

出國報告（出國類別：洽公）

煤組工場壓縮機觀摩參訪出國報告

服務機關：台灣中油煉製事業部大林煉油廠
姓名職稱：李建利/工場長
 吳振良/工程師
 許登壹/工程師
派赴國家：韓國
出國期間：108/11/11~108/11/15
報告日期：108/12/05

摘要

因煤組工場 revamping 後至今壓縮機進口濾網與氣閥因結 gum，造成膠狀物堵塞濾網，常需清理濾網而調整煉量。透由壓縮機原廠 Howden Korea 公司得知，韓國 GS 集團煤組工場之壓縮機，進口濾網不會有結 gum 問題，本次公務出國案至韓國麗水市 GS Caltex 煉油廠參訪觀摩，討論壓縮機操作改善，並至首爾市拜訪 Coalescer 製造商 TAESAN 公司與 Howden Korea 公司，討論煤組工場壓縮機後續如何改善，作為未來操作改善之基礎，達到穩定操作、保養維護與故障排除更加順暢之目的。

目次

摘要	2
一、目的	3
二、過程	3
(一) 出國行程	3
(二) 第五煤組工場製程簡介	3
(三) 參訪 GS Caltex 煉油廠討論煤組工場之操作與壓縮機維修保養經驗.....	4
(四) 參訪 TAESAN 公司與 Coalescer 供應商 JFC 公司.....	7
Coalescer Filter 相關構造簡圖	10
GS Caltex Coalescer Filter 設計與操作資料.....	11
(五) 參加第 21st 韓國轉機研討會並參訪 Howden Korea 公司	12
三、心得及建議	14
(一) 心得	14
(二) 建議	14

一、目的

本次出國至 GS Caltex 煉油廠參訪觀摩，討論媒組工場之操作與壓縮機維修保養經驗，並參觀壓縮機，期望提高工場可靠度並使操作更加順利；參訪 Coalescer 代理商 TAESAN 公司與供應商 JFC 公司，了解 Green Oil 形成機制與 Coalescer 過濾原理；參加第 21st 韓國轉機研討會，參訪 Howden Korea 公司，討論媒組工場壓縮機後續如何改善，作為未來操作改善之基礎，達到穩定操作、保養維護與故障排除更加順暢之目的。

二、過程

(一) 出國行程

1. 108/11/11：啟程至韓國麗水市
2. 108/11/12：參訪 GS Caltex 煉油廠後返回首爾
3. 108/11/13：參訪 Coalescer 代理商 TAESAN 公司與 Coalescer 供應商 JFC 公司
4. 108/11/14：參加第 21st 韓國轉機研討會並參訪 Howden Korea 公司
5. 108/11/15：返程回國

(二) 第五媒組工場製程簡介

媒組工場製程區主要可以分為四區，主要製程可分為 15 區(分餾備料區)，20 區(加氫脫硫區)，30 區(重組反應區)，35 區(觸媒循環再生區)，簡介如下：

分餾備料區：媒組工場的進料主要來自蒸餾工場之全石油腦(FRN)，石油腦進料至分餾備料區將輕成份的正戊烷取出後，所餘留下來的即是輕石油腦(LN)，送至加氫脫硫區。

加氫脫硫區：輕石油腦(LN)經加氫脫硫反應，將含硫量降至 0.5wt ppm 以下後成為甜石油腦(SN)以供重組裝置當進料，反應器內鈷鉬觸媒俱脫硫、脫氮、脫氧、及脫重金屬(重金屬如砷鉛汞會造成白金觸媒之永久中毒)之功能。

重組反應區：高溫低壓下進行環烷烴脫氫、石臘烴脫氫環化、石臘烴異構化、加氫裂解、芳香烴脫烷基與脫甲烷等反應，產生粗氫氣及煤組油(MF)或是 BTX。第五與第六煤組工場本區之淨氣壓縮機進口濾網與氣閥時常有膠狀物堵塞濾網，有時清理濾網時，甚至影響工場煉量。

觸媒循環再生區：將重組反應區之觸媒進行連續觸媒再生(Continuous Catalyst Regeneration)，CCR 製程主要分為四個步驟：1.積碳燒除；2. 金屬促進劑的氧化及氯化；3.乾燥去除水分；4. 金屬促進劑的還原。前三個步驟在再生塔的燃燒區(burning zone)、氯化區(chlorination zone)、乾燥區(drying zone)完成，第四步驟在還原區(reduction zone)完成。

