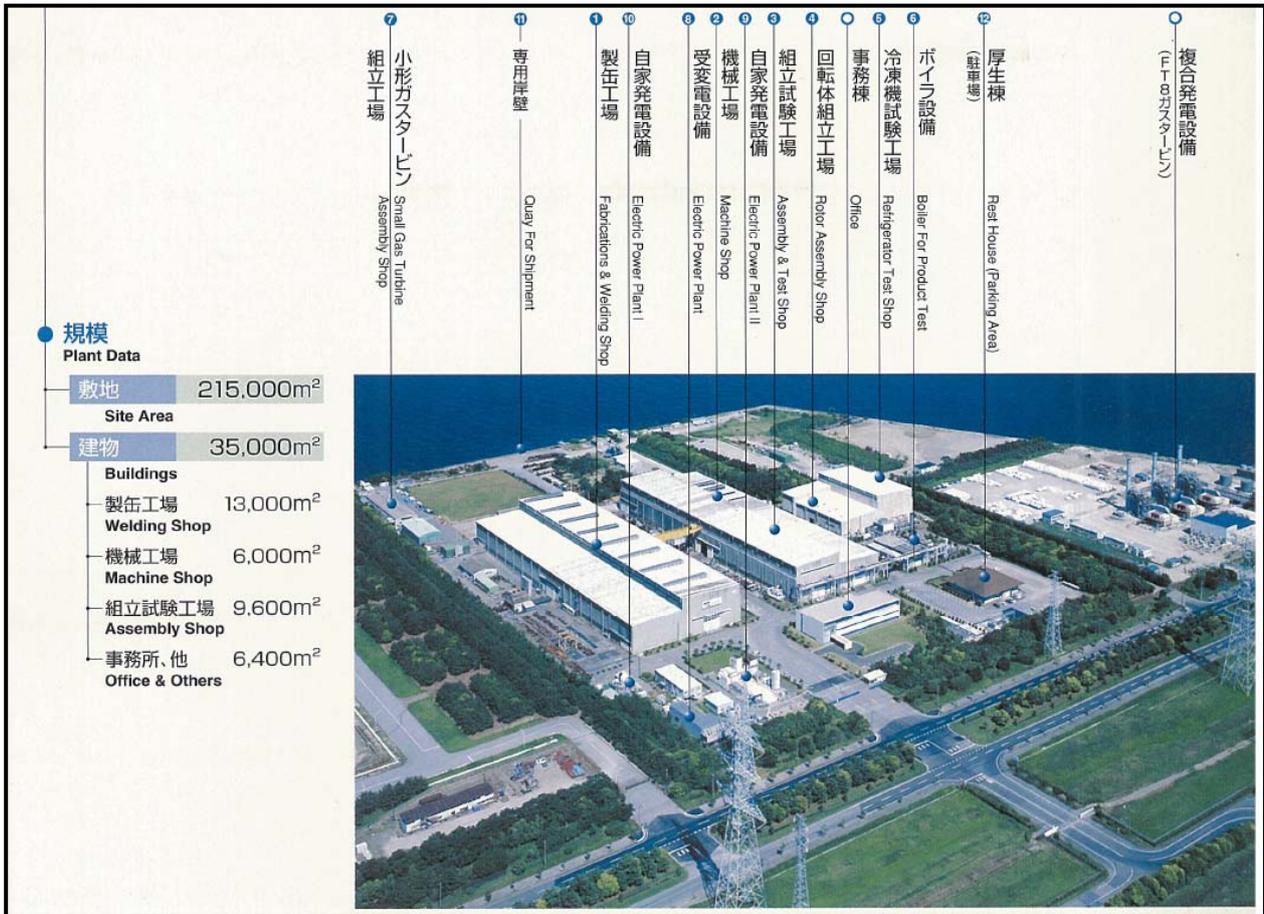
Speed: 1000 rpm

Initial unbalance:
 Plan I: 0.196 g @ 163 deg.
 Plan II: 0.103 g @ 0 deg.

Final unbalance:
 Plan I: 0.0523 g @ 149 deg.
 Plan II: 0.0563 g @ 349 deg.

