

出國報告（出國類別：開會）

參加 14th T.EN/Axens 流體化觸媒 裂解研討會

服務機關：台灣中油煉製事業部 大林煉油廠

姓名職稱：蔡冠男 工場長

莊友豪 工程師

派赴國家/地區：泰國/曼谷

出國期間：112/2/19~112/2/24

報告日期：112/3/20

摘要

煉油廠的重油煤裂工場為將分子量大的重油經高溫酸性觸媒裂解反應，把重油轉化成分子量小的輕質油品，其中以汽油為主要產品，過去 FCC 製程和觸媒不斷改進以滿足快增長的運輸燃料需求，但當前電動汽車市場的增長會使運輸燃料需求量呈現下降趨勢，而石化產品需求將繼續增長，FCC 相關製程可以靈活地改變裂解產品的產量，石化 FCC 技術可以是一個有吸引力的選擇，這次出國行程是參加 Technip 和 Axens 於泰國曼谷香格里拉飯店舉辦的 14th FCC Forum，議程主要是市場前景分析、FCC 製程在能源轉型中的作用、高丙烯觸媒配方、FCC 製程減少二氧化碳的路徑以及 FCC 相關廠商設備介紹與工場經驗分享。

目錄

一、目的	4
二、過程	6
三、具體成效	7
1、HS-FCC(High-severity fluid catalytic cracking)	4
2、觸媒	11
(1)丙烯最大化的關鍵是什麼?	11
(2)原位(in situ)觸媒在商業應用中表現出優異的耐鐵性	11
3、ZymeFlow	12
4、FIV(flow induced vibration)	13
5、煉油廠脫碳(decarbonization)	13
四、心得及建議	15
1、心得	15
2、建議	15

一、 目的

Shaw Stone & Webster(Technip Energies)的重油觸媒裂解(Residue fluid catalytic cracking)製程技術具有許多設計特點，如下圖 1 所示，其中包括：兩階段再生(two-stage regeneration)、進料噴射技術(feed injection technology)、升舉管分離系統(riser separation system)、汽提床(stripper packing)、2 座觸媒冷卻器(catalyst coolers x 2)和抽取井(withdrawal well)，諸多設計使大林廠重油煤裂工場可在各種進料上實現操作靈活性，而本場於 2012 年底開始操作，這次受邀參加製程廠家聯盟舉辦的 FCC Forum，除了分享加工頁岩油(shale oil)經驗、消除 RSS 人孔和高丙烯與高 LCO 觸媒實際應用結果以外，也希望透過研討會了解 FCC 最新製程資訊，並與 FCC 相關廠商交流，持續改善工場製程，同時增加公司在國際的知名度。

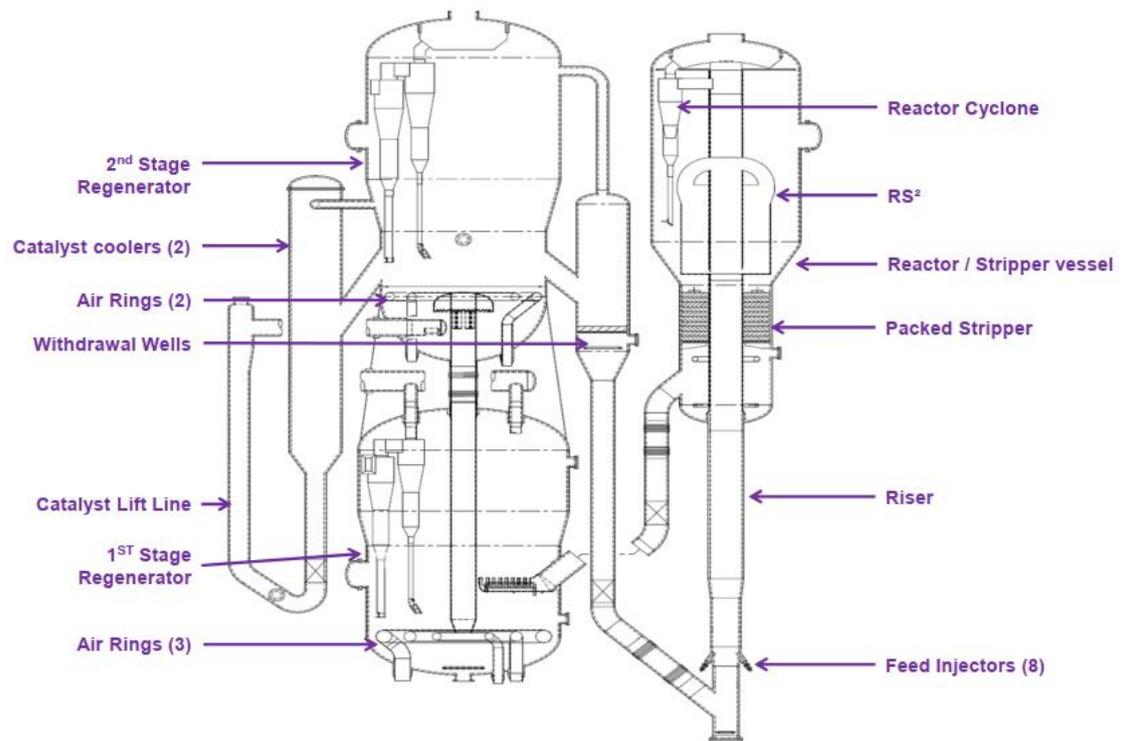


圖1 大林廠重油煤裂工場構造圖

二、 過程

- 1、 112 年 2 月 19 號：啟程至泰國曼谷蘇凡納布機場。
- 2、 112 年 2 月 20 號：註冊和參加歡迎酒會。
- 3、 112 年 2 月 21 號：參加研討會。
- 4、 112 年 2 月 22 號：參加研討會。
- 5、 112 年 2 月 23 號：參加研討會。
- 6、 112 年 2 月 24 號：返程至台灣高雄小港機場。