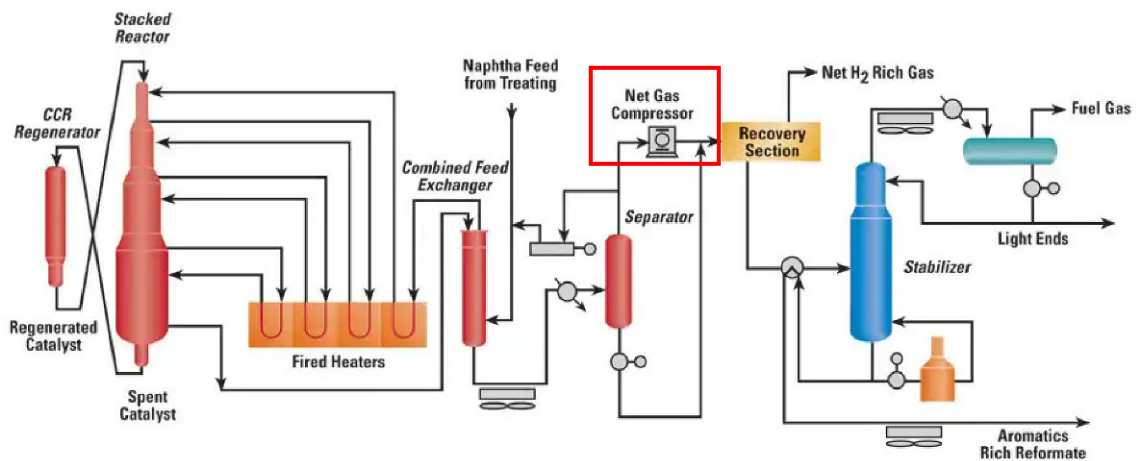


圖 1.1 煤組工場製程流程圖

(三) 參訪 GS Caltex 煉油廠討論煤組工場之操作與壓縮機維修保養經驗

長久以來煤組工場操作與維護上最大之困擾：製程產生綠油，淨氣壓縮機進口濾網與氣閥每兩週須拆清一次；經壓縮機原廠 Howden 公司得知 GS Caltex 煉油廠有類似改善案例，#1 CCR 工場於 2007 年 revamping，煉量由 25,000 提升至 45,000 BPSD，壓縮機原有 3 台 C45（與第五&第六煤組工場相同），新增 1 台 C85(六汽缸，流量約為 C45 機型的 1.5 倍)，revamping 前操作 2 台 C45，revamping 後操作 1 台 C85 與 1 台 C45。revamping 前後氣閥皆有綠油之操作問題，2013 年在 K.O. Drum 與壓縮機之間新增一座 coalescer 後，原本氣閥綠油拆清之困擾徹底解決，四~五年未更換氣閥，coalescer 安裝位置詳見圖 1.2。本次出訪 GS Caltex 煉油廠訪問#1 CCR 工場，諮詢工場操作與壓縮機氣閥之保養經驗，茲將參訪討論內容整理表列如下：