OPERATOR NAME	SIGNATURE	DATE
AGENT SERVICE QUALITE Q.A. CONTROLLER NAME	SIGNATURE	DATE

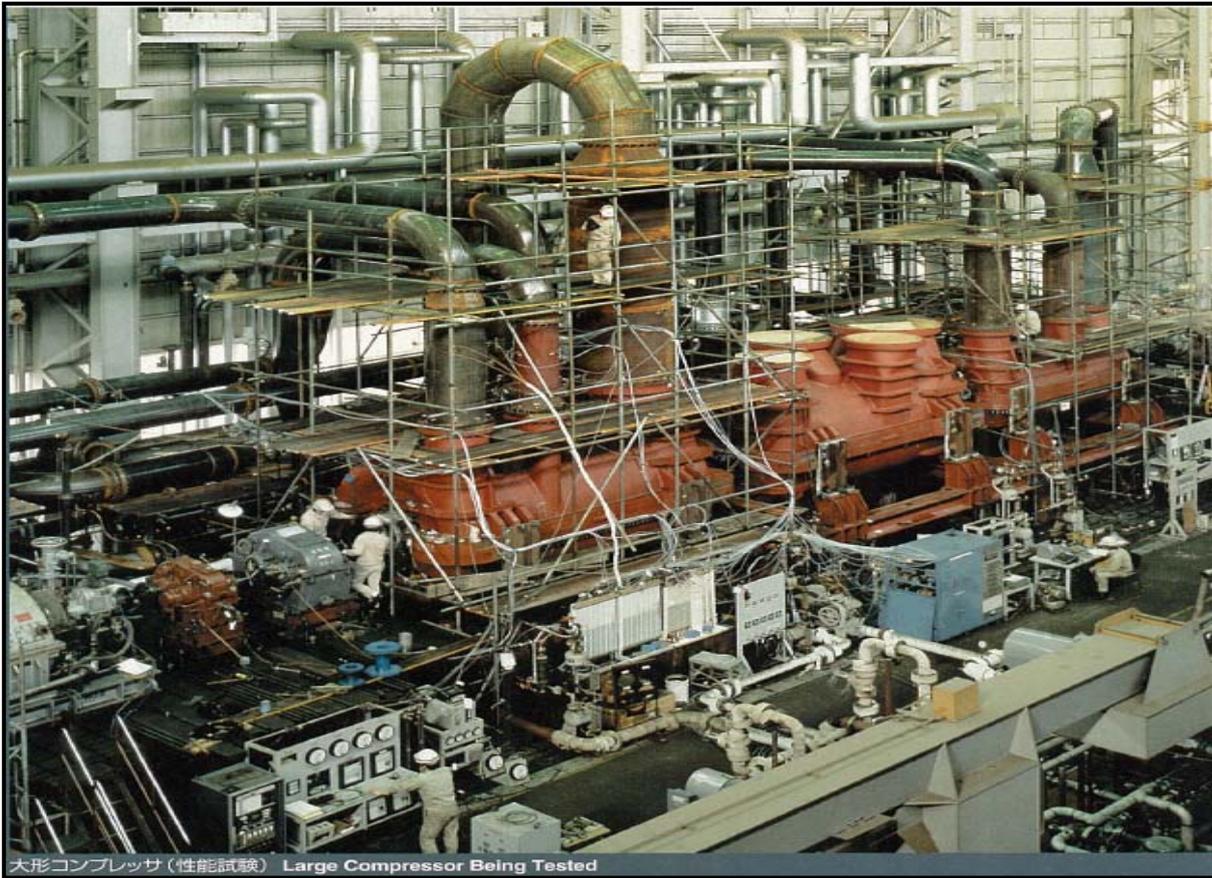
附件九 乾式軸封轉動件動平衡報告書－樣本



圖一 EETC 袖浦工廠鳥瞰圖



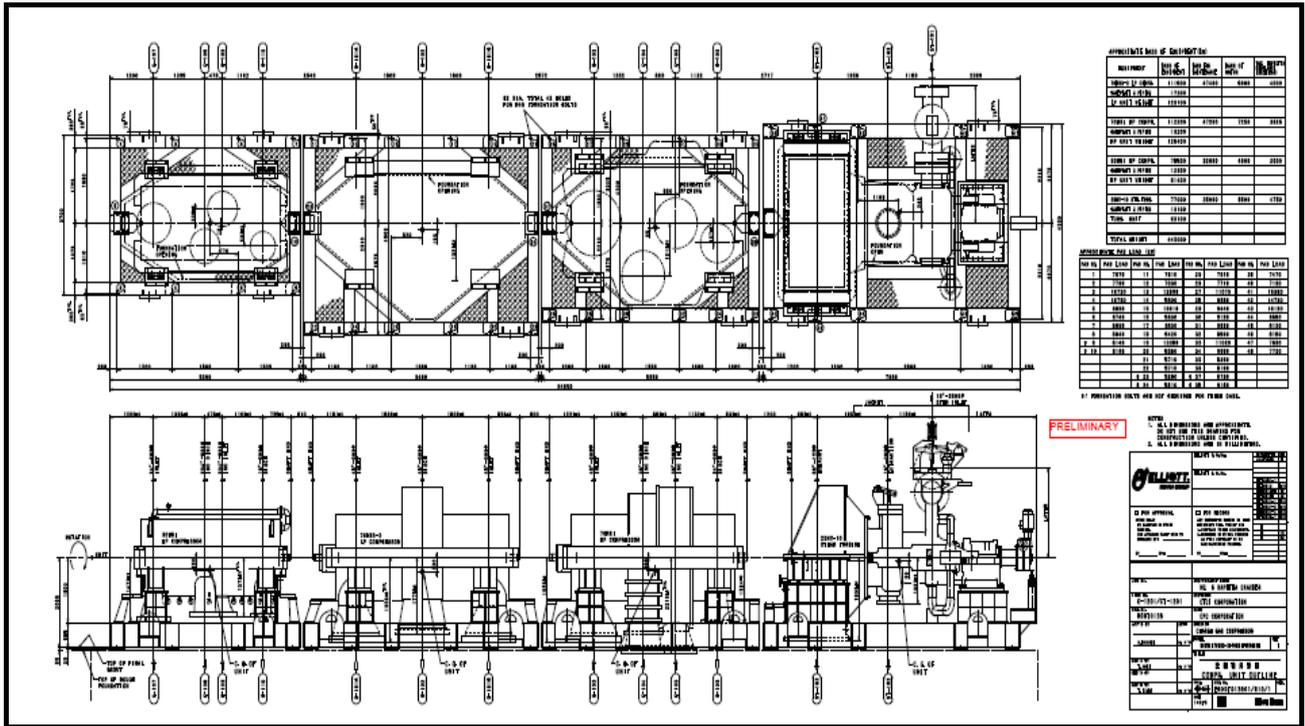
圖二 大型透平機與壓縮機組立工場



