

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：考察)

煉製事業部汽油加氫脫硫工場統包

工程設計及購料監辦工程連繫

服務機關：台灣中油公司高雄煉油廠

姓名職稱：張源發 機械工程師

派赴國家：德國、義大利

出國期間：97年10月27日至97年11月05日

報告日期：97年01月06日

## 摘 要

本次出國考察為辦理高雄煉油廠增設汽油加氫脫硫工場統包工程製造監辦、設計規範研討、工程聯繫。使用 M9505 煉製事業部高雄廠汽油品質提昇投資計畫設計及購料監辦計畫。本案工程現已遷移至大林廠，統包承攬商為康全工程公司(案號：KDX9535002)，本案主要轉動設備為氫氣循環往復式壓縮機由義大利 SIAD MACCHINE IMPIANTI 公司製造，此往復式壓縮機為無油型式，單級雙氣缸水平對稱式，馬力約 1000HP，依照 API-618 標準設計製造，往復式壓縮機為整體型(PACKAGED TYPE)，從進口氣液分離槽(K.O.DRUM)、脈動減振器(PULSATION DAMPER)、冷卻器等附屬設備包含中間管路連接及控制箱，全部裝置於同一基座上。並與 SIAD 公司設計人員討論設備規範澄清事項，及交貨準備事宜。製程泵浦由 FLOWSERVE 公司製造，FLOWSERVE 公司所生產之泵浦大部分為 API-610 標準單級和多級泵浦，並也有製造大型深井抽水泵浦。並赴大林廠 RFCC 統包工程主要設備製造廠家德國 MAN TURBO 公司研討 MAB(MAIN AIR BLOWER)壓縮機組(軸流式壓縮機、蒸氣透平機和馬達發電機三機一組)設計規範並參觀工廠。

## 目 次

壹、出國目的-----	3
貳、過程內容-----	3
參、心得與建議-----	18
肆、附錄-----	19

## 壹、出國目的

- 一、藉由參訪設備製造廠家瞭解設備設計、製造與檢驗測試之程序，確保設備之品質。
- 二、藉由參訪設備製造廠家瞭解其設備製造能力。
- 三、瞭解設備製造進度，確保符合工期。
- 四、與設備製造廠家研討技術規範、意見交流。
- 五、提昇工作人員對轉動設備如壓縮機、蒸氣透平機、泵浦等之規劃、設計、採購審查、監造、檢驗、性能試驗之能力。

## 貳、過程內容

### 一、行程略述如下：

- 1) 97年10月27日由高雄啓程至德國杜塞爾多夫。
- 2) 97年10月28日至10月30日三天至MAN TURBO公司(位於Oberhausen)研討大林廠RFCC工場MAIN AIR BLOWER機組(C-1101)及濕氣壓縮機WET GAS COMPRESSOR(C-2101)技術規範，意見交流，並參觀工廠。
- 3) 97年10月31日至11月03日三天 1.至義大利SIAD MACCHINE IMPIANTI公司(位於Bergamo)討論大林廠汽油HDS工場氫氣循環壓縮機(C-3001A/B)圖件資料澄清事項及交貨進度，並參觀工廠。 2.至義大利FLOWSERVE PUMP公司(位於DESIO)參觀工廠。
- 4) 97年11月04日參觀SIAD空氣分離工廠(AIR SEPARATION UNIT)。
- 5) 97年11月05日由羅馬返程回高雄。

### 二、參訪公司簡介：

MAN TURBO公司屬MAN GROUP流體機械事業部，其產品為大型壓縮機(COMPRESSOR)、膨脹機(EXPANDER)、蒸汽透平機(STEAM TURBINE)等，例如

1.) 軸流式壓縮機: AXIAL COMPRESSOR MAIN AIR BLOWER 主要用於石化煉油製程 FCC 工場、煉鋼廠高爐用。

軸流式壓縮機型式為 AG MODEL, 其最大進口流量可達 1,310,000m<sup>3</sup>/h, 出口壓力達 10bara。此軸流式壓縮機設計特點為機殼材質是鑄鐵(cast iron), 構造上為內外機殼, 半環式靜葉片(stator blade half ring), 整支鍛造轉軸(solid forged shaft), 反動型式動葉片(reaction type blading), 轉動型擴散器(rotating diffuser), 軸向或徑向進口(axial or radial inlet), 徑向出口(radial outlet), 進出口方向可同時向上或向下(up/down)。另外為防止由於濕度和灰塵(humidity and dust)所造成沖蝕和腐蝕(erosion & corrosion), 前三段動葉片塗料防蝕(coating 1st, 2nd, 3rd rotor stage), 並加裝進口過濾系統裝置(Inlet filter system)。

2.) 離心式壓縮機: API-617 CENTRIFUGAL COMPRESSOR 用於石化煉油製程如輕油裂解工場(乙烯、丙烯等)、FCC 工場 WET GAS COMPRESSOR、輕油加氫脫硫工場(HDSU)。

離心式壓縮機其型式為 RZ MODEL 設計特點為機殼材質是碳鋼(carbon steel)可用 fabricated or cast, 二維或三維封閉式葉輪(2D/3D closed impeller), 若使用於 FCC 工場 WET GAS COMPRESSOR 其葉輪為背對背設計(back to back), 可使用乾式氣體軸封(dry gas seal)。在 WET GAS 應用實績壓力達 30 bara, 流量達 90,000m<sup>3</sup>/h。

3.) 膨脹機: FLUE GAS EXPANDER。

4.) 蒸汽透平機: API-612 SPECIAL-PURPOSE STEAM TURBINE。有背壓式(BACK PRESSURE TYPE)、冷凝式(CONDENSING TYPE)。

蒸汽透平機型式為 DK MODEL 其設計應用範圍為蒸汽溫度 570°C, 壓力 130 bar, 透平機轉速 13,600rpm, 馬力 130 MW。

5) 工廠設備: 大型數值工具機、動平衡試驗機(低轉速平衡試驗機 120-900rpm, 直徑達 1450mm, 高轉速平衡試驗機 500-15,000rpm)、高

壓鍋爐之蒸汽可測試整個 train 機組。

SIAD Macchine Impianti 公司 屬 SIAD GROUP 機械事業部，其產品為往復式壓縮機，型式有立式(VERICAL TYPE)和臥式(HORIZONTAL TYPE)及隔膜式(DIAPHRAGM TYPE)。

- 1) 立式 FRAME SIZE 有 T,W,M 型。亦可依依據 API-618 STD 標準設計製造。
- 2) 臥式為平衡對稱式(BALANCED -OPPOSED)依據 API-618 STD 標準製造，其 FRAME SIZE 有 HPX,HD 兩型，氣缸有二缸(2- crosshead)及四缸(4-crosshead)。HPX MODEL 最大馬力達 1000KW，活塞桿最大負荷 115,000N，氣缸有二或四缸，級數從 1 段至 6 段。HD MODEL 最大馬力達 1500KW，活塞桿最大負荷 115,000N，氣缸有二或四缸，級數從 1 段至 6 段。氣缸分別有無油式和有油潤滑式。

SIAD 所生產之平衡對稱臥式往復式壓縮機(Reciprocating horizontal balanced-opposed compressor)為整體型壓縮機組(packaged type compressor)，即含附屬設備如進出口緩衝罐(pulsation damper)、氣液分離罐(K.O.drum)、冷卻器(cooler)及控制箱(PLC)等都組裝在一機座(bsae)上。

- 3) 工廠設備：三間主廠房一為材料倉庫零件含修理部份，一為組裝工廠，一為測試工廠含交貨部份。
- 4) 員工人數約 200 人。

SIAD 另有氣體分離工廠(AIR SEPARATION UNIT)

其容量 氧氣(Oxygen) 從 25 Nm<sup>3</sup>/h to 30,000 Nm<sup>3</sup>/h

氮氣(Nitrogen) 從 250- 25,000 Nm<sup>3</sup>/h

Argon 25-30,000 N m<sup>3</sup>/h

FLOWSERVE ITALY PUMP 產品以 API-610 STD 泵浦和大型立式抽水泵浦為主。

- 1) 工廠設備：一間鑄造工廠，一間為組裝(含機械加工部份)測試工廠。
- 2) 員工人數約 370 人。

A. 翻砂鑄造 (Foundry)能力：

1. Steel & Alloy steel Castings
2. Sand and Ceramic Core Processes
3. 5,000 core castings/Year
4. 220 Tons/Year

B. 測試能力(Test Capabilities)：

1. 馬力 Max. 8MW
2. 流量 Max. 18,000m<sup>3</sup>/h capacity
3. 壓力 Max. 300 bar pressure
4. 轉速 3,000 and 3,600 rpm standard speed

C. 品質系統(Quality System)

1. Certified ISO 9001:2000
2. EN ISO 9001:2000
3. UNI EN ISO 9001:2000

D. API 泵浦型式

HPX-HPXM 單級泵浦 single-stage process

HWX 管線型單級泵浦 in-line single-stage

HED 二級徑向分割型泵浦 two-stage radially spilt Top-Top

HDX 單級雙吸型泵浦 double suction single-stage

UZOL 二級軸向分割型泵浦 two-stage axially spilt Side-Side

DMX 多級軸向分割型泵浦 Multistage opposed impeller axially spilt

WNC 多級徑向分割型泵浦(又稱桶式泵浦)Multistage radially spilt barrel

E. 豎軸深井泵浦型式為 QL 及 VT 系列

壓縮機和泵浦均是對流體作功以輸送流體，只是流體不同。氣體可加以壓縮，而液體不能壓縮，且氣體速度較液體速度高。

流體機械可分類為兩大類：

一為動力式(DYNAMIC TYPE) 係利用轉動葉輪之動力作用，對流體產生速度和壓力，常見有離心式(CENTRIFUGAL)和軸流式(AXIAL)。

另一種為(POSITIVE-DISPLACEMENT TYPE) 係將流體局限在一閉合空間，把閉合空間容積流體輸出並提高壓力，常見有往復式(RECIPROCATING)和旋轉式(ROTARY)。

在石油煉製與化學工業裡，壓縮機被視為一個工場的心臟乃無庸置疑之事實，欲使壓縮機充份有效發揮其功能，工廠順利安全運轉，必須審慎選購適合的壓縮機，故壓縮機本身之設計與製造必須符合一定標準，而美國石油學會(AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE)簡稱 **API**，其所制訂的標準為一般石化工業通用的設計採購標準。

各類型式壓縮機比較如下所示：

	Positive displacement	Axial type	Centrifugal
Operation range	Limited capacity	Narrow	Wide Operation Unstable at low flow(surge)
Efficiency	Low	High(75~90%)	Moderate
Pressure ratio Per stage	High	Low	Moderate
Affect by gas proerties	No	Yes	Yes

決定壓縮機規格、構造與選用材質前，必須先瞭解下列事項：

(1)處理氣體：知悉氣體成份組成之重量%或容積%，當氣體組成發生變化時所促



成之容積與動力變化，因往復式壓縮機屬正排量型本質上並非因氣體分子量發生變化所致，而係因  $C_p/C_v$  值發生變化所促成。

- (2) 流量：對壓縮機而言，氣體是連續操作，即不斷的吸入氣體及排出氣體。因此對壓縮機而言，著重的是單位時間內所輸送的氣體體積，其單位表示有公制  $Nm^3/h$  (英制為  $Ncfm$ )， $Sm^3/h$  (英制為  $Scfm$ )，質量流率  $kg/hr$ 。

兩種標準流量(Standard volume flow)表示如下：

#### **ISO STANDARD(NORMAL)CONDITIONS**

Flow: normal cubic meters per hour ( $Nm^3/h$ )

Pressure: 1.013bar absolute

Temperature:  $0^\circ C$

#### **U.S.CUSTOMARY STANDARD(NORMAL)CONDITIONS**

Flow: standard cubic ft per min.(scfm)

Million standard cubic ft per day (MMCFD)

Pressure: 14.7 PSIA

Temperature:  $60^\circ C$

但都要換算至實際操作狀態下之溫度、壓力稱之 ICFM 或 ACFM。

- (3) 進出口壓力：往復式壓縮機之進出口都裝有脈動減震器(PULSATION SUPPRESSION DEVICES)以減低脈動，故入口之吸氣壓力應表示在脈動減震器前，出口壓力應表示在出口脈動減震器後。非壓縮機氣缸進出口處。
- (4) 進出口溫度：吸氣溫度係用最高溫度表示，低溫氣體則用低溫表示，但需最高溫度，出口溫度限制須依 API 標準規定。
- (5) 流量調節方式：除容量調整階段或連續調整範圍外，尚需指示操作方法。
- (6) 驅動方式：電動馬達、蒸汽透平機、柴油引擎。
- (7) 公用系統：冷卻水、電源、蒸汽、吹驅氣體(purge air)。
- (8) 平面布置：設備長、寬、高及建築物型式(有屋頂、平台)。
- (9) 規格標準應用：API、ASME、ANSI 等標準。

## 離心式壓縮機(Centrifugal Compressor)

一、定義：利用其殼內之葉輪旋轉產生之離心力將流體予以加壓(速度能轉換為壓力能)並輸出之一種設備。

二、依其用途可區分為：

(1)公用系統壓縮機(utility compressor)：用於供應全廠使用之公用系統之氣體，如動力空氣(plant air)、儀器空氣(instrument air)。

(2)製程系統壓縮機(process compressor)：係用於輸送製程工場本身氣體，如氫氣、丁二烯、乙烯、丙烯、氨氣等。

三、離心式壓縮機重要組件：

3.1 依其機殼構造可區分型式：

(1)水平分割(horizontal spilt) 型式：與軸方向平行，上下打開外殼。

(2)徑向分割(radially spilt) 型式：與軸方向垂直，徑向打開。

3.2 轉子(rotor)為轉動元件包括轉軸(shaft)與其上之葉輪(impeller)、襯套套(sleeve)等組成。

3.3 擴散器(diffuser)為靜止之通路使葉片產生氣體之速度能轉換成壓力能。

3.4 隔膜(diaphragm)為導正氣體流入下一級葉輪之方向包含導葉片(vane)其上多裝有鋁質曲折軸封作為級間密封。

3.5 平衡活塞(balance piston)係因進出口壓力不同，產生推力因此在出口側裝一平衡鼓(balance drum)抵消推力，殘餘之推力由止推軸承受。

3.6 軸封(shaft seal)為防止氣體沿軸流出機殼外密封止漏用。其應用上有使用曲折軸封(labyrinth seal)、碳精環(carbon ring seal)、接觸式軸封(contact seal)、油膜式軸封(oil film seal)、乾式氣體軸封(dry gas seal)。

四、基本設計上要求：

API-617 標準規定製程氣體中氫氣分壓若超過 200PSIG 時，外殼須使用垂直分割型式。在其材質選用上如下

4.1 葉輪：一般採用鉻鉬鋼、鎳鉻鉬鋼，須耐腐蝕性則採用 13% Cr。結構上採

用焊接、铆接、鑄造。

#### 4.2 外殼：鑄鋼與鍛鋼製品適用於下列條件

- (1)最大容許工作壓力 $\geq 400$ PSIG 之空氣或非可燃性氣體。
- (2)在工作範圍內任一點最大連續速度所求得之出口排氣溫度 $\geq 260^{\circ}\text{C}$ 之空氣或非可燃性氣體。
- (3)有毒性或可燃性氣體。

#### 4.3 垂直分割使用鍛鋼製品適用於下列條件

- (1)氣體分子量 $\leq 15$
- (2)設計壓力 $\geq 400$ PSIG

其進出口法蘭設計值務必承受 1.85 倍 NEMA S23 計算值以上之力(force)與力矩(moment)。NEMA 係針對蒸氣透平機所定之規格，此規定將壓縮機藉管路將進出口法蘭外力與力矩限制於規定數值範圍內。

離心式壓縮機的基本系統包括

- (1) 壓縮機本體
- (2) 冷卻器：中間冷卻器，後部冷卻器，旁路冷卻器
- (3) 安全閥、止回閥、緊急關斷閥
- (4) 容量控制系統：
  - 4-1 速度控制(speed control)：利用透平機改變速度
  - 4-2 進氣閥節流(suction throttling valve)
  - 4-3 排氣閥節流(discharge throttling valve)
- (5) 防止激變控制系統(Anti-surge control system)
- (6) 振動量測系統(vibration)：溫度、壓力、位移
- (7) 潤滑油及控制油壓系統：軸承潤滑、控制油壓
- (8) 軸封密封系統