Question	Answer
1. 煤組工場之進料主要為何？	Naphthene : 29~33 vol%, Aromatics : 10~12 vol%
2. 煤組觸媒型號與更換頻率為何？	UOP R-264 ; 正常三次大修更換觸媒，四~五年一次大修
3. 主要生產模式為 BTX 還是 MF 模式？	僅操作 BTX 模式
4. 第一級壓縮機的進氣組成為何？	H2 約 83.91mol% ; C6+約 1.36%
5. 第二級壓縮機的出氣組成為何？	H2 約 88.83mol% ; C6+約 0.86%
6. 壓縮機氣閥之維修頻率為何？	每四~五年大修時拆修
7. 壓縮機氣閥是否有 Green Oil 累積？	#1 CCR 目前沒有 Green Oil 問題
8. 第一級與第二級壓縮機之壓縮比為何？	設計值：1 st : 2.58 ; 2 nd : 2.97 實際值：1 st : 3.10 ; 2 nd : 2.91
9. 煤組反應器之操作壓力	7~9 kg/cm ² -G
10. revamping 後 K.O. Drum 尺寸放大之比例為何？	未回覆
11. 第一級與第二級壓縮機之出口溫度為何？	設計值：1 st : 120°C ; 2 nd : 135°C 實際值：1 st : 123.6°C ; 2 nd : 123°C
12. 壓縮機汽缸的數量為何？	C45 有 4 個 ; C85 有 6 個汽缸
13. 每個壓縮機的 damper 數量為何？	每一級壓縮機的進口與出口各一個
14. 安裝 coalescer 後對壓縮機振動是否有改善？	理論而言安裝 coalescer 後可減少製程氣體之液體有助於降低壓縮機之振動，但#1 CCR 壓縮機沒有振動問題，所以無法確認實際效果如何
15. coalescer 濾心的更換頻率為何？	#1 CCR 每次大修才更新 ; #2 CCR 每 6 個月要更換濾心一次
16. coalescer 進出口的氣體組成為何？	GS Caltex 不曾化驗 coalescer 進出口的氣體組成
17. coalescer 液體回收至何處？	Slop Tank
18. 觸媒循環再生區是否有添加 EDC？	添加化學藥劑為 PCE

19.製程氣體是否包含 Cl ⁻ ?	淨氣中 HCl 含量約 3~6 ppm
20. damper 上游的濾網 mesh 數為何?	40 mesh
21.#1 CCR 的 coalescer 較#2 CCR 大，GS Caltex 設計 coalescer 大小之依據為何?	#2 CCR 因場地空間限制，所以安裝的 coalescer 較小，GS Caltex 儘量安裝足夠大的 coalescer
22. #1 CCR revamping 後新增一座煤組反應器(4 →5 座)，新增的反應器是在第四座反應器下游嗎？五座反應器之操作溫度為何？	第五座反應器在第四座反應器下游，RIT 分別為：495/506/517/528/533℃