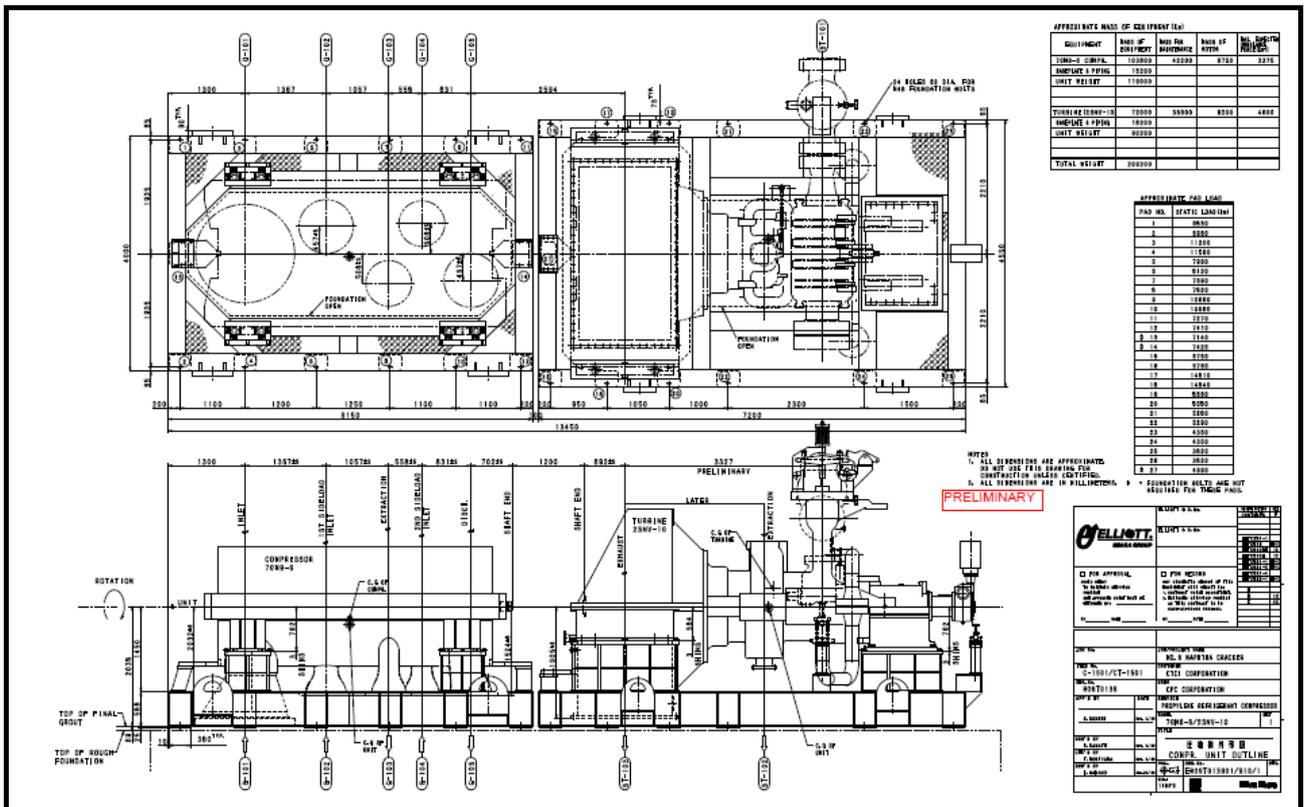
圖三 大型透平機與壓縮機性能試驗與機械運轉工場



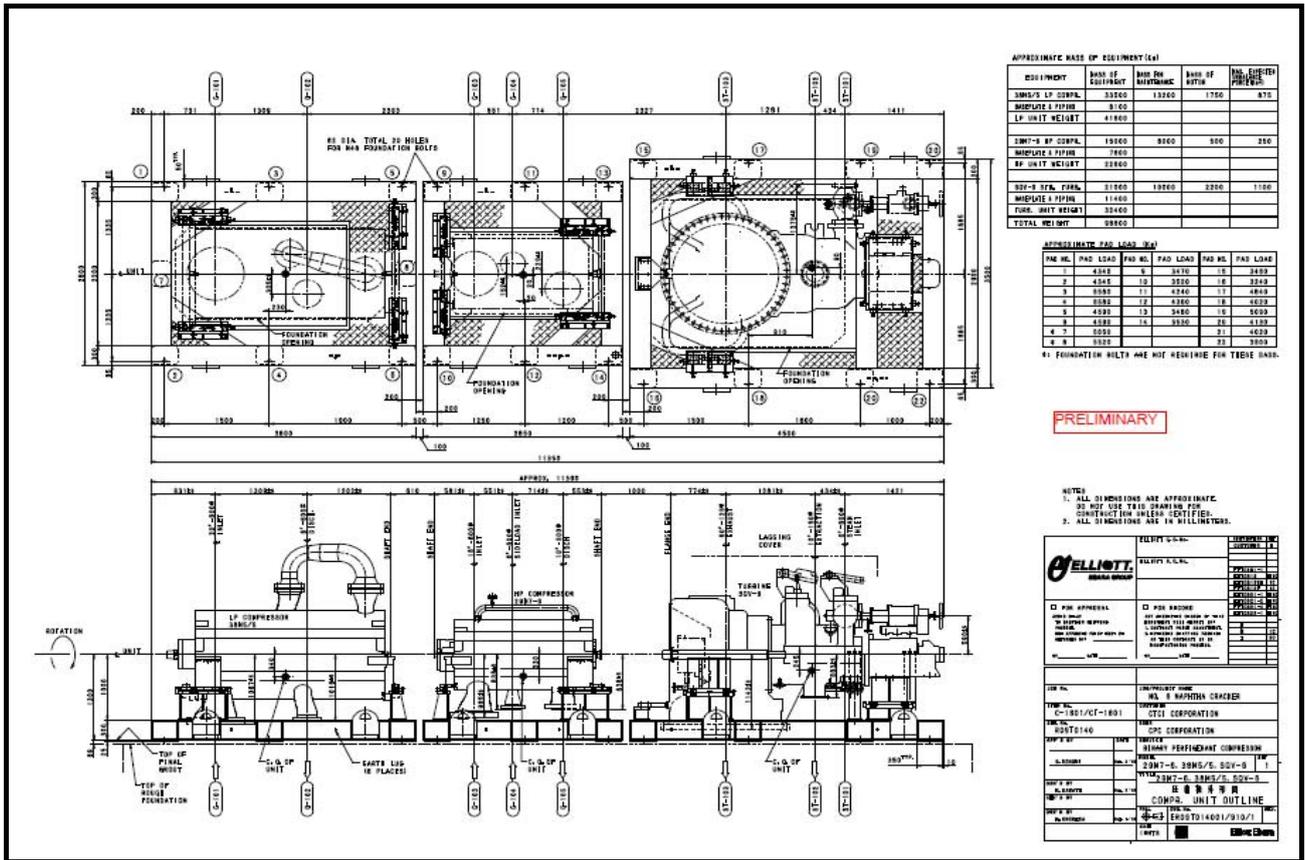
圖四 大型透平機或壓縮機轉軸之高速平衡機



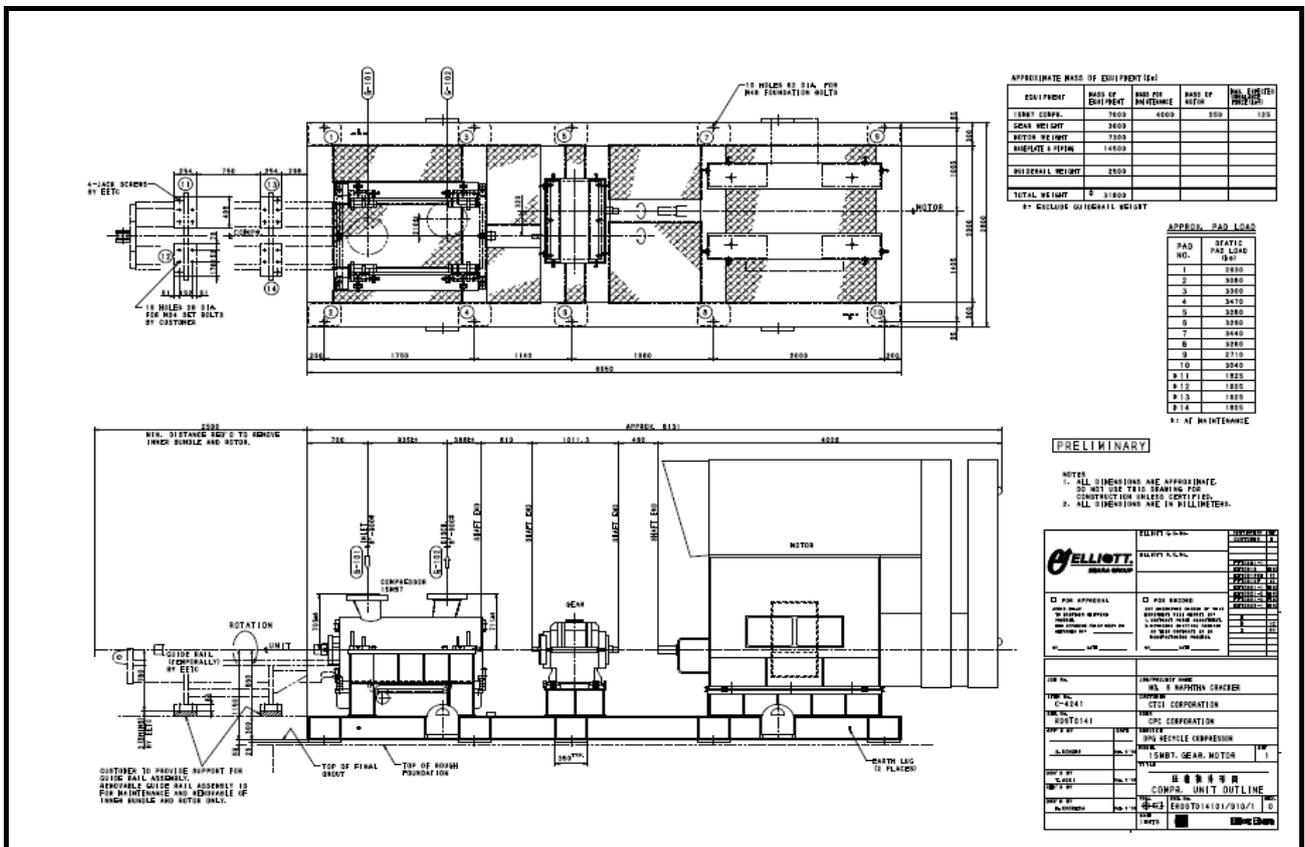
圖五 C-1201 Turbo-Compressor Train—Outline Drawing