離心式壓縮機性能測試依照 ASME PTC-10 (POWER TEST CODE)

CASE I 測試時所用氣體與實際製程氣體相同，操作條件一樣。係針對 AIR COMPRESSOR。

CASE II 使用別種氣體替代或使用實際製程氣體，但操作條件不同，依照規定容許偏差率之容許範圍內表示合格。

CASE III 氣體性質超出規定之容許偏差限度範圍。測試方法與 CASE II 相同。

### 往復式壓縮機(Reciprocating Compressor)

一、定義：往復式壓縮機屬於正排量型式壓縮機，在固定體積內壓縮氣體期使壓力增加。理論上每一循環作功都是輸送相同的氣量。

二、往復式壓縮機主要構造：

2-1 壓縮機本體：包括曲軸(crankshaft)、連桿(connecting rod)、十字頭(crosshead)、氣缸(cylinder)、主軸承(main bearing)、連桿軸承(connecting rod bearing)、活塞(piston)、活塞桿(piston rod)、間隔件(distance piece)等。

2-1 另件：連桿襯套(connecting rod bushing)、活塞環(piston ring)、支持環(rider ring)、活塞桿封環(piston rod packing ring)、活塞桿刮油環(piston rod oil scraper packing)、進氣閥和排氣閥等。

2-3 潤滑油系統：主油泵附於主軸上，輔助油泵和冷卻器、過濾器組成一基座。

三、流量控制方法

(1) 進氣節流(inlet throttling valve)

(2) 改變壓縮機氣缸餘隙容積(volume pocket)

(3) 使用進氣閥卸載裝置(unloading valve)

(4) 改變速度

---引擎驅動:改變引擎轉速

---皮帶驅動:改變皮帶輪大小比率

---齒輪箱(gear box):改變齒輪數比

四、基本設計要求

依照 API-618 標準設計

#### 4-1 最大容許出口溫度(allowable discharge temperature)

- (1) 一般惰性氣體 or 空氣 ; 出口溫度  $\leq 150^{\circ}\text{C}$
- (2) 氫氣或分子量  $\leq 12$  ; 出口溫度  $\leq 135^{\circ}\text{C}$

製造廠家須提供氣體出口溫度之預測值和絕熱壓縮值。

#### 4-2 就壓縮機氣缸結構，排氣口應設於氣缸下端，以使聚積氣缸內之液體容易排出。

#### 4-3 吸氣減震器應裝設於氣缸上端。

#### 4-4 腐蝕性氣體：對含有硫化氫之氣體，因 $\text{H}_2\text{S}$ 與水共存時會造成腐蝕使合金鋼產生拉應力而在常溫腐蝕破裂。故溫度愈低或材料之硬度與降伏點愈高易引起腐蝕破裂。故材料須依照 NACE MR0175 規定。

#### 4-5 氣缸材料與最大容許壓力規定

鑄鐵 70 BARG

鑄鋼 180 BARG

鍛鋼 無限制

焊接鋼板 85 BARG

#### 4-6 速度限制 轉速 $\leq 400$ RPM 使用低轉速馬達

有油式活塞桿速度  $\leq 4.1$  m/sec

無油式活塞桿速度  $\leq 3.8$  m/sec

#### 4-7 盤車裝置

手動盤車裝置  $< 1000\text{HP}$

氣動盤車裝置  $\geq 1000\text{HP}$

#### 4-8 脈動分析

依據 API-618 其方法有分爲類比模擬(ANALOG SIMULATION)及數值模擬(DIGITAL SIMULATION)兩種。

蒸汽透平機(Steam Turbine)又簡稱汽輪機

利用蒸汽膨脹作功，將熱能轉換爲機械能的旋轉原動機。這種機械作功的基本

單元由噴嘴葉片和動葉片構成，稱為汽輪機的級。

汽輪機的種類分類很多，分類方式也各異，主要有按工作原理分類，按蒸汽參數(壓力)分類，按排汽方式分類等。

①按工作原理分類：汽輪機可分為衝動式(IMPULSE)和反動式(REACTION)兩大類。在衝動式汽輪機中，蒸汽主要在噴嘴葉柵中膨脹降壓，增加流速，蒸汽熱能被轉換為動能。進入動葉柵改變流動方向，推動葉柵作周向運動，蒸汽的動能進一步轉化為機械能。在反動式汽輪機中，蒸汽不但在靜葉柵中膨脹，而且在動葉柵中同樣膨脹加速，蒸汽不但給動葉片以推動力，而且在流出動葉片時給動葉片以反作用力。蒸汽在動葉片中焓降佔一級總焓降的百分比稱為級的反動度(Degree of reaction)。反動式汽輪機反動度經驗值常取 50%，以使動葉和靜葉可取相同葉型，從而簡化製造工藝。為防止葉片根部出現倒吸現象，減少流動損失，衝動級動葉片中也設計為具有一定焓降，其反動度視葉片長度而定。衝動級具有較大的熱-功轉換能力，並且變工況性能好，所以兩類汽輪機都採用衝動級作為第一級（調節級）。

②按蒸汽參數分類：一般分為低壓（1.3 Mpa）、中壓（3Mpa）、高壓（~9Mpa）、超高壓（~13.5 Mpa）、亞臨界（~16.5Mpa）或超臨界（~24 Mpa）汽輪機。由於高溫金屬材料性能的限制，目前汽輪機中使用的最高蒸汽溫度在 565 °C~570°C 左右。

③按排汽方式分類：汽輪機可分為冷凝式和背壓式兩類。冷凝式汽輪機的排汽在低於大氣壓的狀態下進入凝汽器凝結成水。它具有較高的熱能—電能轉換率，廣泛應用於大功率發電機組。在凝汽式汽輪機中，若在某一級後將部分蒸汽於該點壓力下引出，並用作工業過程用汽或生活用汽，這類汽輪機稱為抽汽式汽輪機。抽汽式汽輪機可以在不同壓力點多次抽汽。這類機型廣泛用於熱電聯產。背壓式汽輪機的排汽壓力高於大氣壓力，排汽可作為工業用汽源，一般功率較小。

結構汽輪機本體由汽缸和轉子兩大部件構成。大功率、高參數汽輪機通常由高壓、中壓（或高中壓）及低壓缸組成，超大功率汽輪機可以有兩個或兩個以上的中壓缸和低壓缸。每個缸體採取反向對稱結構。高、中壓缸體由鉻鉬鋼鑄造

後加工而成，低壓缸多用鋼板焊制。大容量汽輪機高壓缸多采用雙層結構，在內、外缸間的夾層中通以適當參數的蒸汽，以減少汽缸厚度，降低起動熱應力。

轉子由主軸、葉輪和動葉組成。高、中壓部分主軸和葉輪由鉻鉬釩高強度鋼鍛件車削而成；動葉由高鉻不銹合金鋼銑製成型並鑲嵌組合在輪緣上。低壓部分葉輪與軸採用紅套組合成整體；動葉加工成型後鉚接在輪緣上。靜葉柵（噴嘴）裝在隔板上。隔板製成兩個半圓形，分別組裝在上、下汽缸內，上、下缸的法蘭對口後用螺栓緊固。

為防止和減少高、中壓汽缸內的高壓蒸汽從汽缸與轉軸的間隙向缸外漏洩，在間隙內有多組交替安裝在汽缸或轉軸上的密封圈，稱為迷宮式汽封。

汽輪機除主軸承外，設有止推軸承，以承受轉子軸向推力，並確定轉子的軸向位置。為了防止運行中發生共振，葉片的自振頻率、轉子的臨界轉速，以及基礎的振動頻率均應避開汽輪機的工作轉速。

調速保安系統汽輪機的重要組成部分。其功能是：隨負荷的變化，調節進入汽輪機的蒸汽流量，維持汽輪機轉速在額定範圍之內，滿足負荷需要。為了防止外界負荷發生大幅度變化時，汽輪機發生超速事故，一般汽輪機裝設超速保護系統，當汽輪機轉速超過一定限度時，保安器動作，將主汽門迅速關閉，切斷汽輪機汽源，以確保安全。

起動加熱時汽缸的膨脹滯後於轉子，起動速度過快會引起汽缸與轉子的膨脹差過大，使軸向間隙消失，導致動、靜部件發生摩擦。摩擦部位局部過熱會產生殘餘應力，進而導致轉子永久性彎曲變形。因起動與停機時的熱應力正負符號相反而形成交變應力。在交變應力作用下將產生疲勞損傷及至裂紋，特別是在轉子鍛件存在固有缺陷的地方。如不能及時發現並採取預防措施，裂紋擴展會造成嚴重的轉子斷裂事故。因此，應定期對大型汽輪機的轉子進行非破壞性檢查。

汽輪機的運行方式可按負荷分為低負荷運行、過負荷運行及變負荷運行。負荷變化率也是影響汽輪機正常運行的因素之一。由於負荷急驟變化和自動調整裝置的遲延，汽溫及汽流量的過大波動會導致汽缸熱應力過大，出現裂紋、轉子脹

差增大以致發生強裂振動。汽輪機運行中最常見的故障是不正常的振動。運行良好的汽輪機，軸承部位的振幅不應超過 0.03~0.05mm。引起振動異常的常見原因有轉子不平衡，軸彎熱變形，動、靜部件摩擦等。轉子上萌發的疲勞裂紋也會引起振動。

從鍋爐來的蒸汽經過裝在汽輪機前端的蒸汽室內的主汽閥和調節閥，由管子引到高压汽缸。主汽閥是在緊急停機時能自動關閉而切斷蒸汽的閥，調節閥是按照負荷變化而調節蒸汽流量的閥。小型汽輪機的蒸汽室與汽缸鑄成一體，調節閥裝在汽缸的蒸汽室上。汽缸外部用金屬罩殼罩住，罩殼內有一層絕熱隔音材料，以減少散熱損失，降低噪聲。

汽缸一般分為上下兩半，在中分面法蘭處用螺栓連接。大容量高參數汽輪機的高、中壓汽缸，需要具有足夠的高溫強度，並能適應負荷變化和快速啓動的要求，通常製成雙層缸，在內外缸之間充滿具有一定壓力和溫度的蒸汽，以減少缸壁內外的壓差，改善結合面的嚴密性，降低優質材料的使用量。衝動式汽輪機汽缸內裝有隔板，隔板上有靜葉。反動式汽輪機的靜葉裝在持環上，持環則裝在汽缸上。蒸汽進入高壓缸後，先流過裝在汽缸上的噴嘴，再流過第一級葉輪上的動葉，然後再流過以後各級的靜葉和動葉，直至流出高壓缸。

低壓缸尺寸大，內部為高度真空，外部受到大氣壓力作用，因此在結構上必須防止汽缸變形，以免影響各個轉動部分的中心互相對準，引起機組振動。衝動式汽輪機各級隔板內都裝有迷宮密封，防止蒸汽漏洩。汽缸兩端主軸引出處也裝有軸端密封，防止蒸汽從軸與汽缸之間間隙中漏出。低壓缸兩端的汽封則用於防止空氣漏入，以免破壞汽缸內的真空。各級動葉分別裝在各個輪盤上，輪盤則用過盈配合套裝在軸上。為了避免輪盤在軸上鬆動，有時採用整鍛轉子或焊接轉子，輪盤直接在轉子上車削制出。反動式汽輪機採用鼓筒式轉子，動葉直接裝在鼓筒式轉子上。動葉應能承受離心應力、蒸汽彎曲應力和振動應力，其自振頻率須能避免共振，或者能保證長期在共振條件下工作而不致損壞。

轉子應有一定剛度，其工作轉速應避開臨界轉速。轉子裝配後須經過精確的動平衡，以防止運行時發生振動。轉子兩端由徑向軸承支承，為了承受軸向推力還



裝有止推軸承。止推軸承用以固定汽缸與轉子之間的相對軸向位置。軸承的潤滑油由主油泵供給，同時備有輔助油泵和事故油泵。轉子一端有聯軸器，供聯接發電機或其他設備(壓縮機)之用。

當汽輪機起動加熱時轉子和汽缸都受熱膨脹，汽缸的支承系統和推力軸承在軸上的位置使汽缸和轉子能自由膨脹，轉子與汽缸之間能保持正確的對中，汽封間隙保持均勻，不致發生擦傷和引起劇烈振動。軸上裝有盤車裝置，在起動和停機時將轉子緩慢轉動，使之均勻加熱或冷卻，以免轉子發生彎曲(為消除因轉子上下溫度不均引起的轉子熱變形)，引起汽輪機的嚴重振動。

汽輪機控制系統包括整套自動裝置，用以調節汽輪機的轉速和功率以適應負荷變化的要求，監視並測量轉速、振動等以保證汽輪機的安全運行，以及執行自動起動、停機操作。現代汽輪機大多採用電子液壓控制系統。

汽輪機附屬設備除凝汽器、給水加熱器和除氧器外，還有凝結水泵、給水泵、抽氣器、冷油器等，用以保證汽輪機裝置的經濟性和安全可靠。

展望大型汽輪機組的研製是汽輪機發展的一個重要方向。研製更長的末級葉片是進一步發展大型汽輪機的一個關鍵。研究提高熱效率是汽輪機發展的另一方向。採用更高蒸汽參數和二次再熱，研製調峰機組，推廣供熱汽輪機的應用則是這方面發展的重要趨勢。

在汽輪機設計、製造和運行過程中採用新的理論和技術，以改善汽輪機的性能。例如：氣體動力學方面的三維流動理論，濕蒸汽雙相流動理論；強度方面的有限元素法和破壞力學分析；振動方面的快速傅立葉轉換、模態分析和激光技術；設計、製造工藝、試驗測量和運行監測等方面的電子計算機技術。

#### 離心泵浦(Centrifugal Pump)

利用離心力由速度能轉變成壓力能之轉動機械。在石油煉製及化學工業上之離心泵浦多數使用於製程上，其操作條件多半是高溫、高壓、有腐蝕性、可燃性之流體。故使用之標準就要嚴苛，一般遵循為美國石油學會 API-610 標準設計製造。現 API-610 已經至第 10 版，其設計要求有下注意事項

1. 選擇額定流量是在最佳效率點(BEP)的 80-110%流量，如此才會有低馬力數，低振動。
2. 正吸入揚程 NPSH:  $NPSHA > NPSHR$  至少 0.6M 之餘裕。
3. 流量-揚程性能曲線 為 連續上升曲線至關斷點(SHUT-OFF)。
4. 泵浦進出口管嘴(NOZZLE)額定磅數壓力至少需為 ANSI 300LB ，最大容許工作壓力須為 40 BAR 以上。
5. 泵浦使用 API-682 軸封系統。
6. 泵浦選用型式已有編號，如單級端吸上出懸背式泵浦(single end-suction overhung)為 OH2 。
7. 材質選用表新增加雙相不鏽鋼類別，從 I-1 至 D-2(原為 S-1 至 A-8)。
8. 檢查與測試
  - 8-1 材質出廠證明表(Mill sheet)
  - 8-2 材質檢驗 PMI(Positive material inspection)
  - 8-3 硬度試驗 for low temperature or corrosion service
  - 8-4 水壓試驗(Hydrostatic test) 至少為最大容許工作壓力(MAWP)之 1.5 倍持續 30 分鐘。
  - 8-5 平衡試驗(Blancing test)標準等級 ISO1940-1 G2.5
  - 8-6 間隙檢查(Clearance check)
  - 8-7 性能測試(Performance Test) 至少 5 點: shutoff, min. flow, between rated flow and min. flow, rated flow, 120% BEP flow。
  - 8-8 性能測試時並量測振動，噪音，軸承溫度作成記錄。

## 參、心得與建議

### (一)心得

此次藉由興建汽油加氫脫硫工場工程之機會，至轉動設備廠家 MAN TURBO、SIAD、FLOWSERVE 公司研討並參觀；MAN TURBO 之軸流式壓縮機組是赫赫有名的，本公司多用於 FCC 工場，中鋼公司用於高爐工場，還有下游化纖廠製程上用。軸流式壓縮機之用途為需大流量空氣使用，其驅動機大多使用汽輪機再與馬達發電機串聯成三機一組(TRAIN)，其控制系統較複雜些。MAN TURBO 在三機一組(TRAIN)之實績經驗豐富，而三機一組(TRAIN)應用屬於節能上考量。另外其離心式壓縮機用於 FCC 工場、輕裂工場、輕油加氫脫硫工場等。MAN TURBO 之測試工廠可全機組測試，尤其大型設備如三機一組(TRAIN)在一機座平台上，使用高壓鍋爐蒸汽作運轉試驗。MAN TURBO 公司工廠綠化美觀，一棟研究參訪大樓，二棟大廠房(製造、測試)。