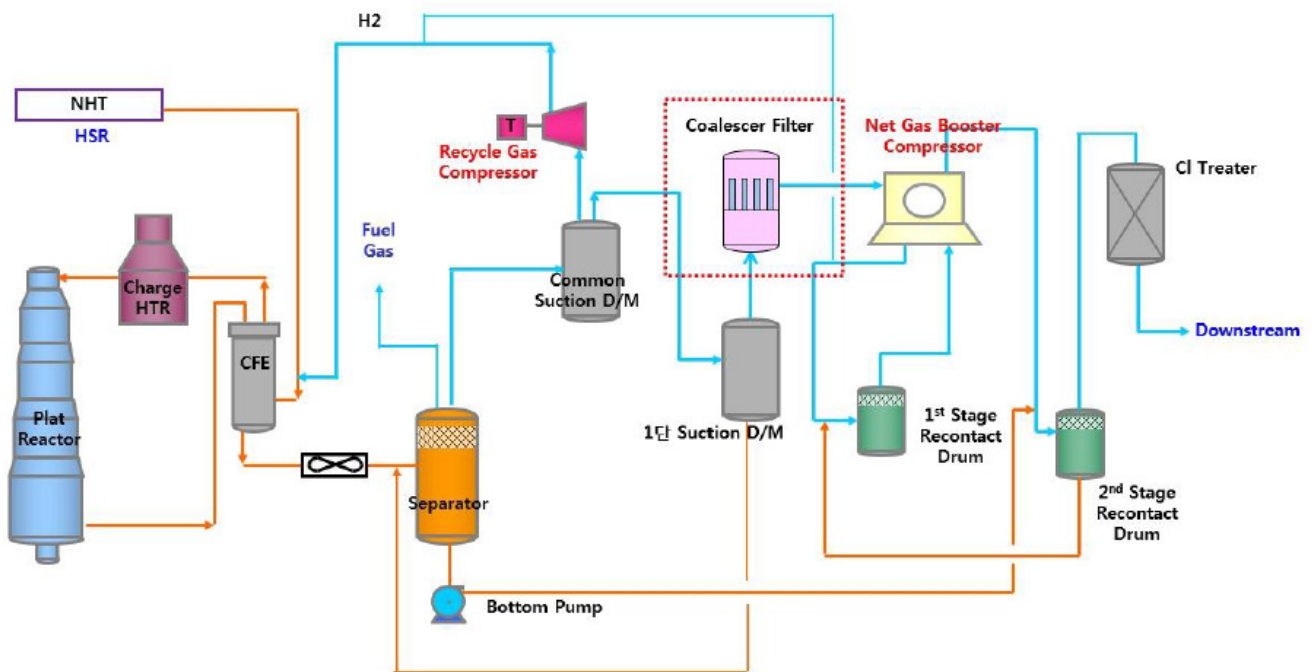


圖 1.2 新增 coalescer 流程圖

(四) 參訪 TAESAN 公司與 Coalescer 供應商 JFC 公司

重組觸媒是以酸性之活性氧化鋁 (γ -Al₂O₃ 或 η -Al₂O₃) 為載體 (Support or Carrier)，將金屬促進劑 (metal promoter) 鉑 Pt 均勻分散在觸媒表面上，以提高觸媒的活性 (activity)、穩定性 (stability) 及選擇性 (selectivity)。鉑 Pt (platinum) 為重組觸媒的活性中心 (一般含量在 0.3~0.7 wt%)，鉑 Pt 最主要作用是催化氫化反應。當 Pt 含量多時，有較佳的抗毒性，但對觸媒的選擇性，裂解活性無影響。

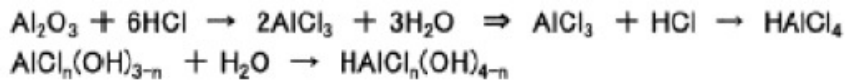
在正常操作時，觸媒表面積會隨著觸媒再生操作週期的增加而減損，觸媒的擔體會因為氫熱處理 (Hydrothermal treatment) 造成觸媒相態轉化， γ -Al₂O₃ 會轉換為 α -Al₂O₃，其次會造成觸媒微孔洞破損 (micropore collapse)。觸媒表面積降低造成 Pt 有效反應基亦跟著降低，造成觸媒活性降低，因此操作一段時間後，需置換新鮮觸媒以保持觸媒活性。另外，觸媒再生操作時，在高溫和水汽的環境下，會助長觸媒表面 Pt 的移動，使 Pt 往觸媒兩端產生凝聚 (agglomeration)，形成較大的 Pt 鉑微晶粒，因此在 CCR 氯化區利用高溫、高氧濃度及適當的氯化物含量 (chlorine 約 1wt%)，使 Pt 鉑微晶粒產生再分散作用。第五媒組與第六媒組工場使用 EDC (二氯乙烷) 作為 chloride 之來源。

本次參訪 TAESAN 公司，針對媒組工場 Green Oil 產生的來源進行討論，並比較 GS Caltex 煉油廠 #1 CCR 工場與大林廠媒組工場之製程，並對壓縮機綠油未來改善提出建議，建議媒組工場比照 GS Caltex 煉油廠 #1 CCR 工場，在 K.O. Drum 與壓縮機之間新增 coalescer，有助於減少綠油之產生與壓縮機之振動。

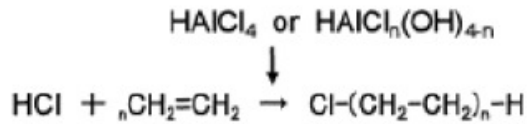
Thomassen compressor 尚未由 Howden 併購前，TAESAN 是韓國的 Thomassen compressor 代理商，韓國地區所有的 Thomassen compressor 的零件提供、技術資源等服務，皆由 TAESAN 公司負責，因此 TAESAN 公司對 Thomassen compressor 累積許多經驗。而 GS Caltex 煉油廠當初綠油清閥的困擾，也是因為 TAESAN 公司提供建議而加裝 coalescer 來解決問題。