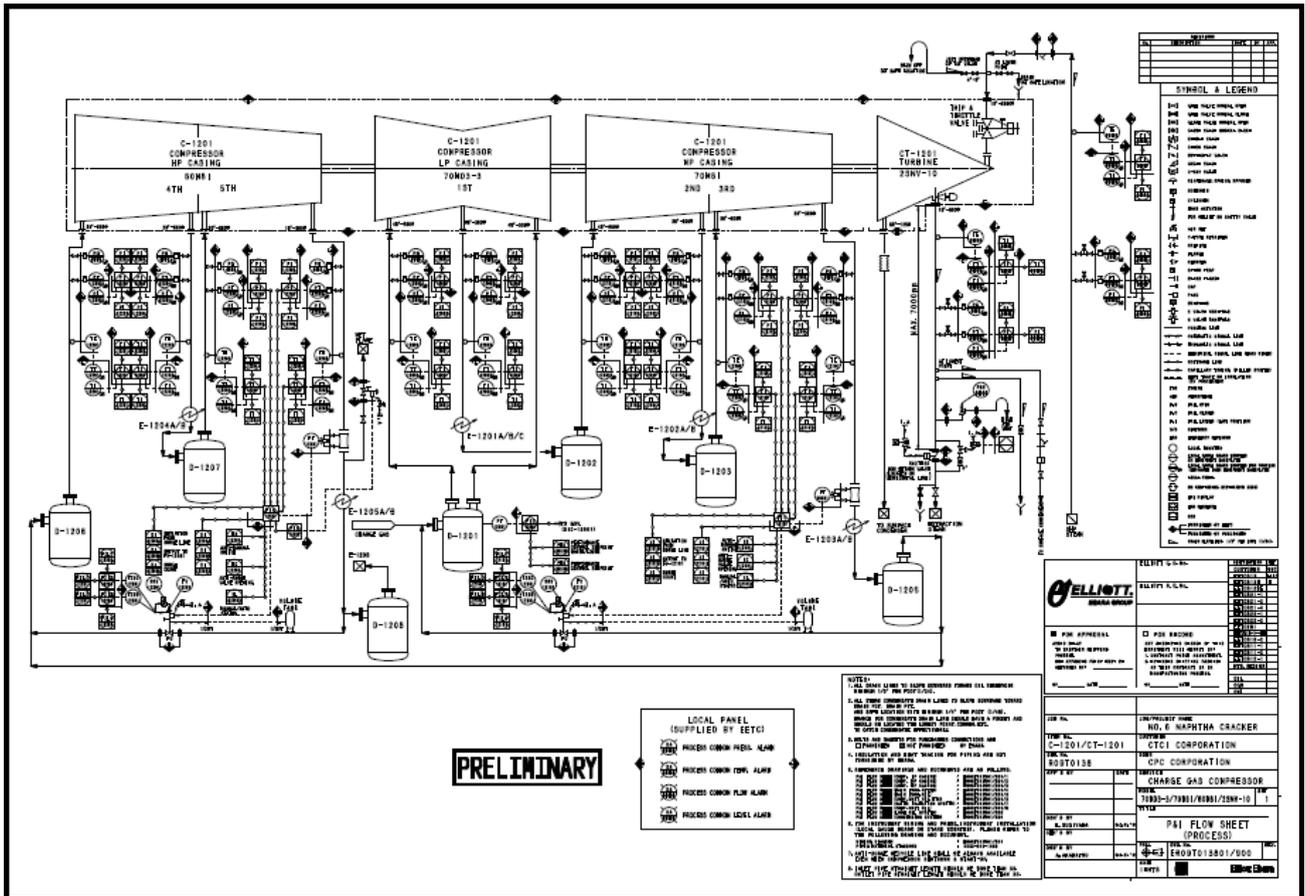
圖六 C-1501 Turbo-Compressor Train—Outline Drawing



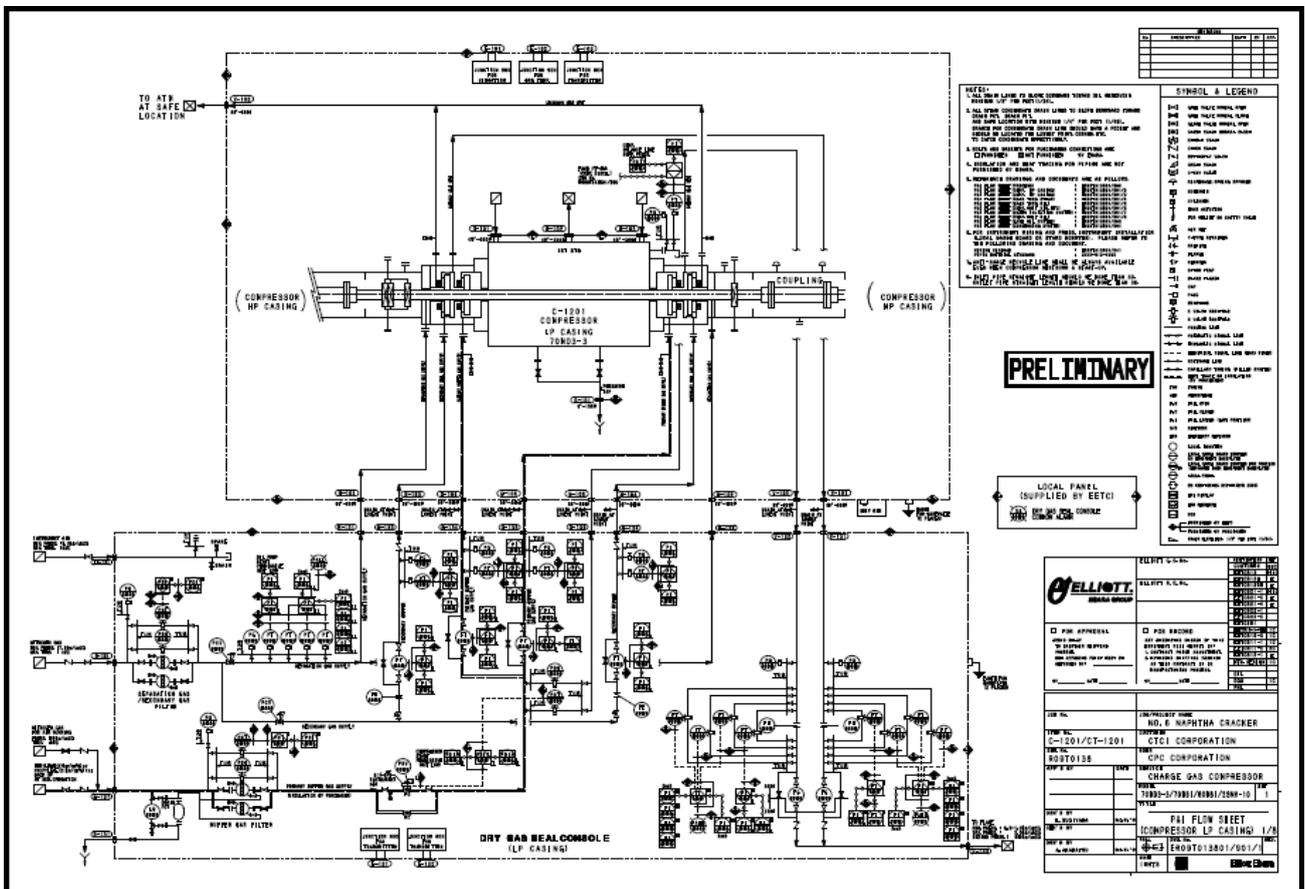
圖七 C-1601 Turbo-Compressor Train—Outline Drawing