SIAD 公司為生產往復式壓縮機之義大利廠商，在本公司多用於 LOADING/UNLOADING 之 LPG 或 氫氣壓縮機，馬力數為 300HP 左右，此次購買之氫氣循環壓縮機馬力數約為 1000HP 左右，整體組成在一共同基座上(PACKAGED TYPE)，SIAD 其產品立式 T,W,M 型，應用於製程氣體之實績很多，且可依 API-618 標準製造，工廠整齊乾淨。對無油式氣缸襯套(LINER)壽命經驗 2 年須更換，對維修人員來說換 liner 過程較繁複。另外材質上對含有硫化氫含量達 20%wt 或 CO、CO<sub>2</sub> 含量達 10%wt 時，襯套(LINER)材質需 coating Ni 以防止酸氣水份腐蝕。

FLOWSERVE 公司之泵浦在中油公司使用所佔比例可達 60%以上，尤其以 API 製程泵浦為最多，FLOWSERVE 集團包括 PUMP 和 SEAL 兩大部分，此次義大利 FLOWSERVE 工泵浦廠產品大多為 API PUMP，依照 API 標準製造、組裝、測試。一般泵浦發生問題大部份都是振動或軸承潤滑油失油或軸封洩漏，加成引發泵浦失火，故對泵浦振動、軸承箱、軸封系統須深入探討研究，是否泵浦都按照 API 標準設計製造、組裝、測試。

藉由此次工廠參觀進一步深入瞭解各公司製造、組裝、測試流程，也見到國外廠家對品管的嚴格要求，在與設計人員研討，除可增加我們對 API 標準規範的瞭

解和其使用目的，亦更擴大了我們的視野。另一方面當今環保意識高漲，政府環保法規亦趨嚴格，科技進步帶動新污染防治技術及監測和分析儀器日新月異。工程設計人員也應積極吸取廠家之新技術，應用於工廠為環保進一分心力。

## (二)建議

興建工程處負責本公司重大工程之興建，有幸協助參與主要轉動設備技術規範審查，藉興工處出國計畫考察，見識先進國家之工業技術與發展，並與製造廠家設計技術人員溝通討論及意見交流，對工程人員之專業知識之提昇，有莫大之助益。專業工程人員養成不是一蹴可及，亦希望公司有多方面出國計畫來提升專業工程人員技術能力。

## 肆、附錄

附件 1、 MAN TURBO 資料(19 頁)

附件 2、 SIAD MACCHINE IMPIANTI 資料(13 頁)





# Equipment für FCC



MAN TURBO AG

- 2. Main Air Blower
- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine



## MAIN AIR BLOWERS

- Axial Flow
- Centrifugal



## WET GAS COMPRESSORS

- Centrifugal



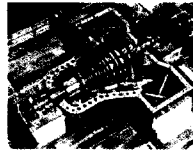
## FLUE GAS EXPANDERS

- Single or Double stage
- Multistage



## HEAT PUMP COMPRESSORS

- Centrifugal



## STEAM TURBINES

- Back Pressure
- Condensing



# Turbomaschinerie für FCC Unit References



MAN TURBO AG

- 2. Main Air Blower
- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine



## FCCU References

- 75 MAB (axial type)
- 56 Wet Gas Compressor
- 10 Expander
- 8 Recycle Gas
- 9 Other Service
- 20 Steam Turbine Drivers

## 178 Turbomachines in FCC-Units

(status 2005)



# Turbomaschinery for FCC Unit References



MAN TURBO AG

- 2. Main Air Blower
- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine

✓ **For all major FCC processes**

- UOP
- Kellogg
- Shell
- IFP / Axens
- Stone & Webster
- Exxon
- Sinopec / PRC
- ABB Lummus Crest

✓ **Approved by all major oil companies world-wide**

- Exxon / Esso
  - BP
  - Shell
  - Sinopec
  - Pemex
  - Mobil
  - ELF
  - Texaco
  - YPF
- and many others

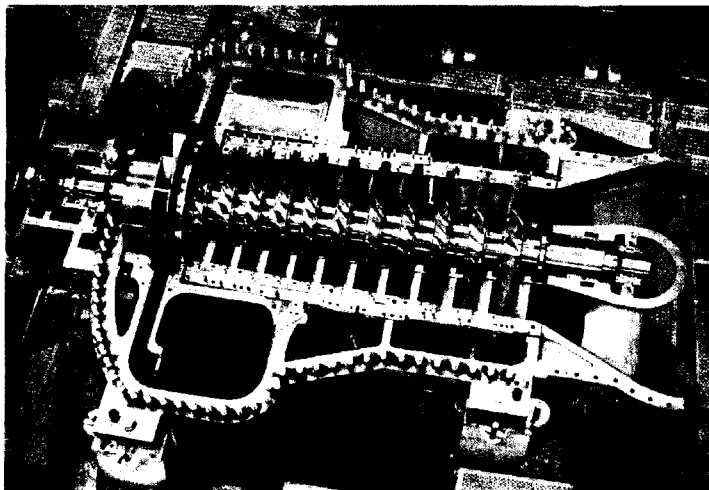


# MAB & ST for JGC, Japan Sohar Refinery, Oman, 2003



MAN TURBO AG

- 2. Main Air Blower
- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine



**SOHARAX Air Blower**

Compressor AG110/11R

flow 593 700 m<sup>3</sup>/h  
 p1 0.99 bara  
 p2 4.21 bar  
 speed 3 740 rpm  
 comp. rated 32 600 kW

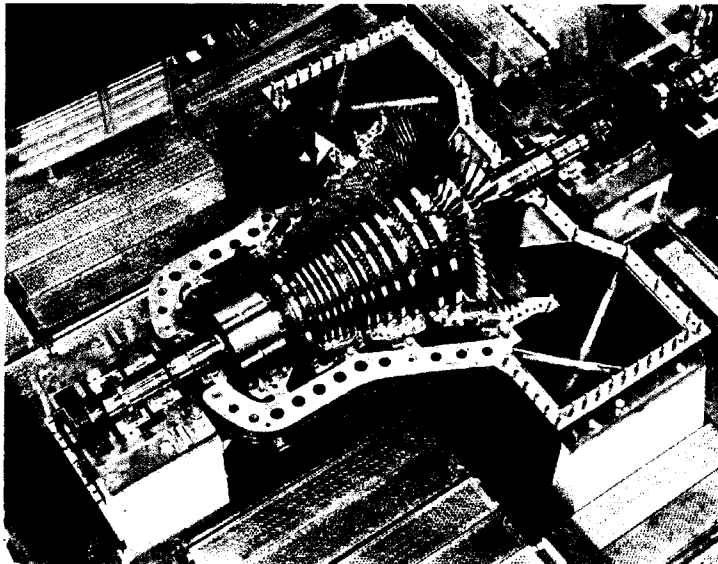


# MAB & ST for JGC, Japan Sohar Refinery, Oman, 2003



MAN TURBO AG

- 2. Main Air Blower
- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine



## SOHARAX Steam Turbine

ST	DK100/210
live-steam	155 t/h
p1	43.3 bara
p2	0.15 bara
T1	385 °C
speed	3 740 rpm
turbine rated	35 860 kW

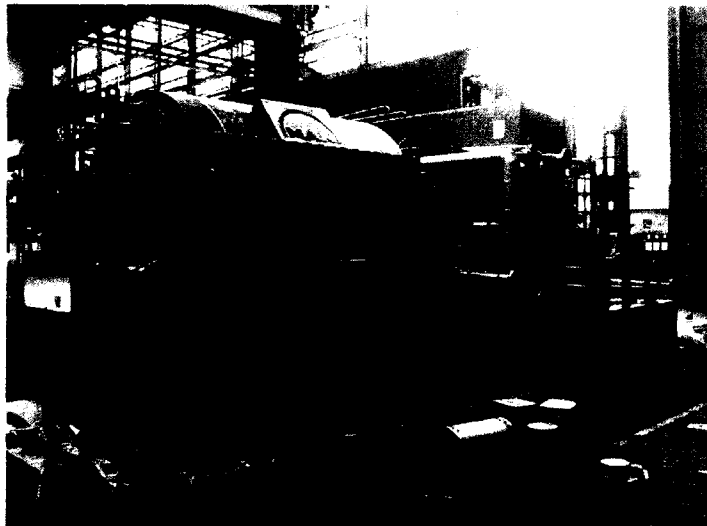


# Wet Gas Compressor for Petrotrin St. Pierre, Trinidad & Tobago, 2005



MAN TURBO AG

- 2. Main Air Blower
- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine



## Pierrewet WGC

Compressor RZ71-7

flow	36 314 m <sup>3</sup> /h
p1	1.37 bara
p2	16.70 bara
speed	6017 rpm
comp. rated	4726 kW

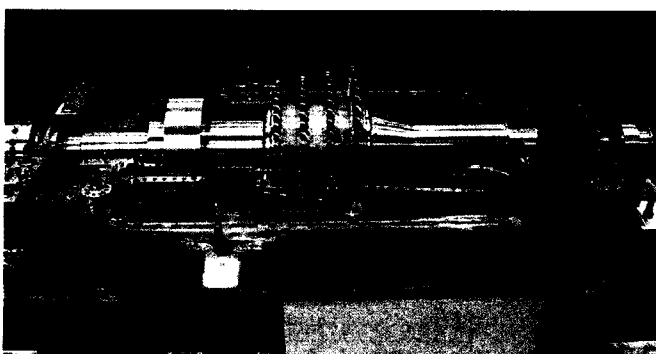
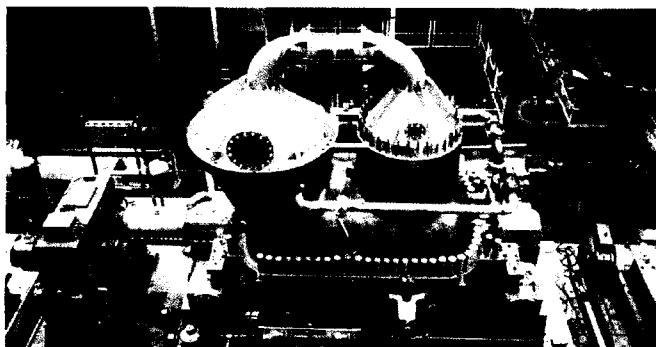


# Fluegas Turboexpander Petrobras, Betim, Brasil, 2001



MAN TURBO AG

- 2. Main Air Blower
- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine



## BETREC Turboexpander

Type	EH071/150
flow	137170 kg/h
p1	3.15 bara
p2	0.97 bara
T1	750°C
speed	5 084 rpm
turbine rated	9 540 kW