Green Oil 產生之機制如下：

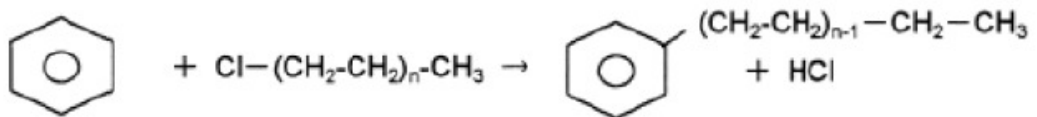
(1) **Formation of catalyst**



(2) **Formation of organic chloride (Brønsted theory)**



(3) **Polymerization (Friedel Crafts reaction)**



CCR 製程中會產生 α -Al₂O₃ 與 HCl， α -Al₂O₃ 與 HCl 反應為 HAICl₄ 與 HAICl_n(OH)_{4-n} 會催化有機氯 Cl-(CH₂-CH₂)_n-H 之形成，有機氯又會與煤組反應之產物苯形成聚合反應形成 Green Oil，因此，Green Oil 產生與製程之操作狀況(溫度與壓力) 與氣體組成相關，即使生成少量的綠油也可能造成氣閥損壞，因為氣閥表面附著高黏度之綠油，開關時間延遲時對氣閥內部構件產生激烈衝擊，易導致氣閥與壓縮機構件損壞。綠油於氣閥與壓縮機組件上之相片請參閱圖 2.1 與圖 2.2。