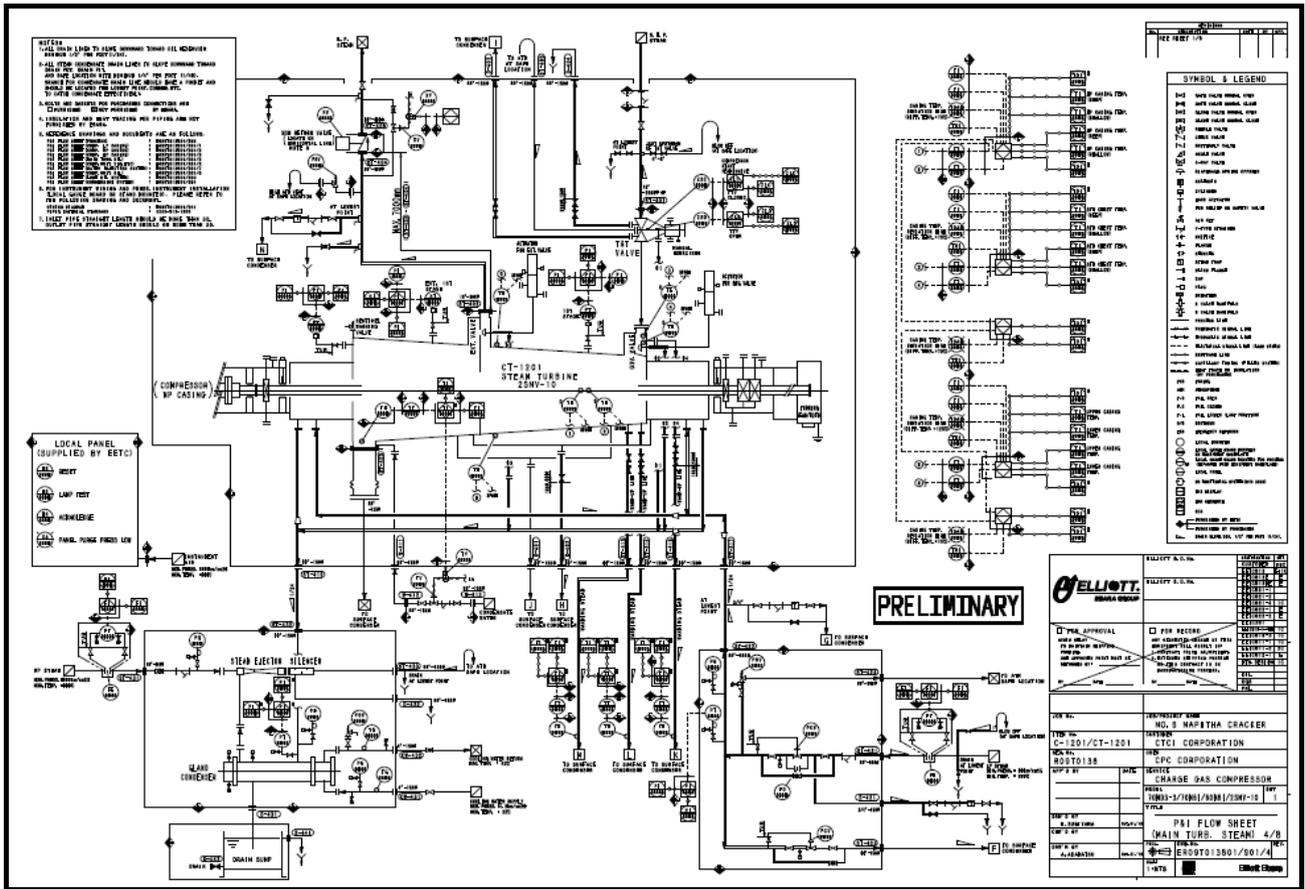
圖八 C-4241 Motor-Compressor Train—Outline Drawing



圖九 C-1201 Charge Gas Compressor—P&I Flow Sheet (Process)



圖十 C-1201 Charge Gas Compressor—P&I Flow Sheet of Dry Gas seal (LP Casing)

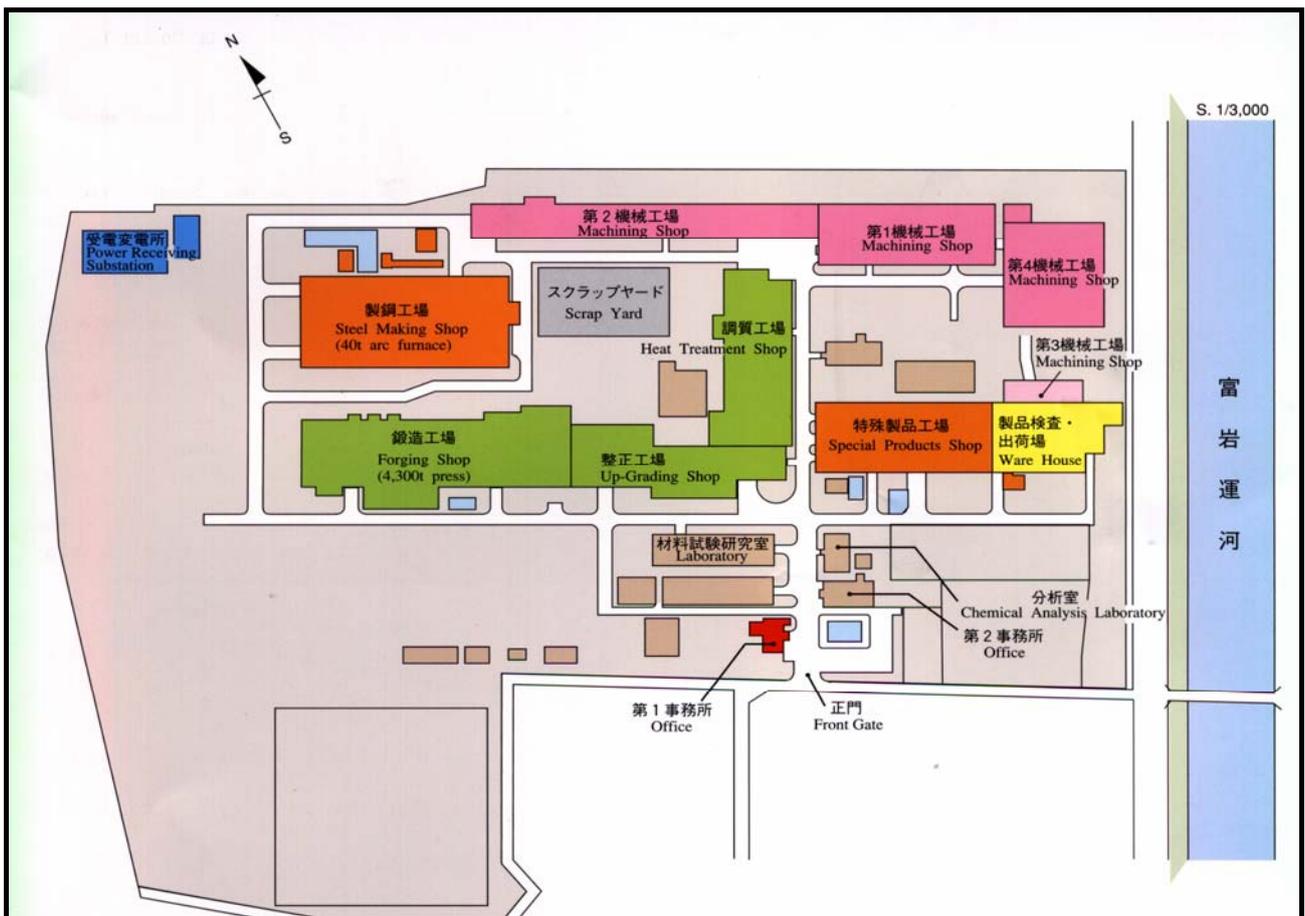




圖十八 超級螺栓(1/2)