Emmerich FCC

27.09.2007

9

# Turbomaschinery for FCC Unit



MAN TURBO AG

## Main Air Blower

Emmerich FCC

27.09.2007

10

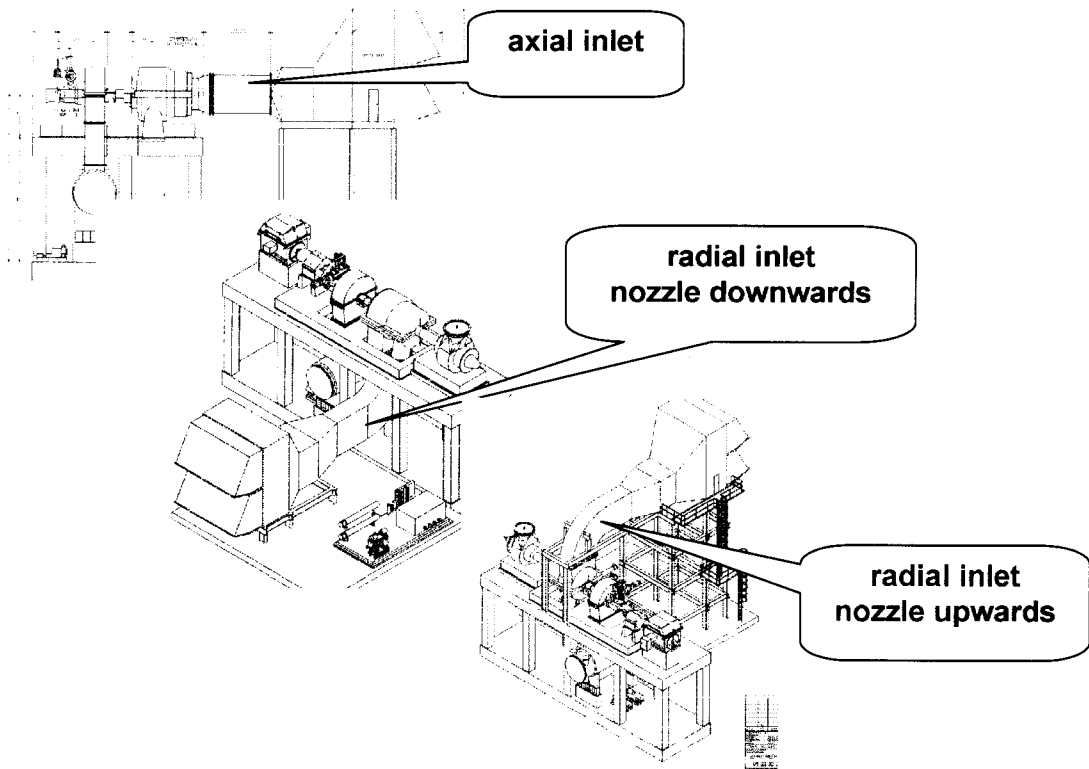
# Tailor made machines

## Axial Main Air Blower



MAN TURBO AG

- 1. General
- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine



Emmerich FCC

27.09.2007

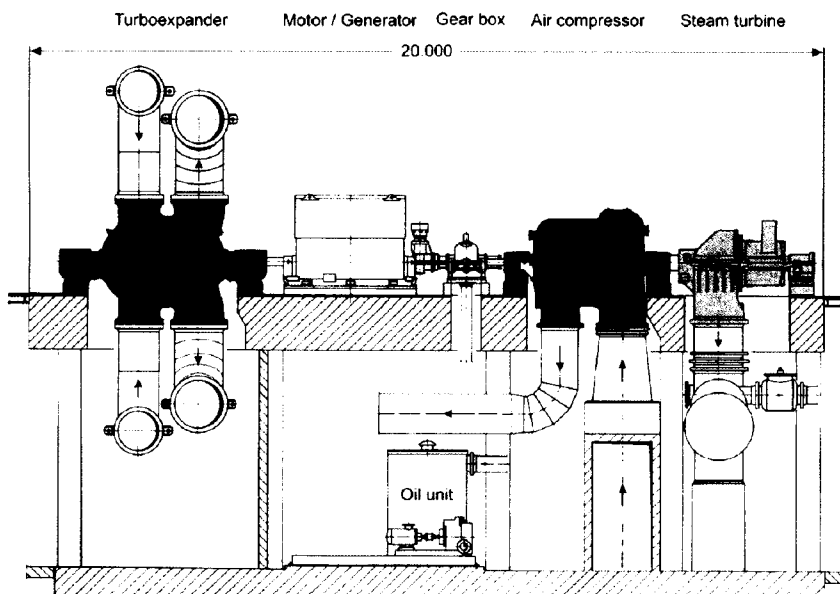
11

# Power Recovery Train for a FCC Unit



MAN TURBO AG

- 1. General
- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine



### Power Recovery

- single train
- 2 separate trains
- MAB & ST
- PRT

Emmerich FCC

27.09.2007

12



# Axial Blower Scope of Supply



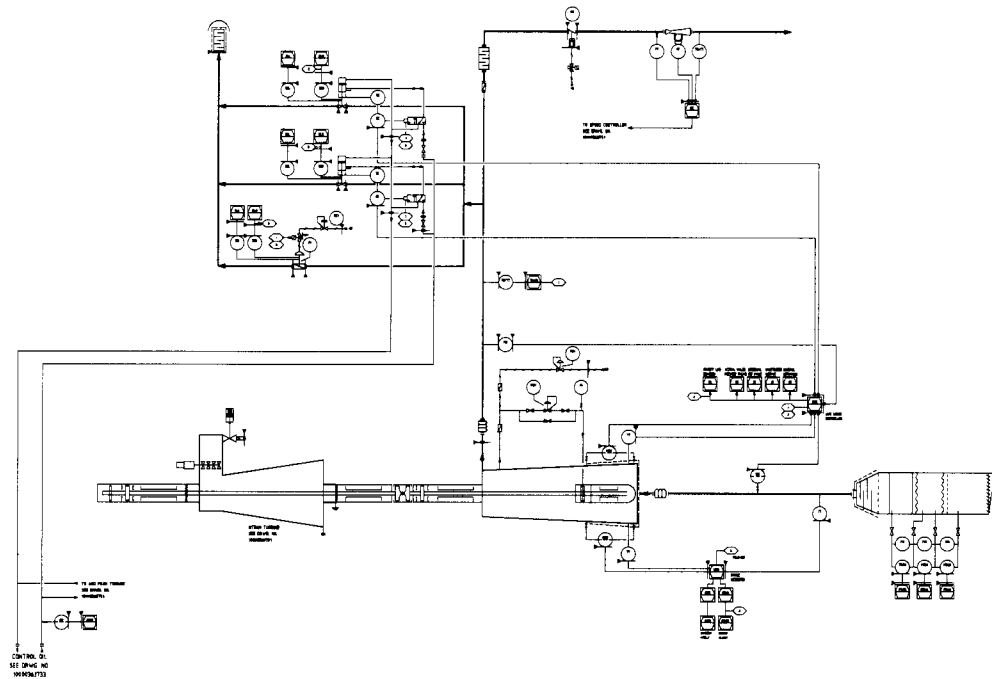
MAN TURBO AG

## 1. General

## 3. Wet Gas Compr.

## 4. Expander

## 5. Steam Turbine



Emmerich FCC

27.09.2007

13



# Axial Blower Design Features



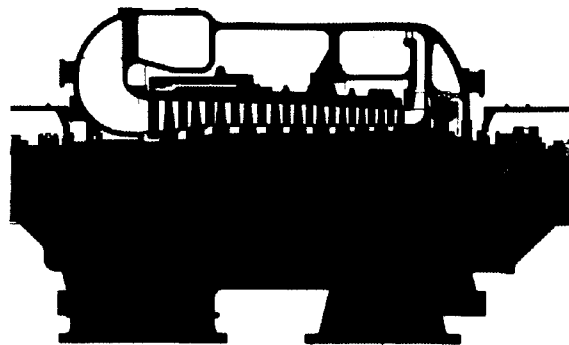
MAN TURBO AG

## 1. General

## 3. Wet Gas Compr.

## 4. Expander

## 5. Steam Turbine



- ✓ cast iron casing
- ✓ outer and inner casing
- ✓ stator blade half rings
- ✓ solid forged shaft
- ✓ axial or radial inlet
- ✓ radial outlet (up/down)
- ✓ reaction type blading
- ✓ rotating diffuser
- ✓ speed control or control by adjustable stator blades

Emmerich FCC

27.09.2007

14



# Axial Blower Rotor



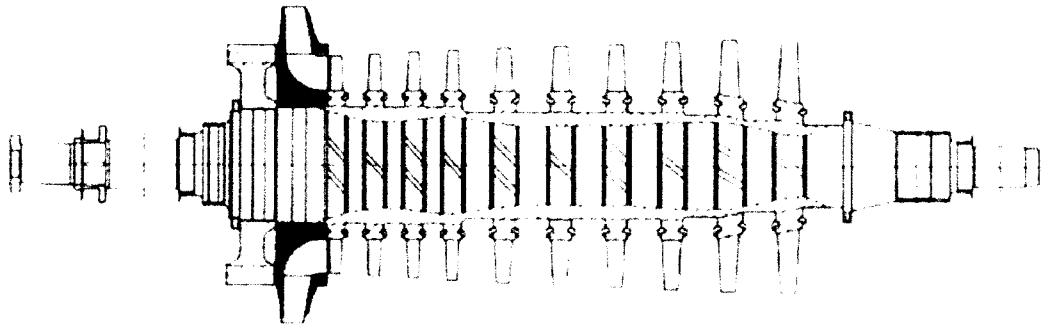
MAN TURBO AG

## 1. General

## 3. Wet Gas Compr.

## 4. Expander

## 5. Steam Turbine



- shaft made from one piece forging
- multi-stage reaction blading
- rotating diffuser (final centrifugal stage)

Emmerich FCC

27.09.2007

15



# Axial Blower Blading



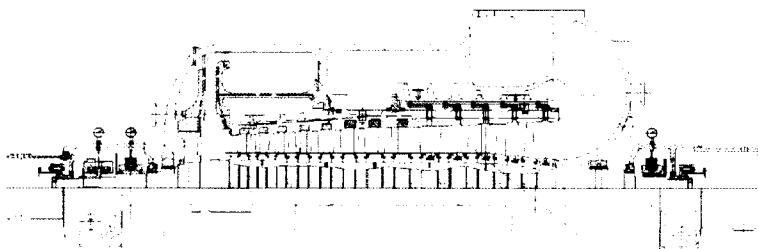
MAN TURBO AG

## 1. General

## 3. Wet Gas Compr.

## 4. Expander

## 5. Steam Turbine



Radial end stage

Repeating stages:

- Conventional blading
- CD-blading

Front section:

- 85 % Reaction
- 70 % Reaction
- 70 % Reaction with CD-Front stage

### Front section of axial bladings

- degree of reaction between 85 and 70 % (high volume flow)
- pull-down of first two stages
- wide cord length of first stage
- settable first stator blade

### Rear section

- degree of reaction 100 % (less losses; head rise only by rotor blades)
- constant hub diameter

### Centrifugal final stage

- rotating diffuser
- low aerodynamical loading
- choke protection

Emmerich FCC

27.09.2007

16



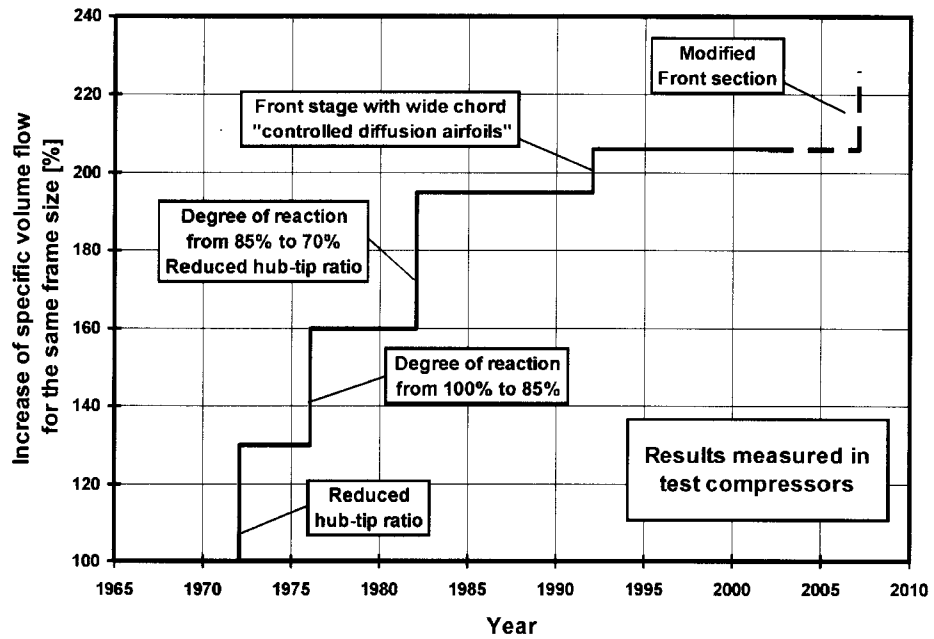
# Axial Front Stage Development Frame Size Flow Increase



MAN TURBO AG

1. General

- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine



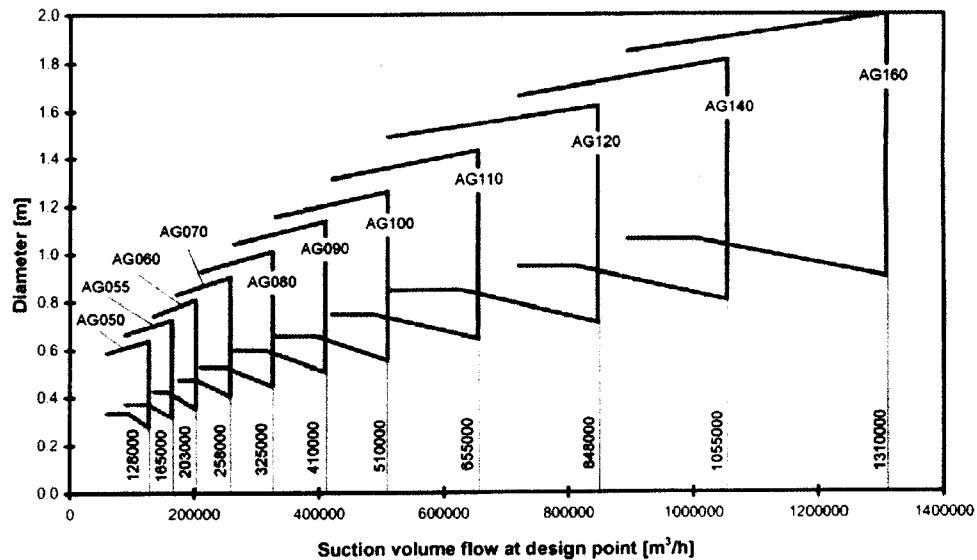
# Axial Blower Frame Sizes



MAN TURBO AG

1. General

- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine





# Axial Compressors Reference Machines



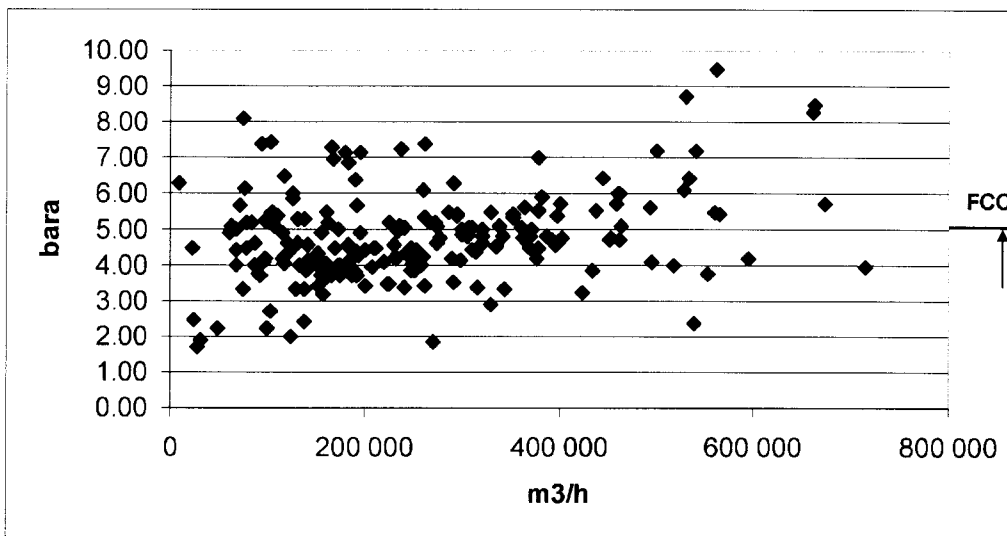
MAN TURBO AG

## 1. General

## 3. Wet Gas Compr.

## 4. Expander

## 5. Steam Turbine



# Axial Compressors Reference Machines for FCC



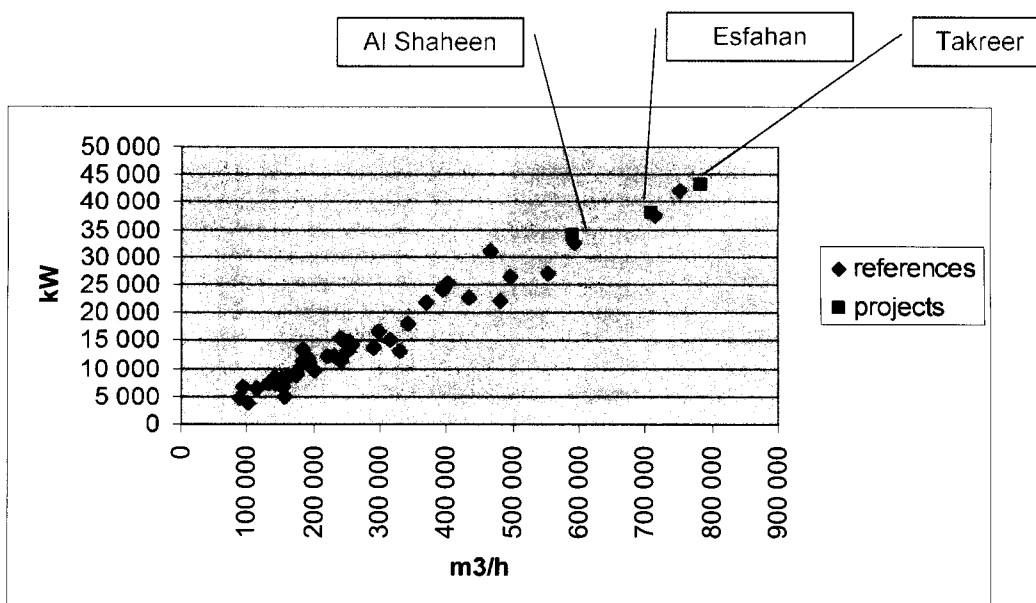
MAN TURBO AG

## 1. General

## 3. Wet Gas Compr.

## 4. Expander

## 5. Steam Turbine





# Axial Compressors Reference Machines for FCC



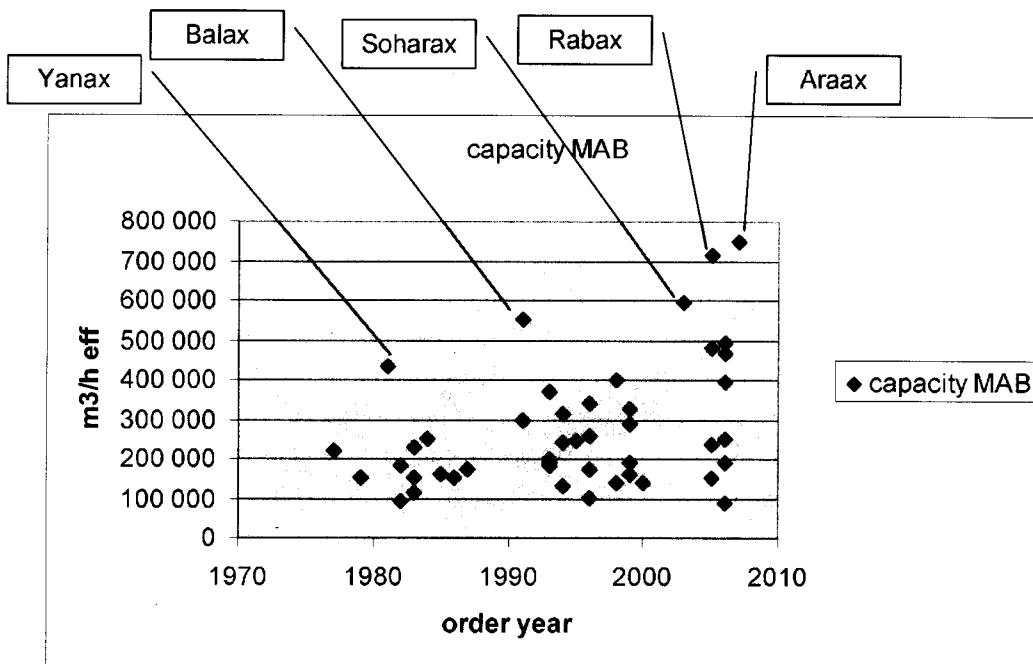
MAN TURBO AG

1. General

3. Wet Gas Compr.

4. Expander

5. Steam Turbine



# Operating Erosion and Corrosion



MAN TURBO AG

1. General

3. Wet Gas Compr.

4. Expander

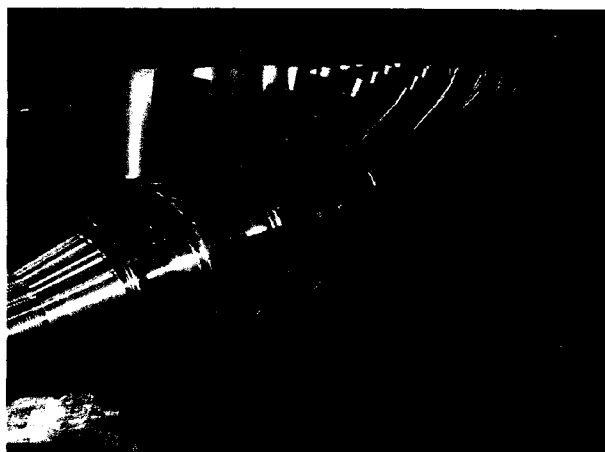
5. Steam Turbine

Erosion and Corrosion by humidity

→ 100 % humidity

→ dust particles

Counter-measure  
coating of axial  
blades (rotor blades)