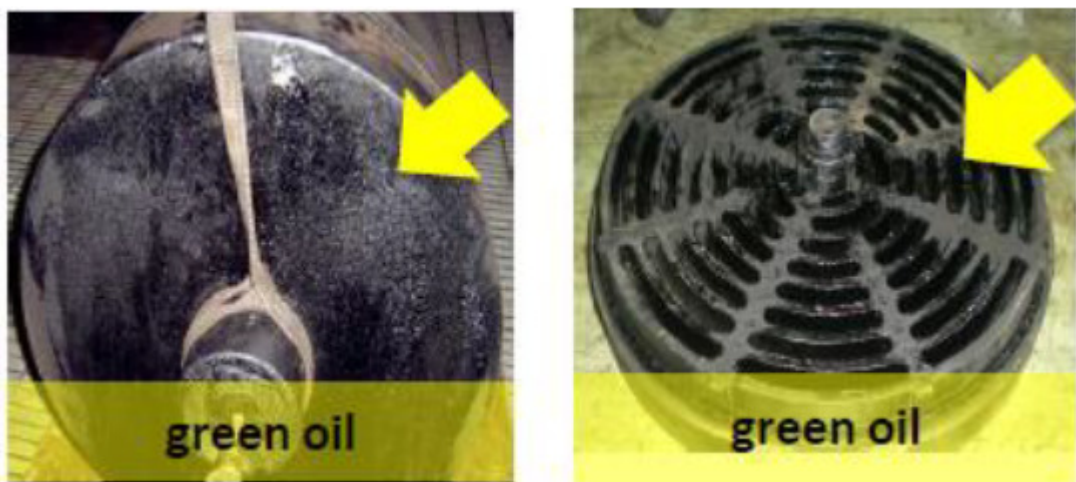


圖 2.1

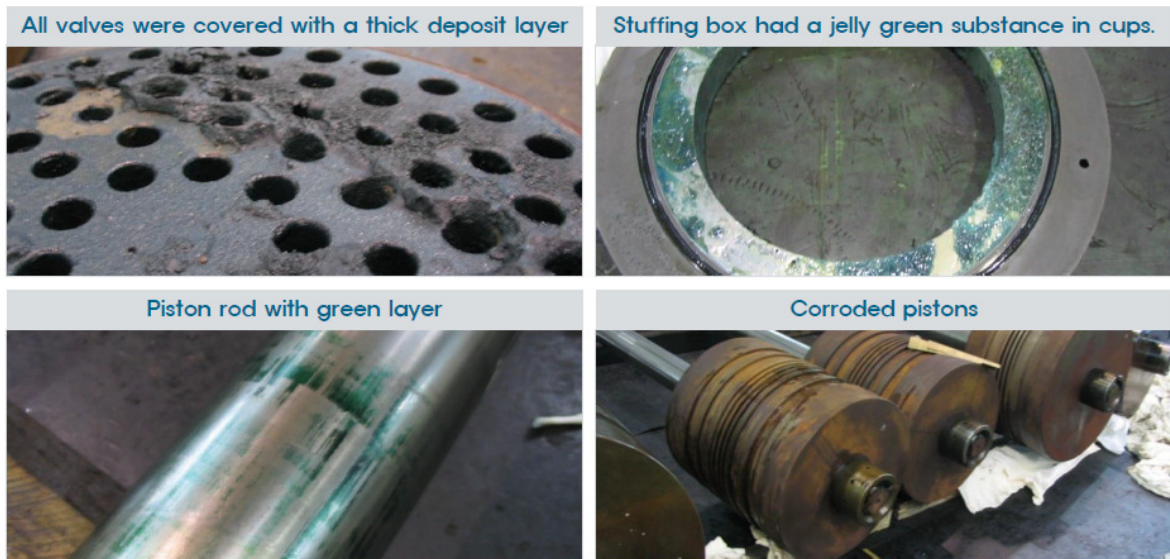


圖 2.2

本次參訪 JFC 公司，聽取 JFC 公司的產品介紹與 Coalescer 之原理簡介後，諮詢 GS Caltex 煉油廠#1 CCR 工場新增 coalescer 內部之構造，內部構件主要分成三部分：

(1)首先 Net Gas 由 coalescer 下方進入 distributor，使 Net Gas 能均勻分配進入中間部分的 coalescer；(2) Net Gas 進入 JFC 公司獨特設計的波浪式之 coalescer，氣體中之液體液滴在上流的過程中，經擋板阻隔凝結成大顆油滴後，藉由重力流下至 coalescer 底部，Net Gas 再往上經由濾心過濾；(3) Net Gas 由下往上通過濾心不但去除固體懸浮物 (particle < 0.3 μ m)，亦提供更長的滯留時間提升氣液分離效果，Net Gas 再往下流出 coalescer，通往壓縮機進口。Coalescer Filter 設計資料與組立圖皆為 JFC 公司之 know how，所以只於會議中提供紙本資料討論，會後即收回，故僅繪出 Coalescer Filter 構造簡圖，供媒組工場未來改善作為參考。