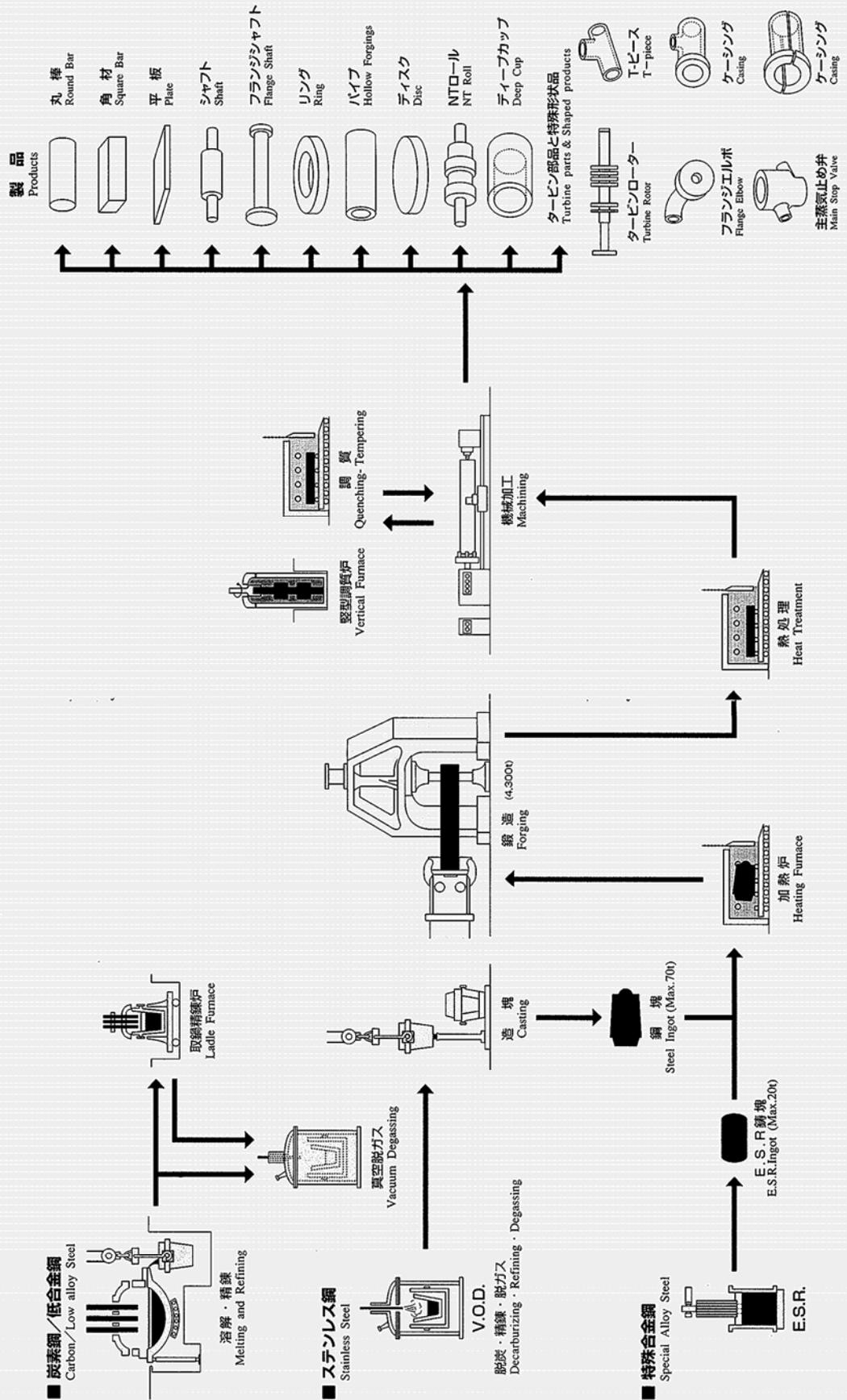


圖十八 超級螺栓(2/2)