☞ Checking and maintenance of Filter System

☞ Overhaul of blading / coating of 1st, 2nd and 3rd rotor stage



# Operating Performance



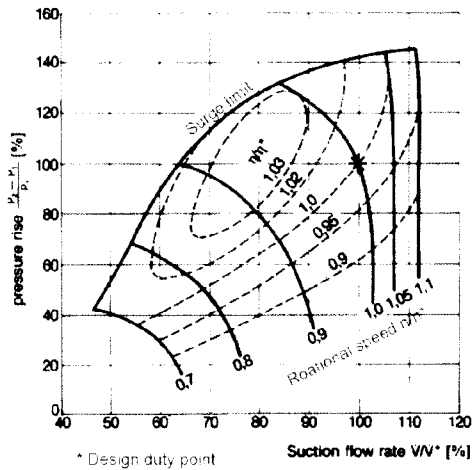
MAN TURBO AG

## 1. General

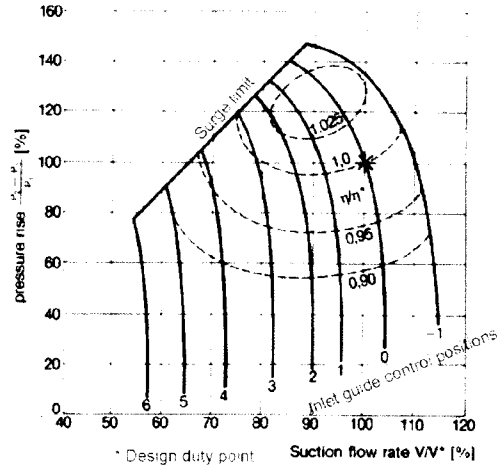
### 3. Wet Gas Compr.

### 4. Expander

### 5. Steam Turbine



Characteristic curve for controlled speed



Characteristic curve for inlet guide vane control



# Operation below the Choke-line



MAN TURBO AG

## 1. General

### 3. Wet Gas Compr.

### 4. Expander

### 5. Steam Turbine

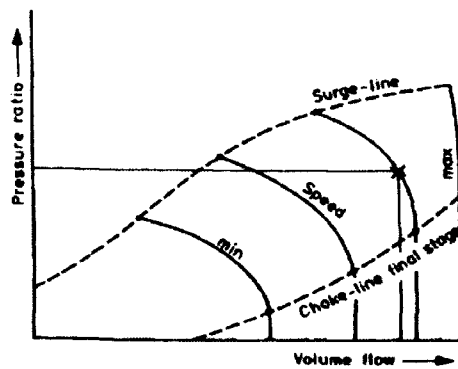
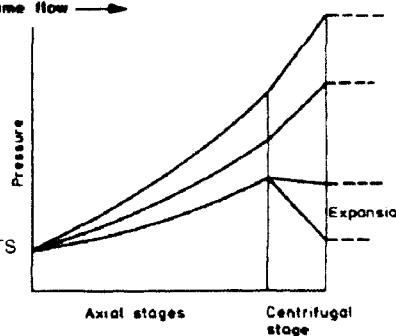
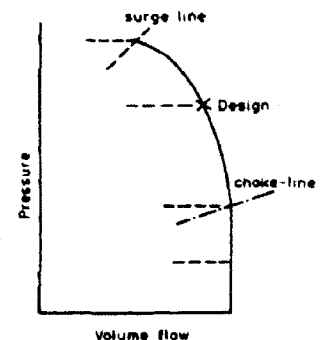


Fig. 1: Limitations of axial-flow performance map

2: Pressure pattern through multi-stage axial compressors for different operation points at the characteristic curve



Pressure pattern through the machine



Characteristic curves



# Choke Protection



MAN TURBO AG

- 1. General
- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine

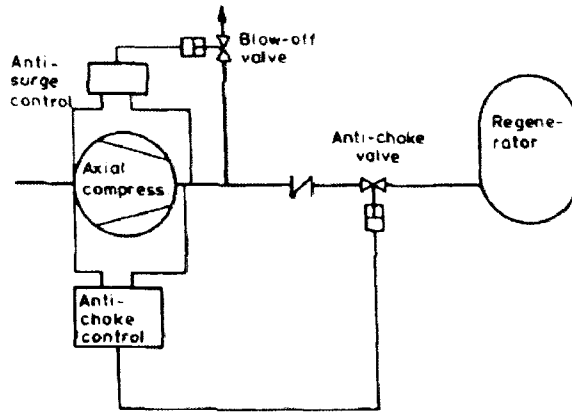
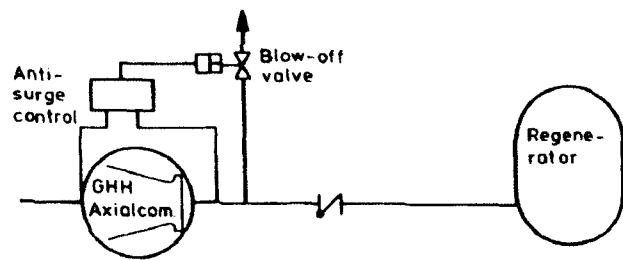


Fig. 3a: Protection for axial compressors without centrifugal final stage.

Fig. 3b: Protection for axial compressors of MAN TURBO design with a centrifugal final stage.



Emmerich FCC

27.09.2007

25

# Turbomachinery for FCCU



MAN TURBO AG

## Wet Gas Compressor

Emmerich FCC

27.09.2007

26

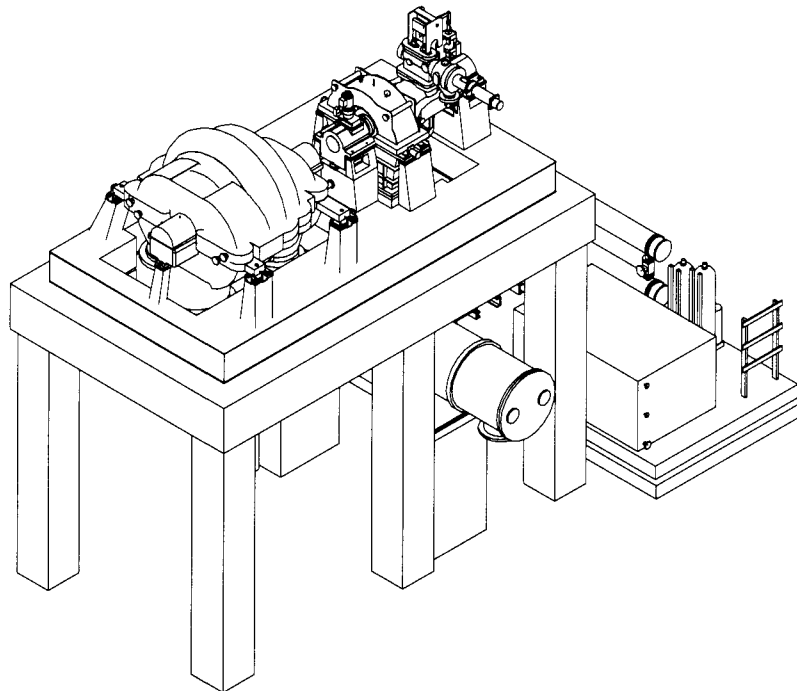


# Wet Gas Compressor Layout



MAN TURBO AG

- 1. General
- 2. Main Air Blower
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine

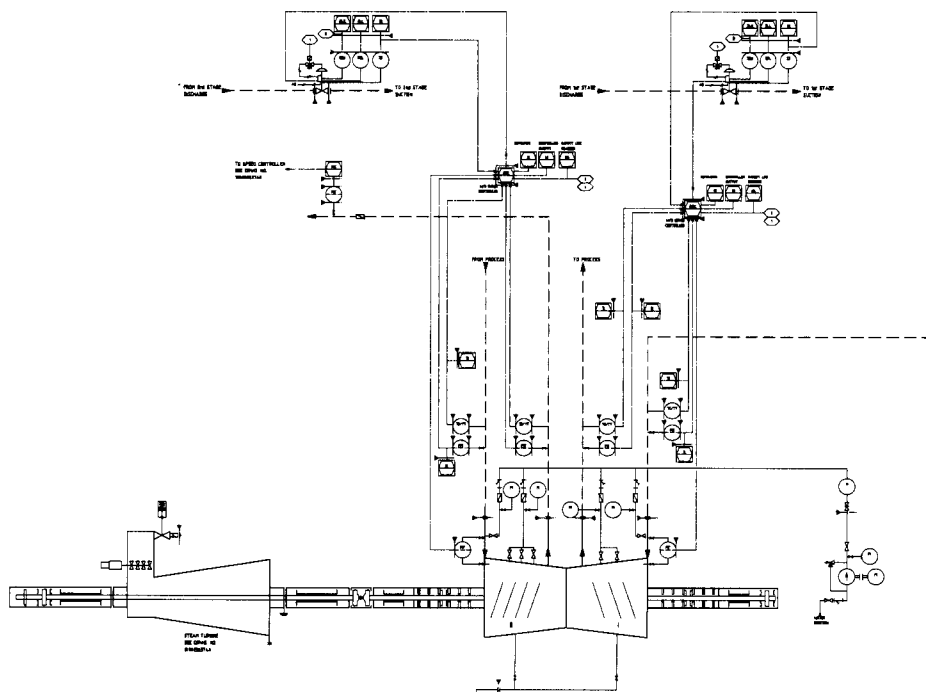


# Turbomachinery for FCCU Scope of Supply



MAN TURBO AG

- 1. General
- 2. Main Air Blower
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine



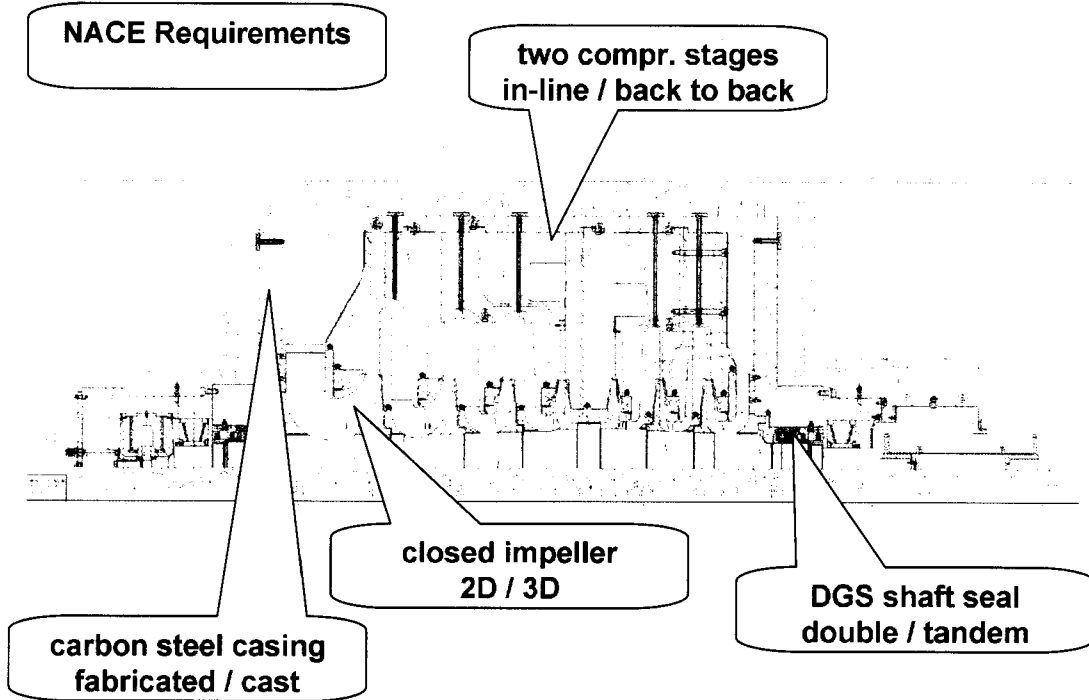
WE

# Wet Gas Compressor Design



MAN TURBO AG

- 1. General
- 2. Main Air Blower
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine



Emmerich FCC

27.09.2007

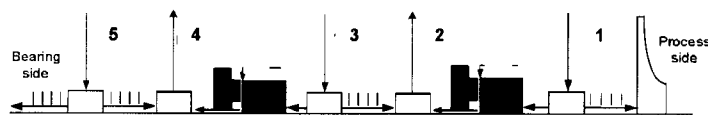
29

# Turbomachinery for FCCU Dry Gas Seal



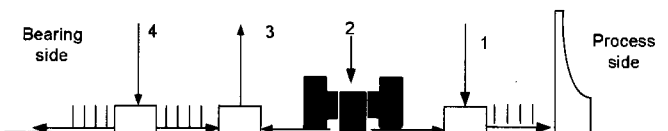
MAN TURBO AG

- 1. General
- 2. Main Air Blower
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine



- 1 primary seal gas
- 2 vent to flare
- 3 sec. seal gas (N<sub>2</sub>)
- 4 vent to safe loc. (N<sub>2</sub>)
- 5 separation gas

Figure 1: tandem seal



- 1 barrier gas
- 2 seal gas (N<sub>2</sub>)
- 3 vent (N<sub>2</sub>) to safe location
- 4 separation gas

Figure 2 : double seal

### Advantage of double seal vs. tandem seal

- ⇒ no use of buffer gas required
- ⇒ no use of a flare required
- ⇒ lower consumption of seal gas
- ⇒ reduced space requirements
- ⇒ lower investment cost

Emmerich FCC

27.09.2007

30

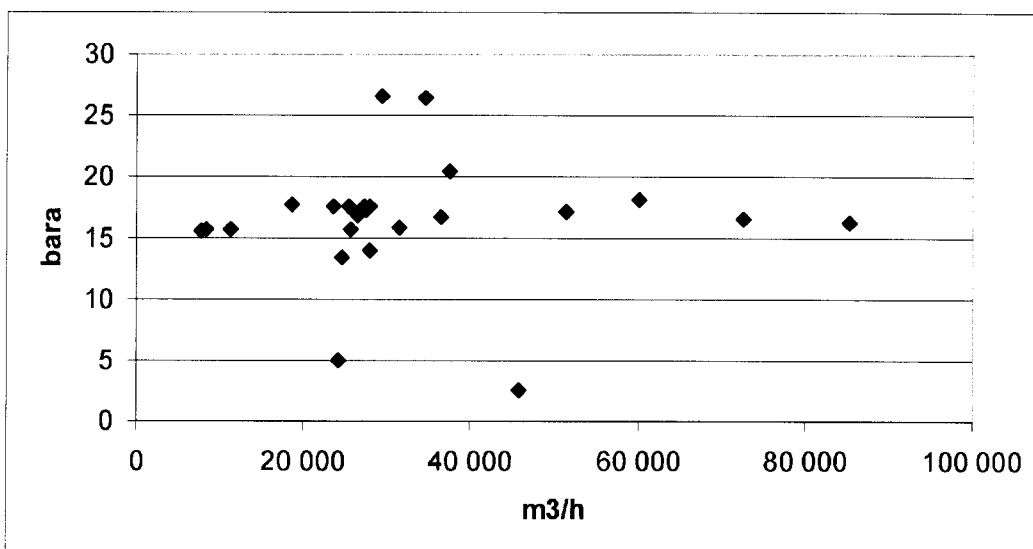


# Turbomachinery for FCCU References Wet Gas Compressors



MAN TURBO AG

- 1. General
- 2. Main Air Blower
- 4. Expander
- 5. Steam Turbine



References until 440 000 m<sup>3</sup>/h  
for other application



# Turbomaschinery for FCC Unit



MAN TURBO AG

## Steam Turbine Driver



# MAN TURBO Steam Turbine Driver

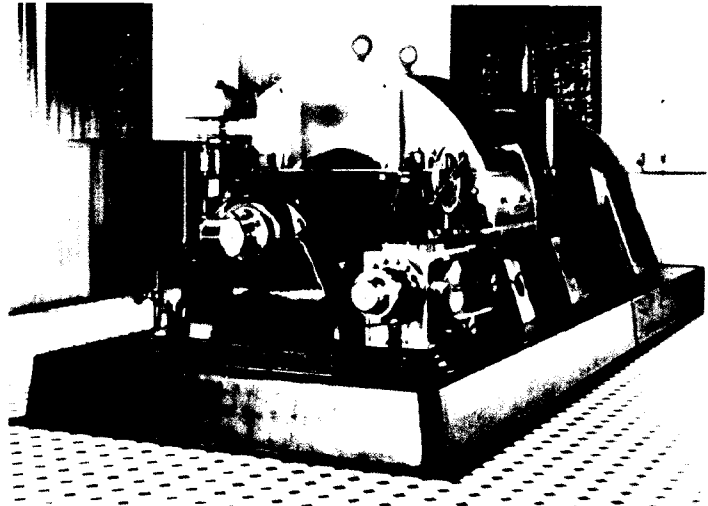


MAN TURBO AG

- 1. General
- 2. Main Air Blower
- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander

**Turbine at  
Sterkrade Mine;  
Mach.-No. 1**

Power 1.500 KW  
 Speed 1.500 min<sup>-1</sup>  
 Live steam 10 atm  
 250 °C  
 Vacuum 90%



First GHH Steam Turbine, Foto dated 11.02.1907

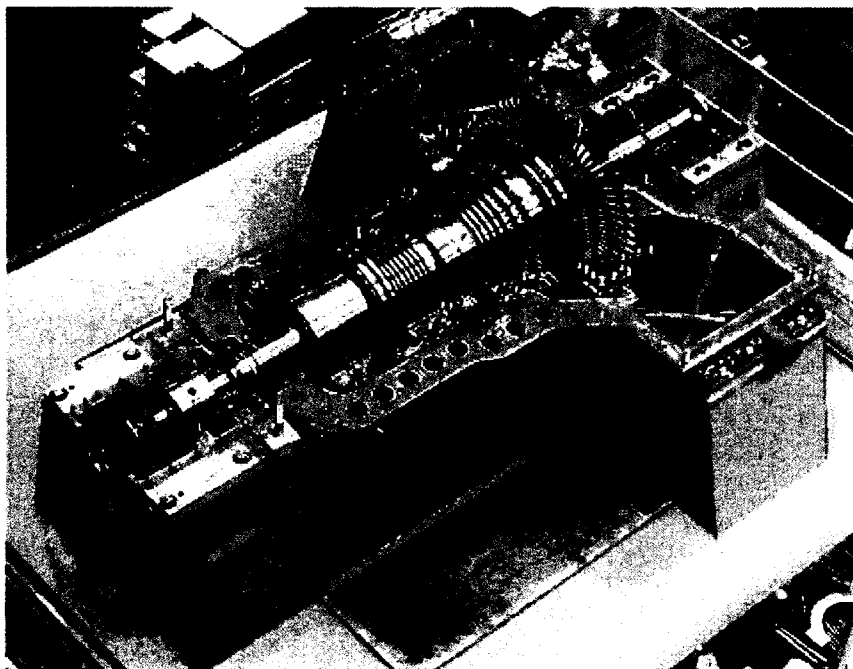


# MAN TURBO Steam Turbine Driver



MAN TURBO AG

- 1. General
- 2. Main Air Blower
- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander



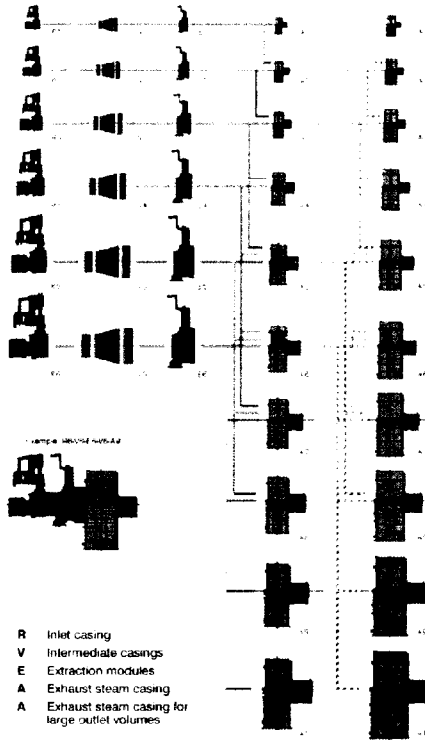


# MAN TURBO Steam Turbine Driver



MAN TURBO AG

1. General
2. Main Air Blower
3. Wet Gas Compr.
4. Expander



## Modular System

Max. Design Data:

live steam temperature: 570°C

live steam pressure: 130 bar

exhaust volume flow: 1.250 m<sup>3</sup>/s

Speed: 13.600 rpm

power: 120 MW

Configuration by combining field proven modules guarantee reliability and a flexible adaptation of the machine to all applications.

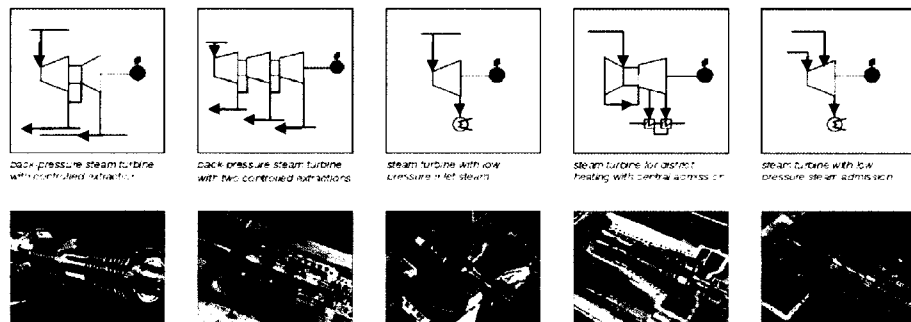
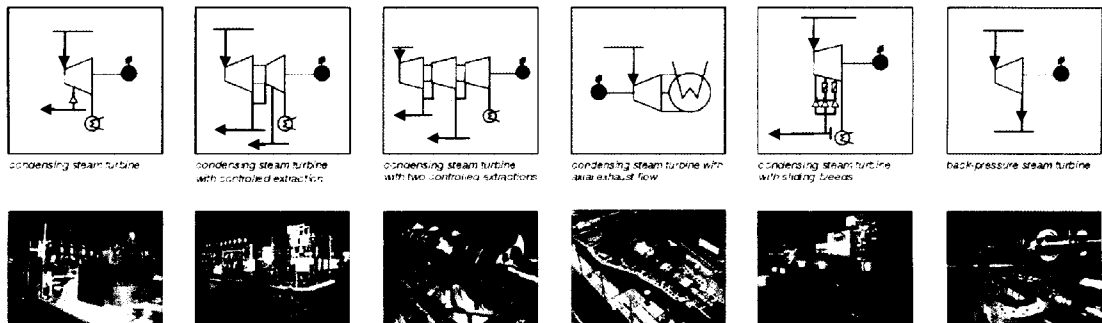


# MAN TURBO Steam Turbine Driver



MAN TURBO AG

1. General
2. Main Air Blower
3. Wet Gas Compr.
4. Expander





# Steam Turbines

## Product range of steam turbine

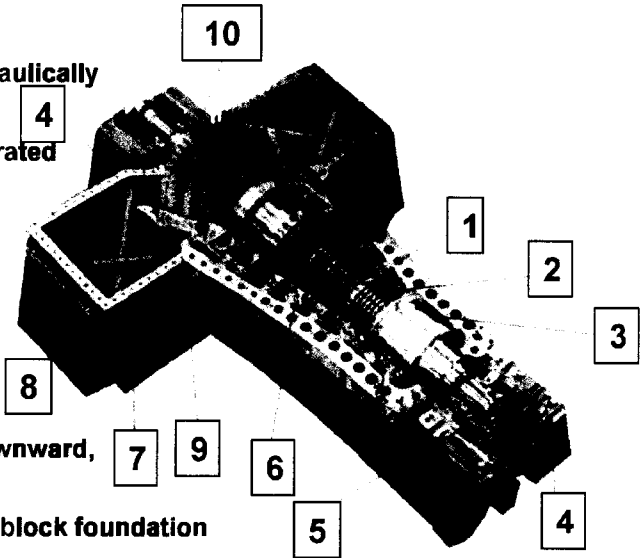


MAN TURBO AG

- 1. General
- 2. Main Air Blower
- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander

### Strength

- 1 Horizontal partition-joint with hydraulically preloaded partition joint bolts
- 2 Multi-stage reaction blading, integrated shrouds for maximum efficiencies
- 3 Rotor forged from one piece
- 4 Separate bearing pedestals
- 5 Thrust and journal bearing arranged separately
- 6 Inner casing of multi-shell design
- 7 Exhaust-steam nozzle pointing downward, upward or in axial direction
- 8 Mounting arrangement on table or block foundation
- 9 In condensing turbines, no cross-type partition joint between high pressure and exhaust steam casing



- 10 High efficient exhaust blades with transsonic profiles



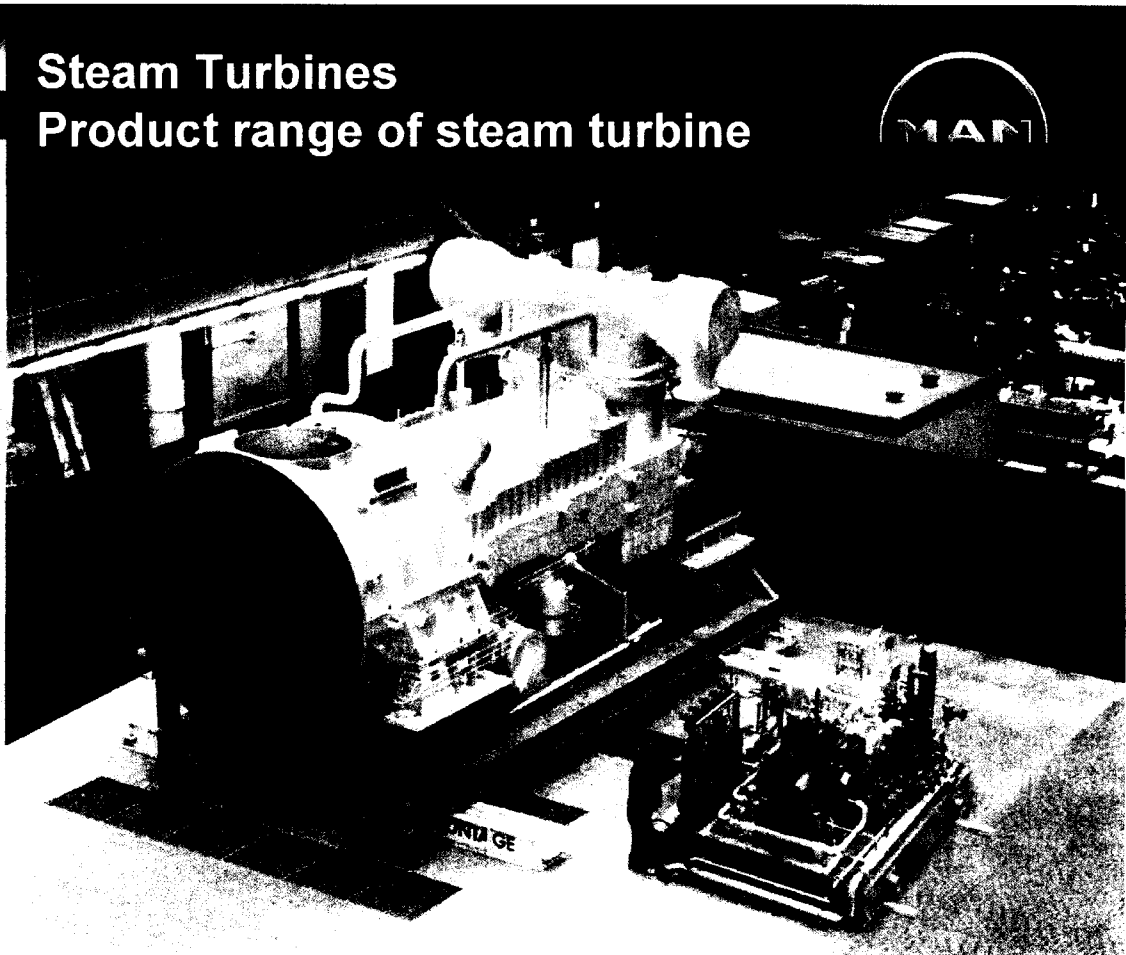
# Steam Turbines

## Product range of steam turbine



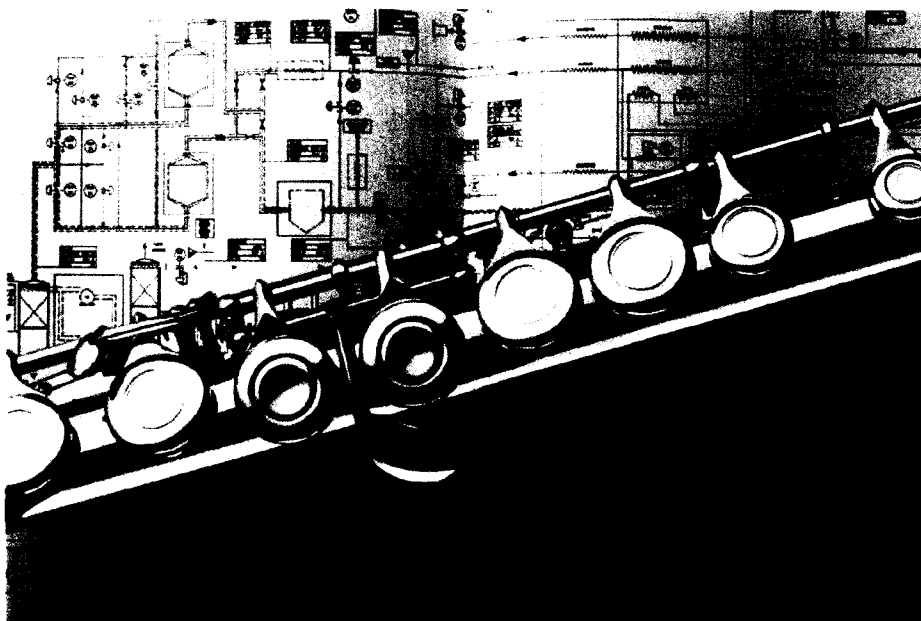
MAN TURBO AG

- 1. General
- 2. Main Air Blower
- 3. Wet Gas Compr.
- 4. Expander



# SIAD Macchine Impianti

## API 618 process gas compressors



### Product range (page 1 of 3)



- Reciprocating vertical compressors
- Reciprocating "V" and "W" frame compressors
- Reciprocating horizontal balanced-opposed compressors
- Reciprocating diaphragm compressors