Coalescer Filter 相關構造簡圖

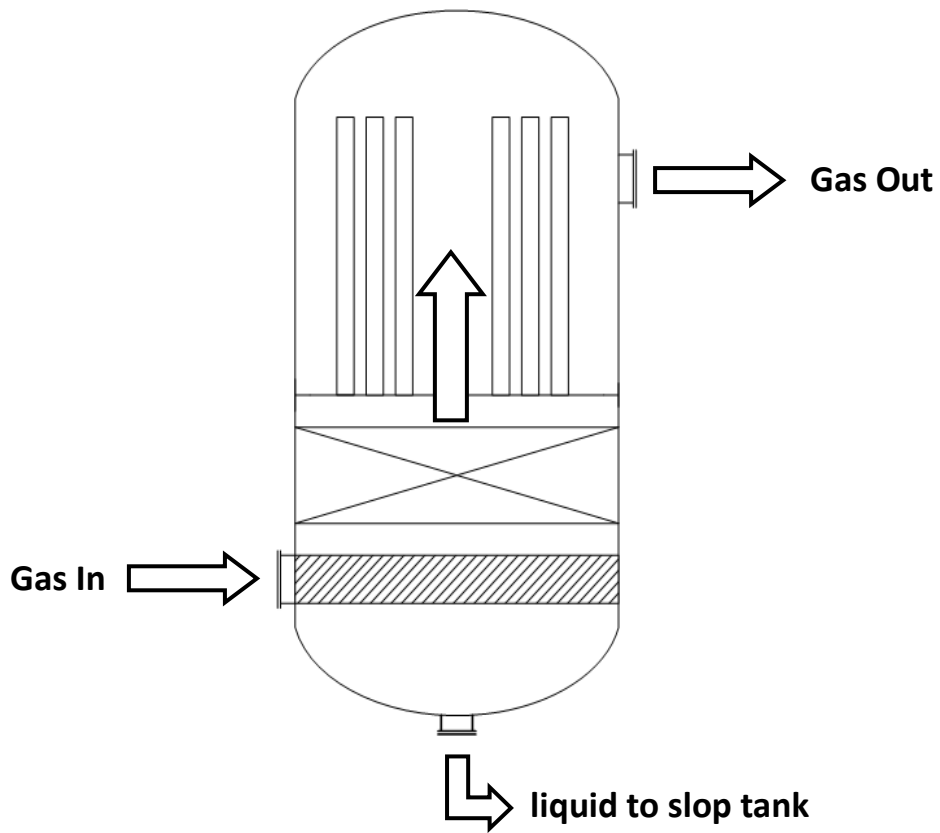


圖 2.3 Coalescer Filter 構造簡圖

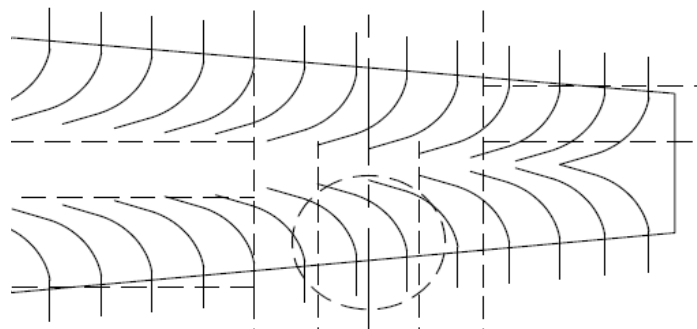


圖 2.4 distributor 示意圖

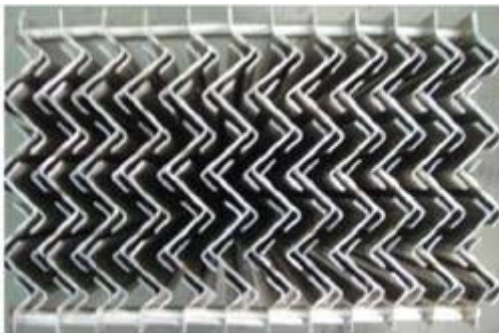


圖 2.5 Coalescer 構造示意圖



圖 2.6 Filter 成品相片

GS Caltex Coalescer Filter 設計與操作資料

Coalescer Filter 安裝目的：Liquid Removal > 99.9%

		Design	Operation
Temperture	°C	120	37
Pressure	kg/cm ² -G	6.2	4.5
△P clean	kg/cm ²	0.1	
△P dirty	kg/cm ²	0.35	
Sp. Gr.		0.285	
Volume	M ³	7.914	
Flow Rate	NM ³ /h	100,000	



圖 2.7 JFC 人員組裝 Filter 相片



圖 2.8 JFC 人員銲接作業相片

(五) 參加第 21st 韓國轉機研討會並參訪 Howden Korea 公司

轉機研討會議題：Vibration of Vertical Pump

常見原因及避免方式：

- Resonance(共振)

當立式泵在特定頻率底下，比其他頻率引起更大的振幅，使振動放大。

避免方式：

設計泵浦時會確保泵浦運轉過程中，不能和其自然頻率相同，否則共振就會產生導致破壞。

- Mechanical Unbalance(轉子不平衡)

不平衡是各種旋轉機械中最普遍存在的故障。據統計，轉動機械約有近 70%的故障與轉子不平衡有關。引起轉子不平衡的原因可分為安裝前或運轉後兩類：

- (1) 安裝前的因素：如轉子的結構設計不合理、機械加工質量偏差、裝配誤差、材質不均勻、動平衡精度差，皆會影響安裝後轉子不平衡。
- (2) 運轉後聯軸器位置改變或轉子部件缺損(腐蝕、磨損、不均勻結垢、零件脫落)，亦會影響運轉後轉子不平衡。

避免方式：

轉子定期噴砂清潔、施作動平衡校正，確實安裝至定位。

- Misalignment (對心不良)

馬達或透平機由聯軸器傳遞動力至轉動設備上，對心不良會使設備振動大，並使其聯軸器及軸承、馬達壽命減短。

避免方式：

安裝設備時需確實對心至標準值，並考慮量錶的靈敏度問題、夾治具的設計問題、中間軸撓性下垂問題、預留運轉後機台熱脹之問題。使驅動端軸中心與被驅動端軸中心調整至標準值，一般來說對心的標準值約為 0.05mm 內。

- Shaft Bending(軸彎曲)