圖十九 太平洋製鋼富山製造所工廠佈置圖

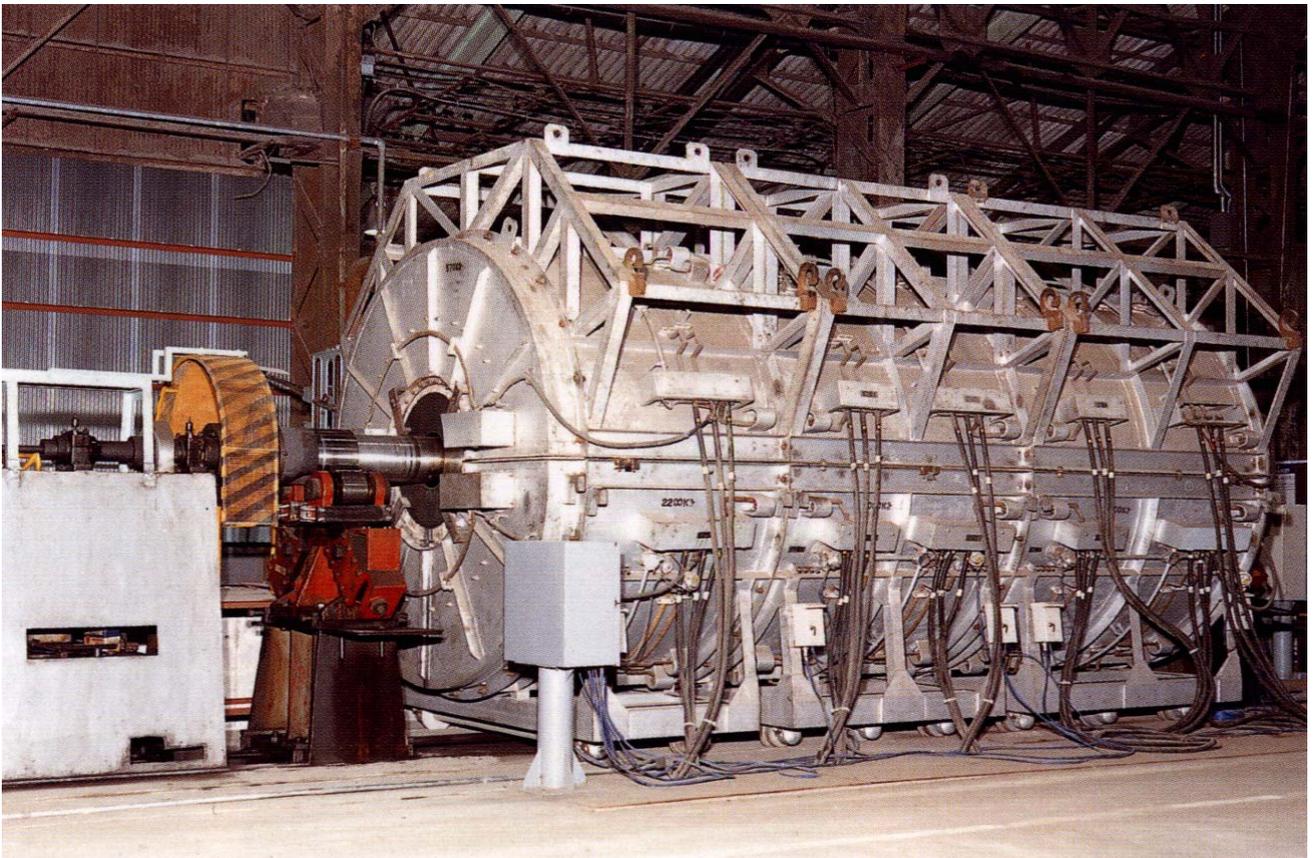
製造プロセス Manufacturing Process



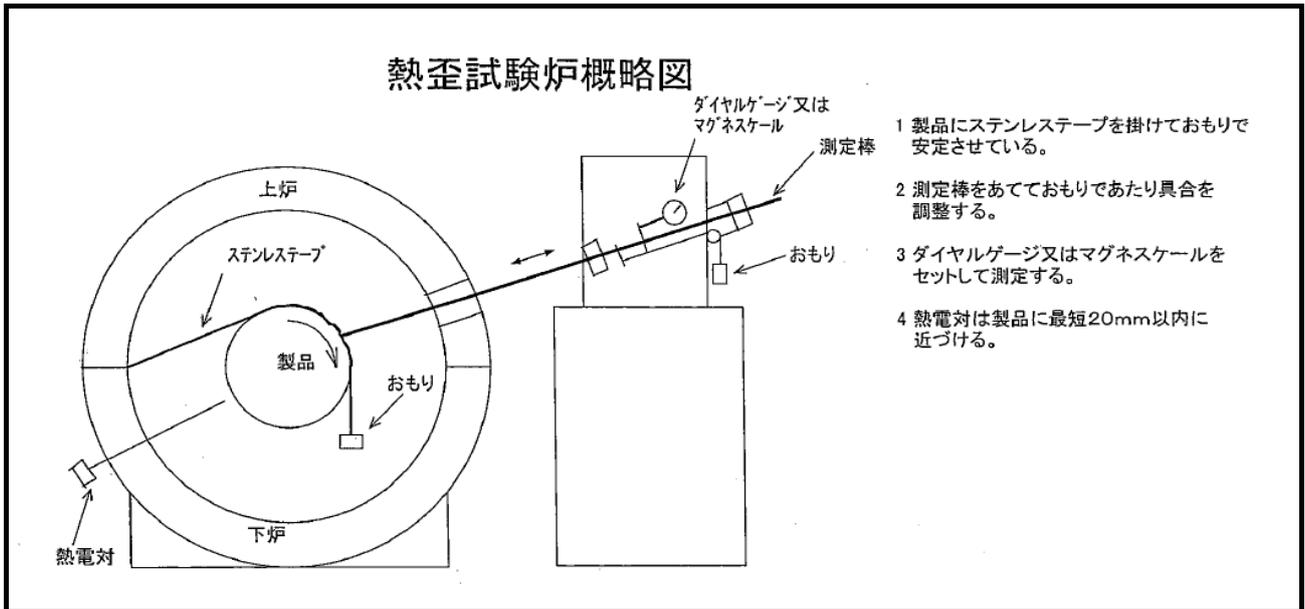
圖二十 太平洋製鋼富山製造所產品與製造流程圖



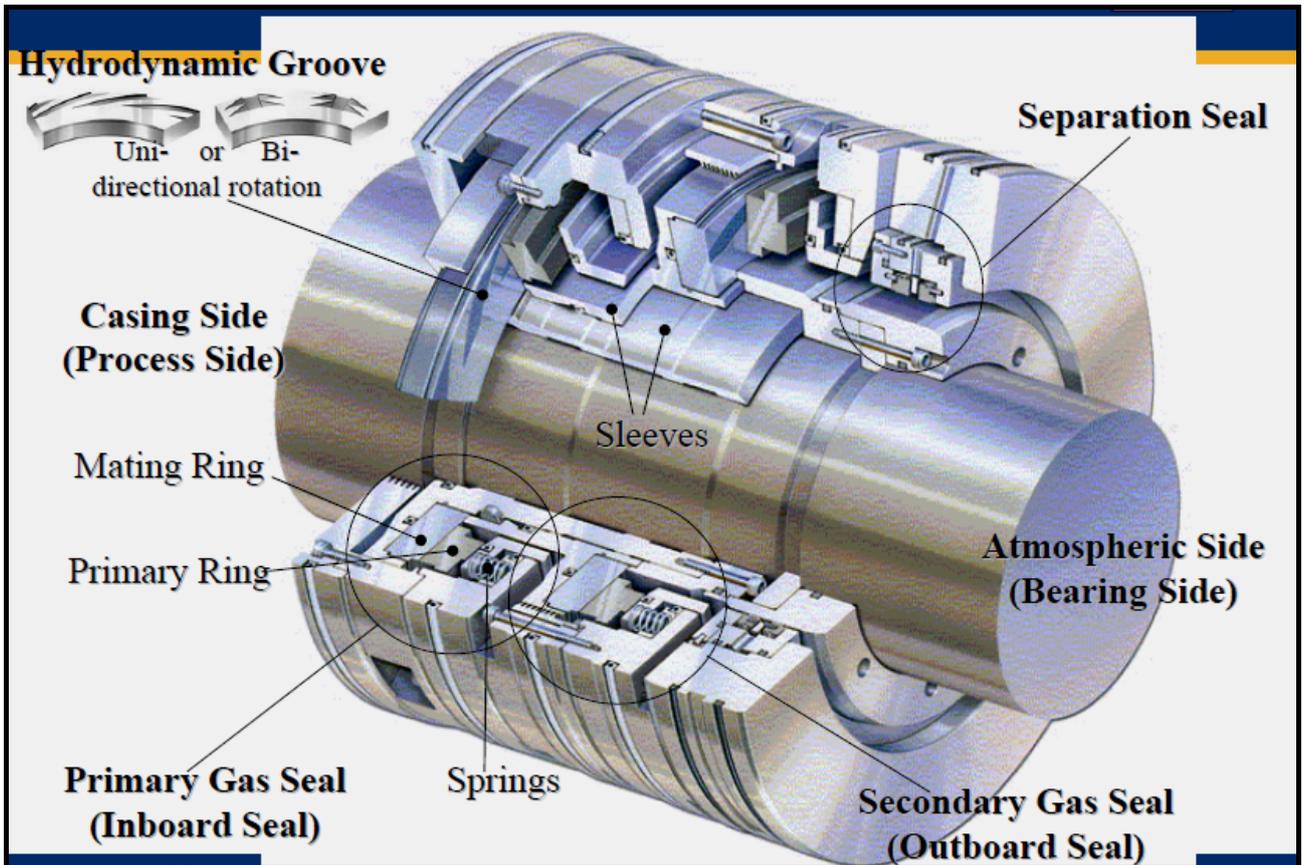
圖二十一 鍛造用 4300 噸油壓壓床



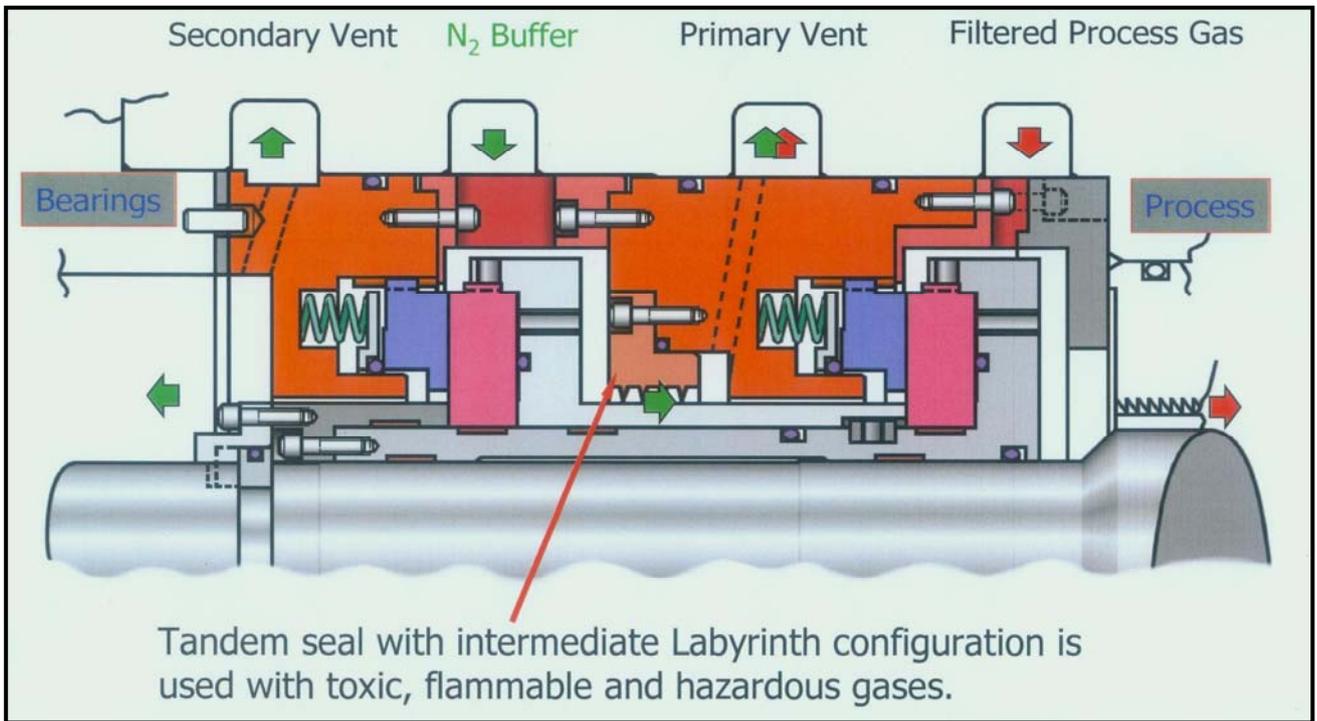