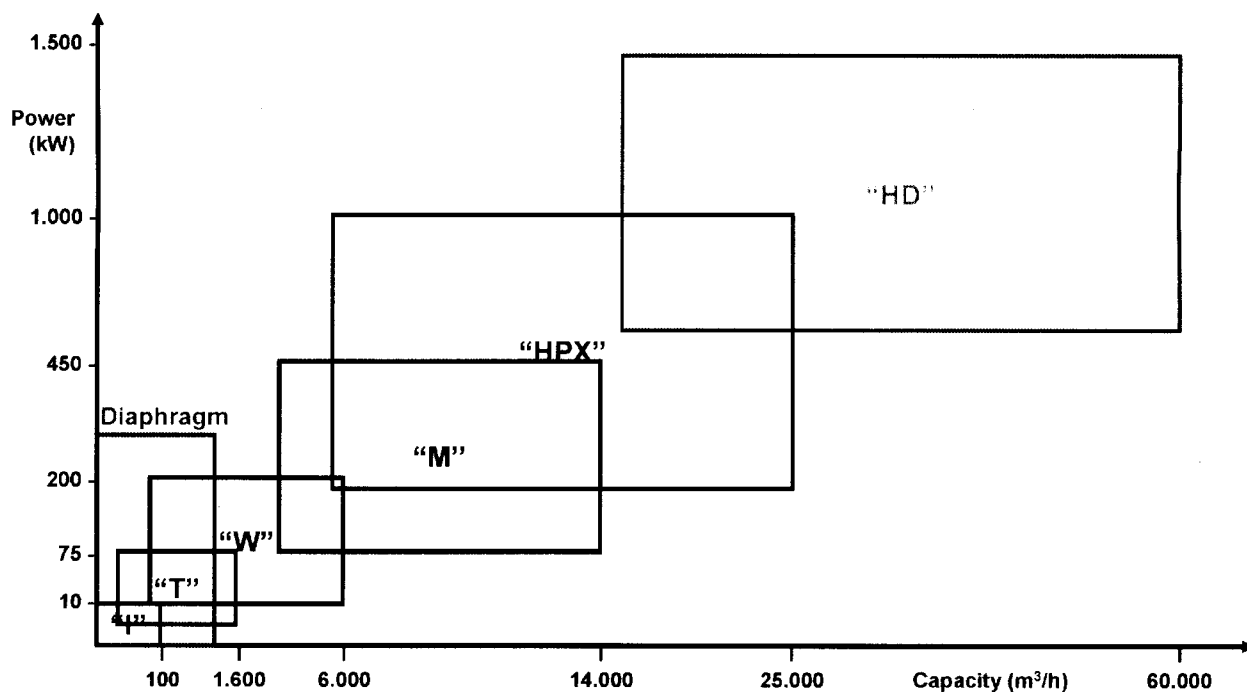
Max power : up to 1.500 kW  
Max pressure : 350 bar (with reciprocating piston type)  
4.100 bar (with reciprocating diaphragm type)  
Max capacity : 60.000 m<sup>3</sup>/h



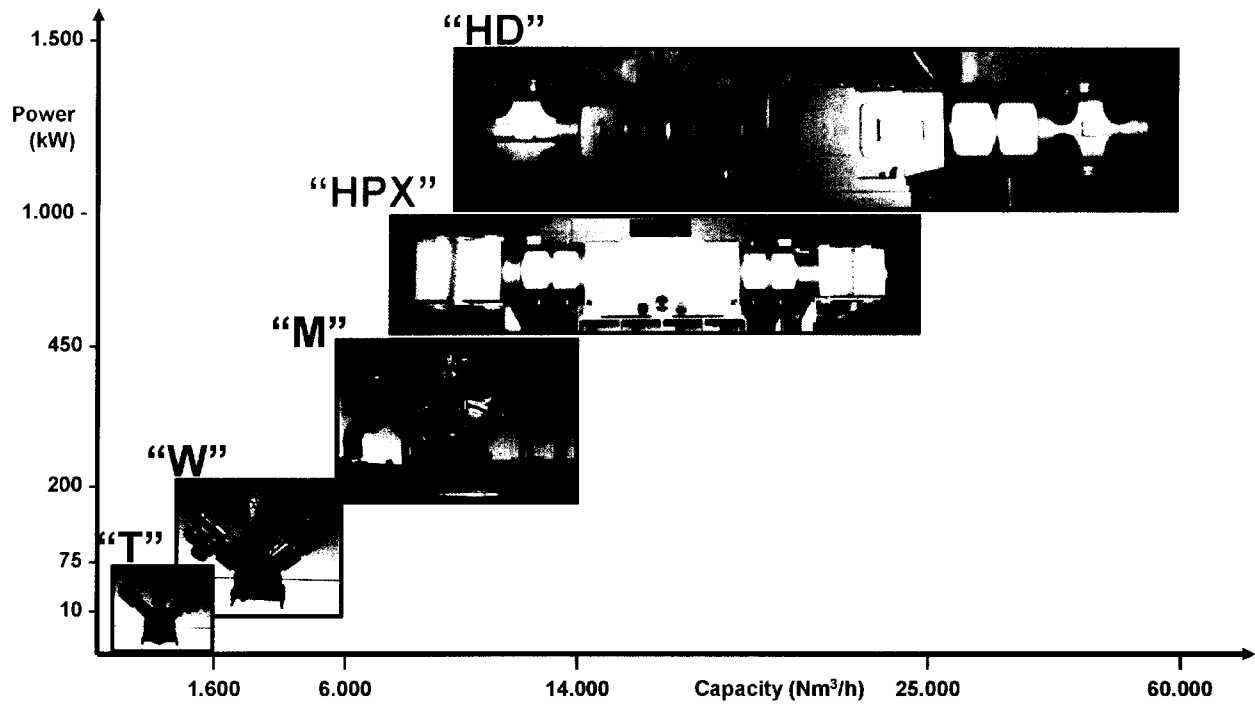
## Compressor range (page 2 of 3)

Frame	Max. power kW	Max. rod load N	Stroke mm	Crossheads	Min/Max rpm	Max. cylinder bore mm
"I"	10	6.000	50	1	300/1.000	130
"T"	75	15.000	100	1 / 2 / 3	300/1.200	220
"W"	200	45.000	100	1 / 2 / 3	300/1.200	410
"M"	450	80.000	150	1 / 2 / 3	300/750	630
"HPX2"	600	115.000	165-200	2	300/750	700
"HD2"	800	207.000	165-275	2	300/750	850
"HPX4"	1.000	115.000	165-200	4	300/750	700
"HD4"	1.500	207.000	165-275	4	300/750	850

## Compressor range (page 3 of 3)



## Main compressor range overview



## Operational data (page 1 of 2)

### Compressed gas :

All gases, including O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub> (wet)

Gas inlet dew point : Bone dry Nitrogen

Gas inlet temperature : successful experience up to -150°C  
(-238°F)

## Operational data (page 2 of 2)

### Specialization in oil free

**Number of stages** : up to 6

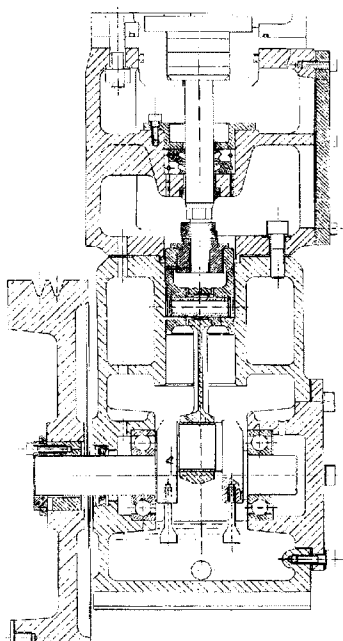
### Outlet pressure :

- 100 bar (1.450 psi) in oil free application
- 200 bar (2.900 psi) with mini lubrication and PTFE type rings
- 350 bar (5.000 psi) with full lubrication and metal rings
- 4.100 bar (59.450 psi) with membrane

---

## Compressor frames

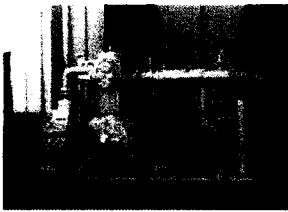
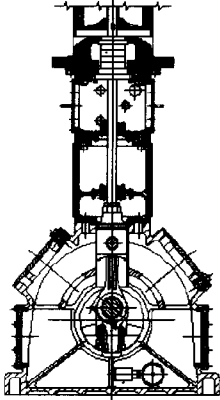
“1”



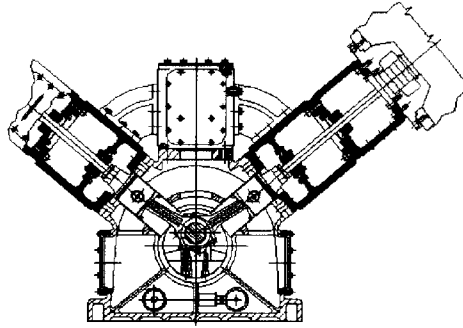
Vertical cylinder,  
splash lubrication

# Compressor frames "T" - "W" - "M"

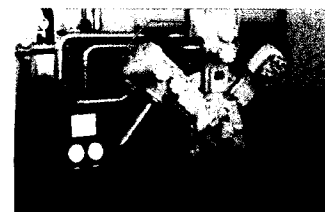
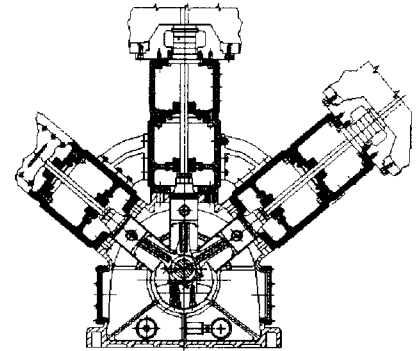
Vertical cylinder  
(for "T", "W" and "M" frames)



"V" configuration  
(for "T", "W" and "M" frames)



"W" configuration  
(for "T", "W" and "M" frames)

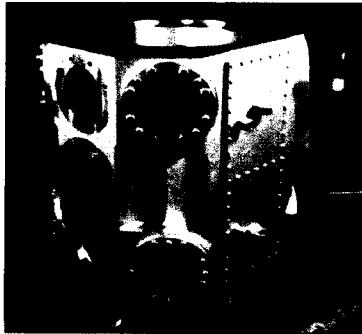


# Compressor frames "HPX" - "HD"

Balanced, opposed horizontal  
two (2) crossheads

Balanced, opposed horizontal  
four (4) crossheads

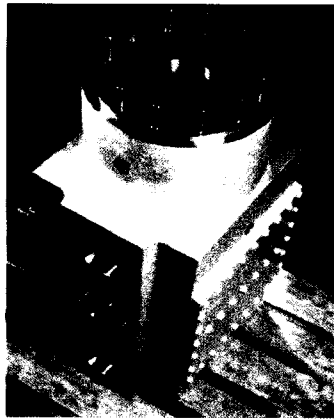
## Cylinders



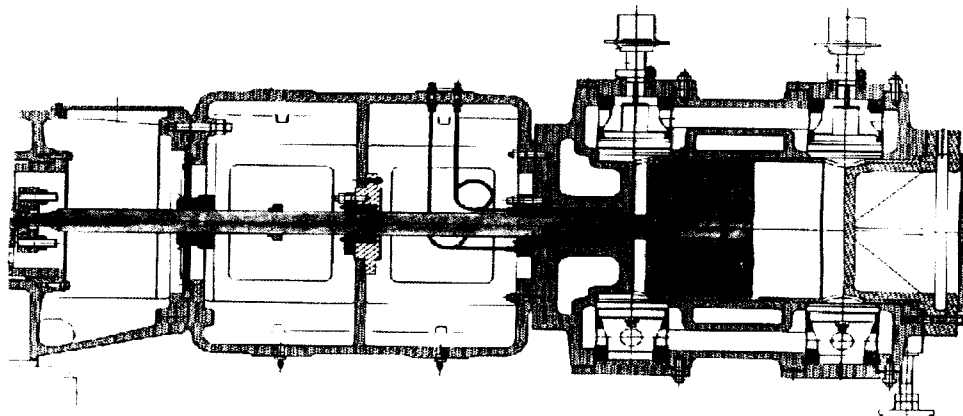
A range of more than 200 models.  
The result of a large experience.

Material : cast iron, nodular cast iron or steel

They are with or without liners.  
They are water cooled.



## Piston and Piston rod

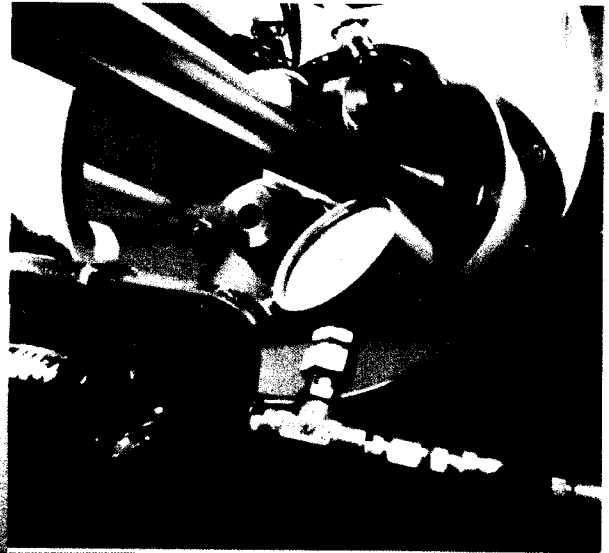
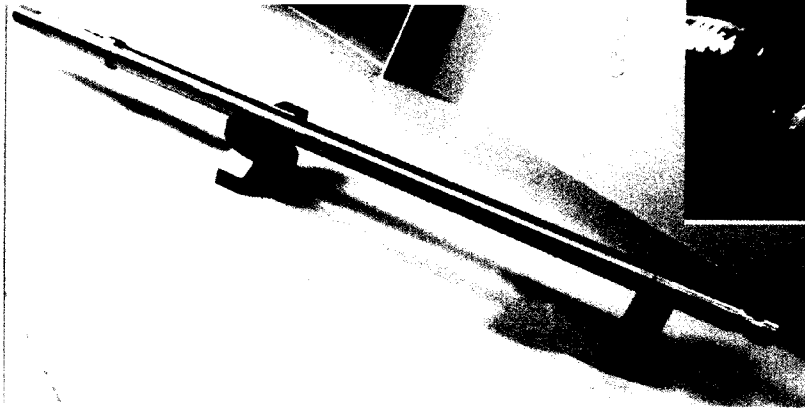


Designed for optimum balancing of rod load.  
Piston materials adapted to gas composition.  
Piston rod special treatments/coatings possible :

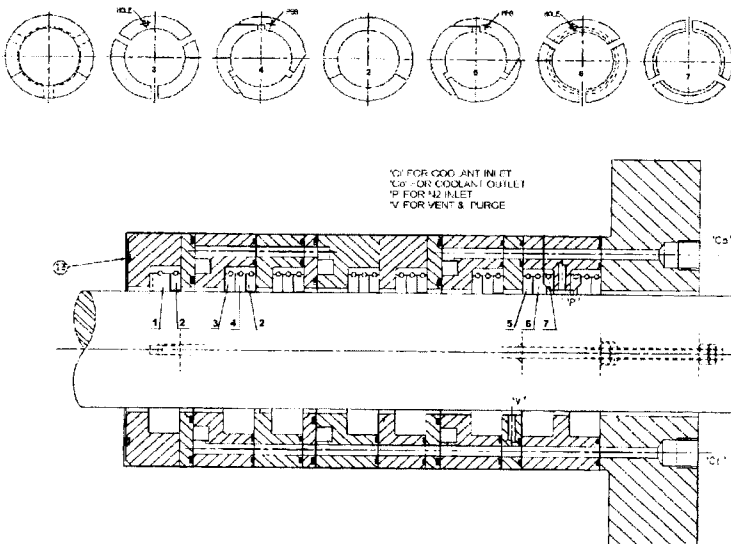
- Plasma and detonation techniques.
- Induction hardening.

## Piston rod

Hydraulic tightening on crosshead

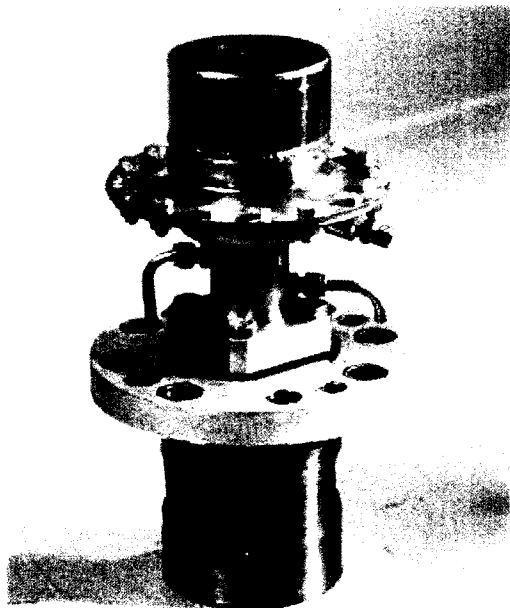


## Piston rod packing



Multipieces rings in individual casings. Floating elements are metallic (lubricated) or PTFE (oil free or mini lub). Automatic compensation of wear clearance. Possible venting buffer gas ( $N_2$ ), lubrication and direct cooling.

## Valves



SIAD Macchine Impianti is extremely strict in selecting automatic valves a/c to the process (valve dampening, gas speed, power losses, materials).