重力效應或運轉中的轉軸表面因受熱分布不均的影響，會導致軸產生彎曲的現象，經由長時間潛變，造成軸心產生塑性變形。

避免方式：

拆修中的轉軸需作軸直度檢查，一支轉軸作多點的 Runout 量測，確認軸向偏轉量在標準內才能安裝，否則需要更換轉軸。



圖 2.9 韓國轉機研討會相片

參訪 Howden Korea 公司：

介紹 Howden 歷史及服務範圍，Howden 公司為美商 Colfax 之子公司，負責大型壓縮機系統設備。專為煉油石化廠、鋼廠、電廠提供壓縮機銷售及維修。Howden Korea 公司主要的產品為 Fans、Heaters、Compressors、Blowers、Steam Turbines，前四項設備大林廠皆有 Howden 產品。

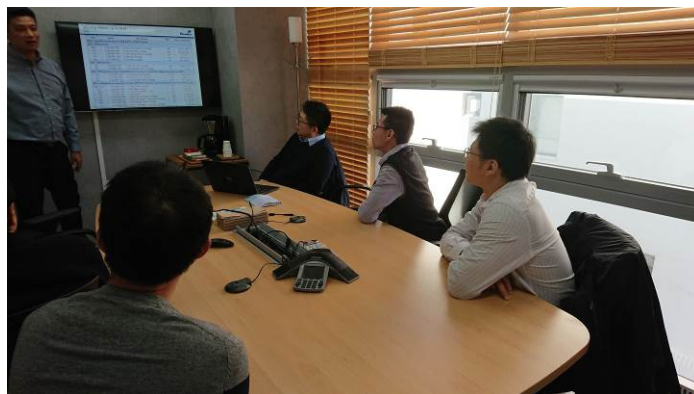


圖 2.10 參訪 Howden Korea 公司相片

三、心得及建議

(一) 心得

韓國與台灣在半導體產業與石化產業上有許多近似處，本次公務出國參訪韓國煉油廠，搭車進入麗水市石化工業區後，花費十數分鐘方抵達 GS Caltex 煉油廠，工業區靠近海邊，進口出口方便，沿途諸多石化上下游工場，在進料或產品輸送之能源耗用之節省與調度彈性上，明顯感受到工業區整體規劃遠勝於台灣；工業區附近亦無商業區或民宅區，工安與環保上對居民之影響降至最小，讓人十分羨慕。

進入 GS Caltex 煉油廠後，進行工安教育訓練後，入場來賓必須交出手機，櫃台小姐會以特殊貼紙黏住手機之前後鏡頭，禁止廠區內拍找可防止機密外流。換證感應刷卡後由工場工作人員帶入廠區，嚴密的訪客進廠管理制度亦值得仿效。工場區管架上管線標誌做得非常完善，管線的保溫管理也做得讓人讚賞，沿路也沒有看到 steam trap 排放的蒸汽，工場內的 5S 保持非常好，地面上鮮少看到油液。路上看到 RFCC 工場煙囪的排放，與廠內的 RFCC 的煙囪相當近似，大量的蒸汽與少許藍煙拖尾，但 RFCC 工場位於 GS Caltex 煉油廠內部深處，故不會造成外界觀感不佳問題。會議討論時，工程師可以迅速找出壓縮機與氣閥之維修時間與故障原因，在維修管理系統這塊做得非常好。且工程師英文的口語流利，對答如流，讓人印象深刻，感覺台灣與台灣中油有許多方面需要再加強努力，提升國際競爭能力。

(二) 建議

- (1) 媒組工場 revamping 時煉量增加，但緩衝槽皆無放大，製程氣體在淨氣壓縮機緩衝槽之滯留時間降低，氣液分離效果變差，導致綠油產生附著在氣閥與壓縮機進口濾網，新增 coalescer filter 可改善氣液分離效果，減少氣閥 Green Oil 清理頻繁問題。GS Caltex 氣閥主要綠油影響位置在第一級壓縮機出口氣閥，與媒組工場不同，新增 coalescer filter 之改善效果難以評估，性能驗收難以數據量化。

- (2) 媒組工場目前正在評估安裝新的冰水系統以冷卻壓縮機出口淨氣，避免高溫加速綠油產生，因冰水系統設備投資成本較高，且後續操作成本較冷卻水系統更加高昂，建議第五媒組工場 2020 年歲修時，優先新增 coalescer 後，觀察後續成效後再決定是否要安裝冰水系統。