圖二十二 轉軸熱穩定測試機台



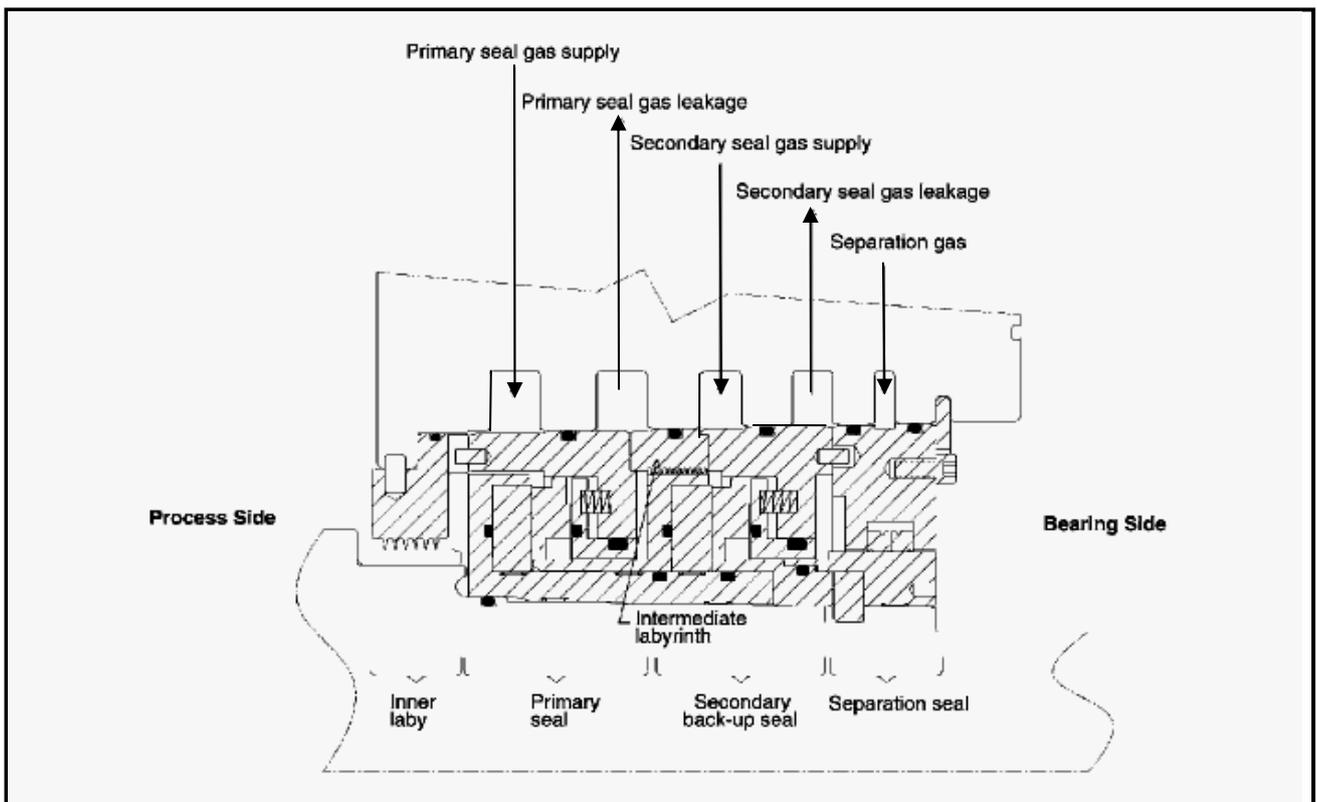
圖二十三 鍛造轉軸熱穩定測試設置方式概略圖



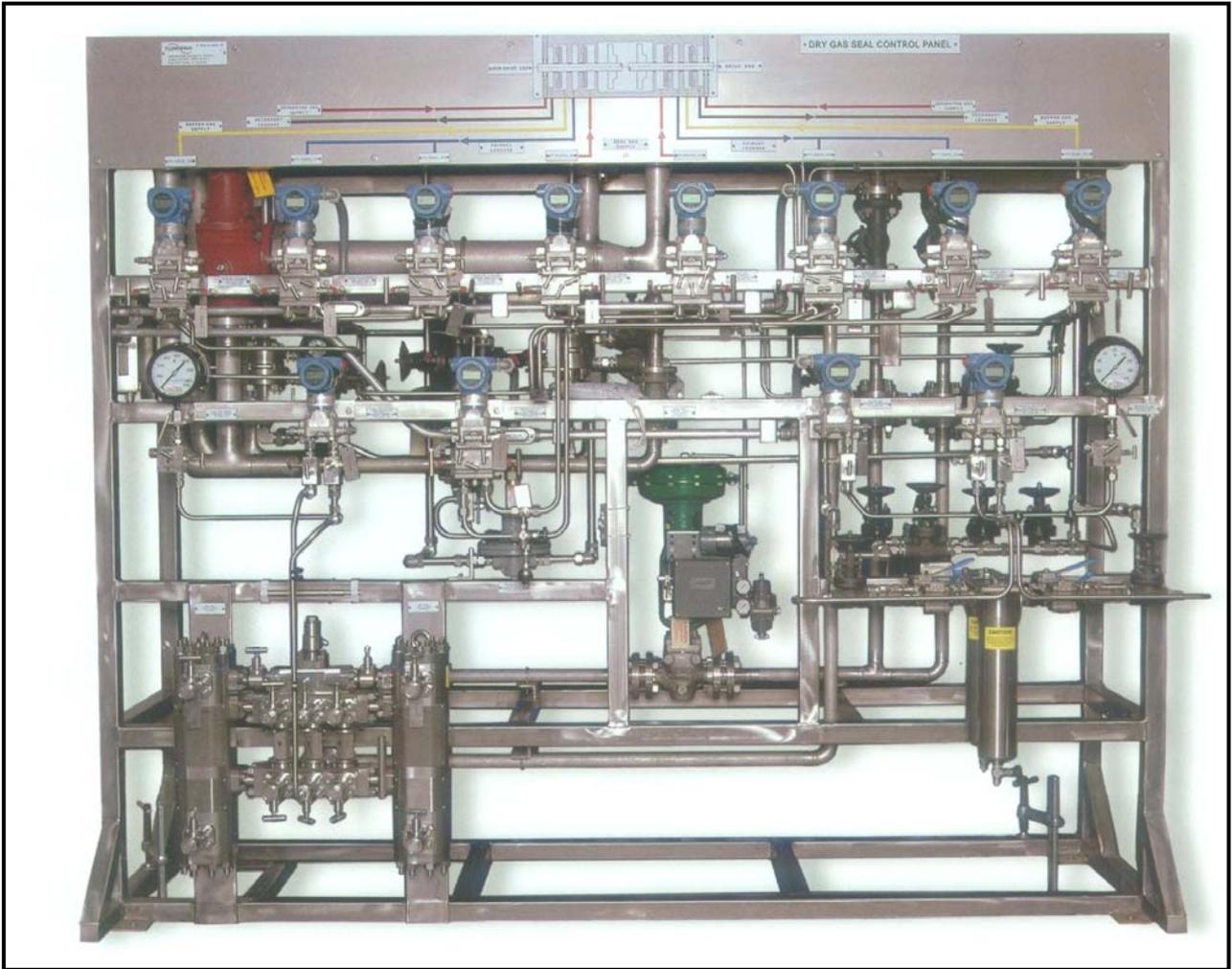
圖二十四 乾式軸封的基本構造圖



圖二十五 乾式軸封的相關支援控制系統的相關部位(1/2)



圖二十五 乾式軸封的相關支援控制系統的相關部位(2/2)



圖二十六 乾式軸封整合控制系統的現場控制盤組