Direct or reverse unloaders.

## Distance piece



Our process compressors are designed to avoid impossible any introduction of oil into the cylinders and gas into the crankcase.

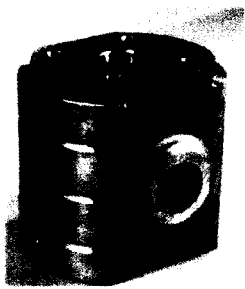
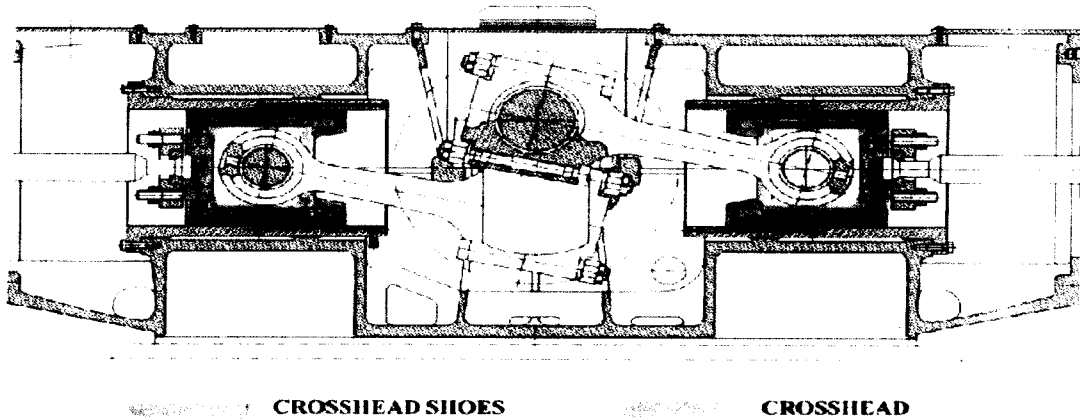


Double compartment distance pieces



- intermediate packing  
- wiper packing rings  
- oil slinger

## Crossheads

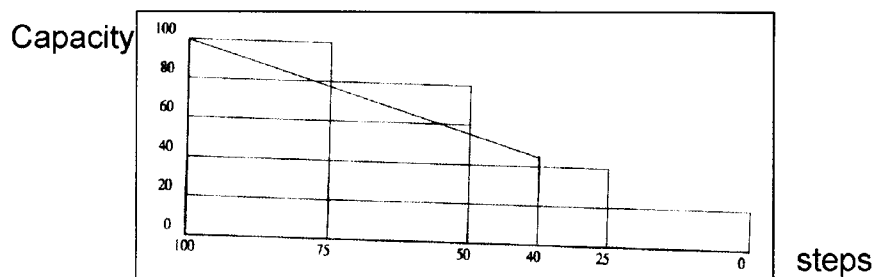


Crosshead moves in a lubricated guide that can be easily dismantled.  
 For medium and high power, it is fitted through removable shoes.

## Capacity control (page 1 of 2)

**A wide variety of capacity controls systems allows to adapt compressors to the real operating conditions.**

1. Stepped control by suction valve unloading piloted by the outlet pressure
2. Progressive capacity control (action on inlet valves)
3. By-pass capacity control
4. Additional clearance pocket

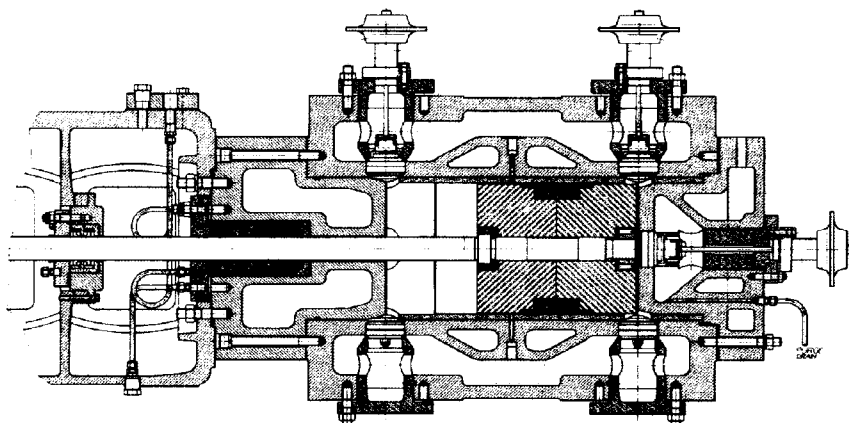




## Capacity control (page 2 of 2)

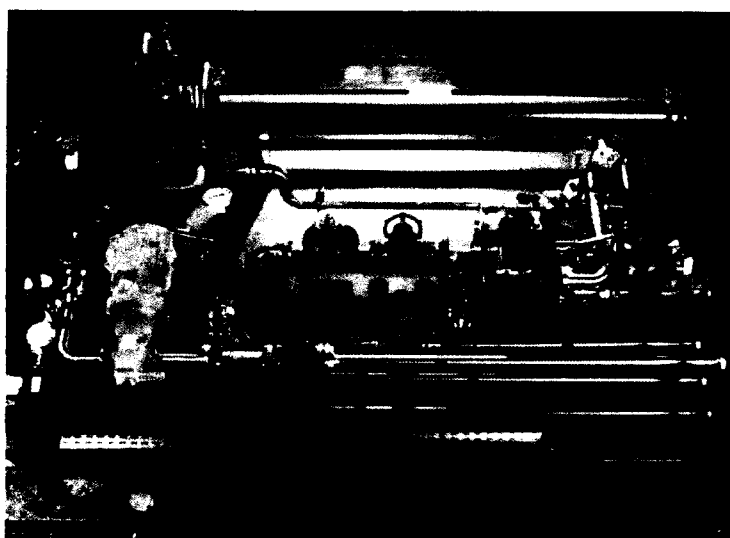
### 5. Capacity control by additional clearance pocket

- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| manual          | automatic        |
| - local control | - remote control |
|                 | - local control  |

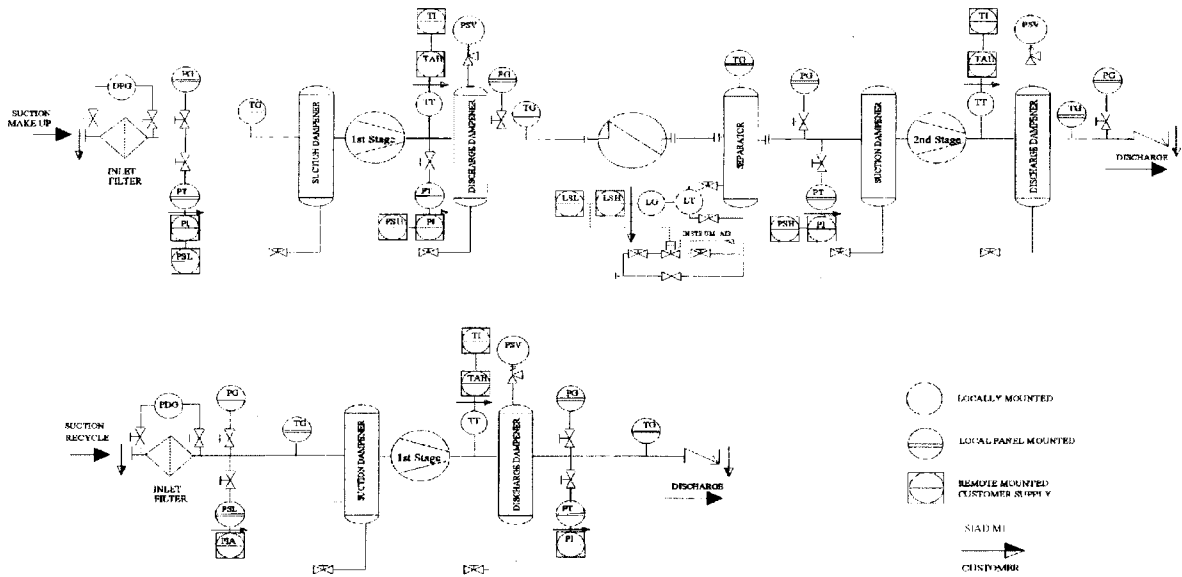


## Oil circuit-frame oil lube system

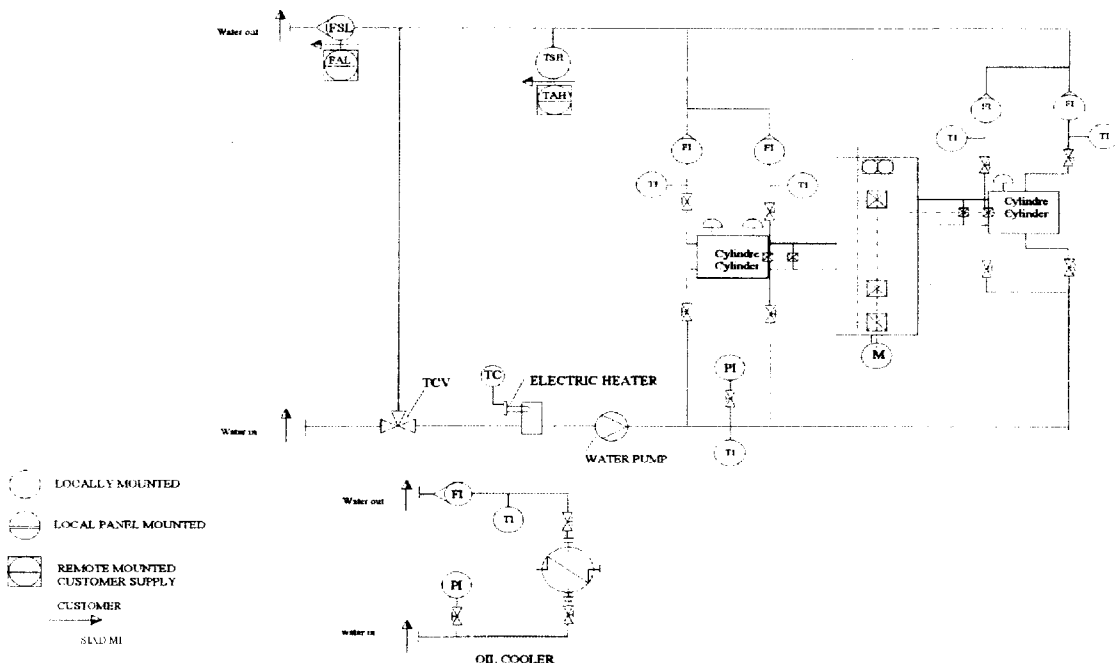
- Main oil pump driven by compressor crankshaft
- Pre-lube oil pump for starting and stand by
- Design conform to API 618



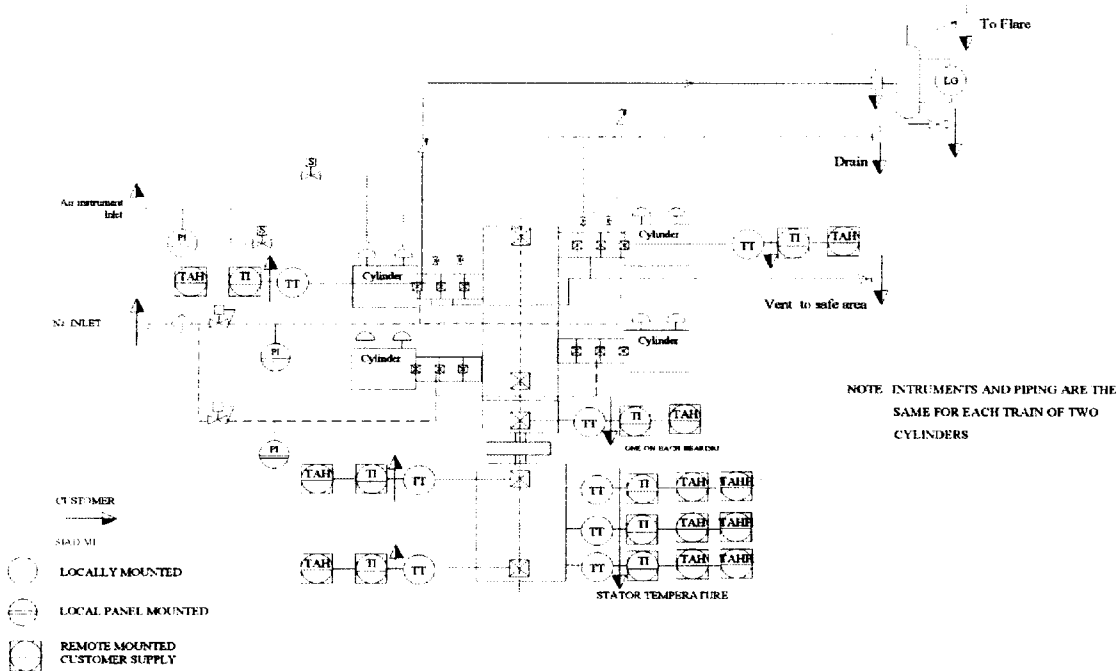
# Typical Piping and Instrumentation Diagram Process Gas Circuit (page 1 of 4)



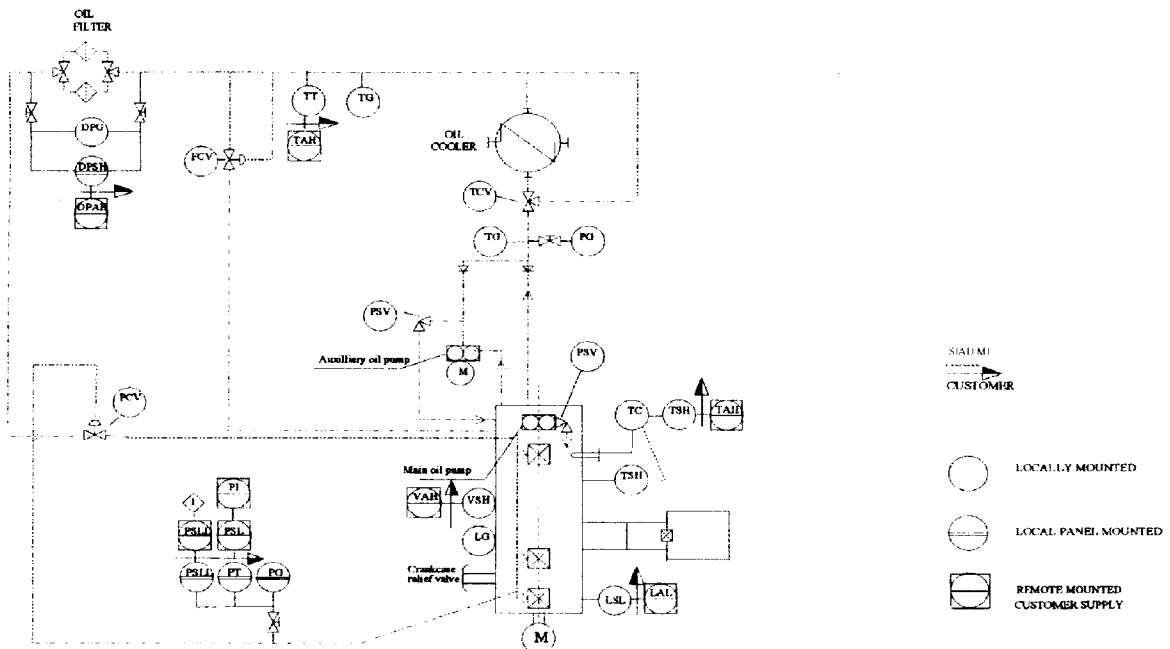
# Typical Piping and Instrumentation Diagram Cooling Water Circuit (page 2 of 4)



# Typical Piping and Instrumentation Diagram Instrument Air and Purge N<sub>2</sub> Circuit (page 3 of 4)



# Typical Piping and Instrumentation Diagram Lube Oil Circuit (page 4 of 4)



## Applications

- Acetylene (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)
- Oxygen (O<sub>2</sub>)
- Nitrogen (N<sub>2</sub>)
- Hydrogen (H<sub>2</sub>)
- Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>)
- Carbon Monoxide (CO)

- Instrument Air (Air)
- Ammonia (NH<sub>3</sub>)
- Hydrocarbons (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>)
- Ethylene (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)
- Propylene (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>)
- Natural Gas (CH<sub>4</sub>)

**Go to  
References**