三、 具體成效

這次研討會參加人數接近 200 人，參加人員有 FCC 製程廠家、觸媒廠商、相關設備廠商和工場人員，T.EN 現場展示桌如下圖 2 所示，以下針對研討會內容進行說明。



圖2 14th FCC Forum

1、 HS-FCC(High-severity fluid catalytic cracking)

在煉油廠中，FCC(fluid catalytic cracking)是將低質量和重質碳氫化合物分子初步轉化為更有價值和更輕質分子的樞紐，可以選擇性地以從 VGO 和殘渣進料中

生產汽油或丙烯為目標，目前全球超過 30%的丙烯供應來自 FCC 相關製程(FCC、RFCC 和 DCC)，而對包裝、消費品等需求的增加將使 FCC 丙烯需求繼續增長，但傳統的 FCC 操作以最大汽油產量為目標，並沒有使丙烯產量最大化，為了響應市場需求，沙烏地阿美(Saudi Aramco)及其合作夥伴開發的 HS-FCC 技術可以顯著提高丙烯產量，最終在日本自 2011 年開始運行 3000 桶/天的半商業化裝置，如下圖 3 所示。



圖3 HS-FCC 半商業化裝置

HS-FCC 的主要操作特點是下流式反應器系統、高反應溫度、短滯留時間和高觸媒/油比以及改進的分離器系統，如下圖 4 和下表 1 所示，獨特的下流式反應器系統可確保無觸媒返混，如下圖 5 所示，從而提高對輕質烯烴的選擇性，HS-FCC 可滿足各種進料對丙烯的高需求，且提供高辛烷值的裂解汽油。

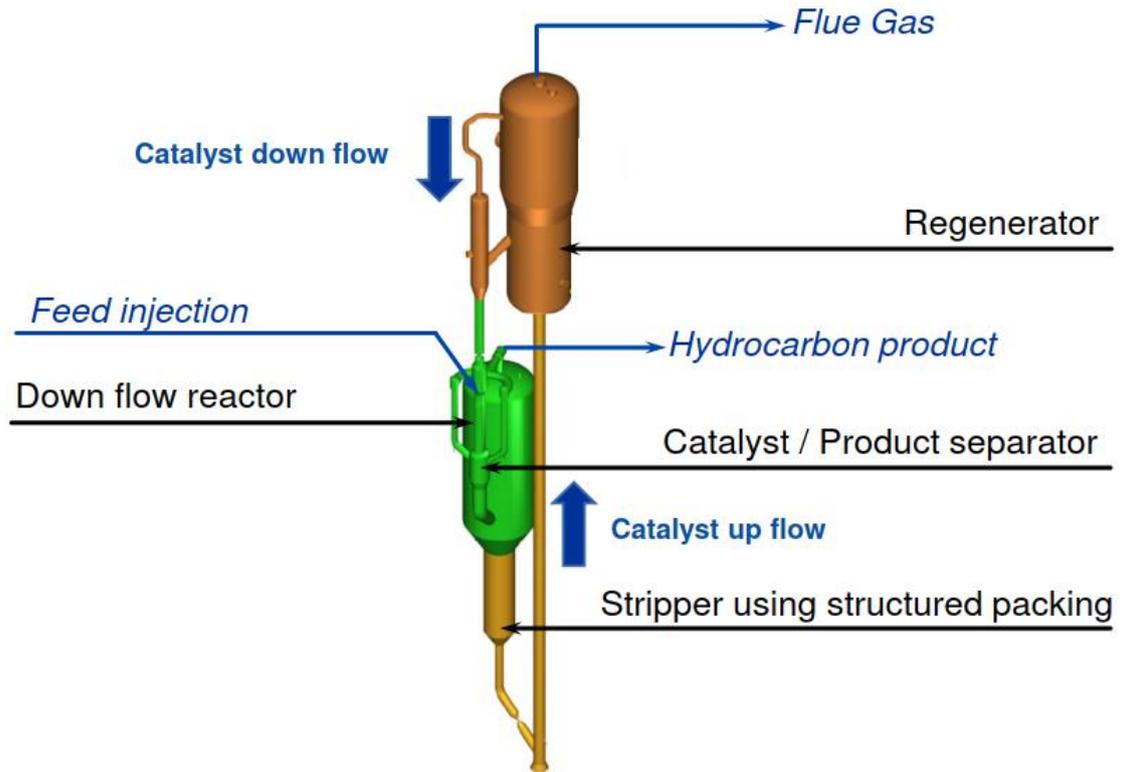


圖4 HS-FCC 技術

	FCC	HS-FCC
反應溫度(°C)	500~550	550~650
滯留時間(秒)	2~5	0.5~1.0
觸媒/油(wt/wt)	5~8	20~40
反應器流向	向上流動	向下流動

表1 FCC 和 HS-FCC 的操作條件

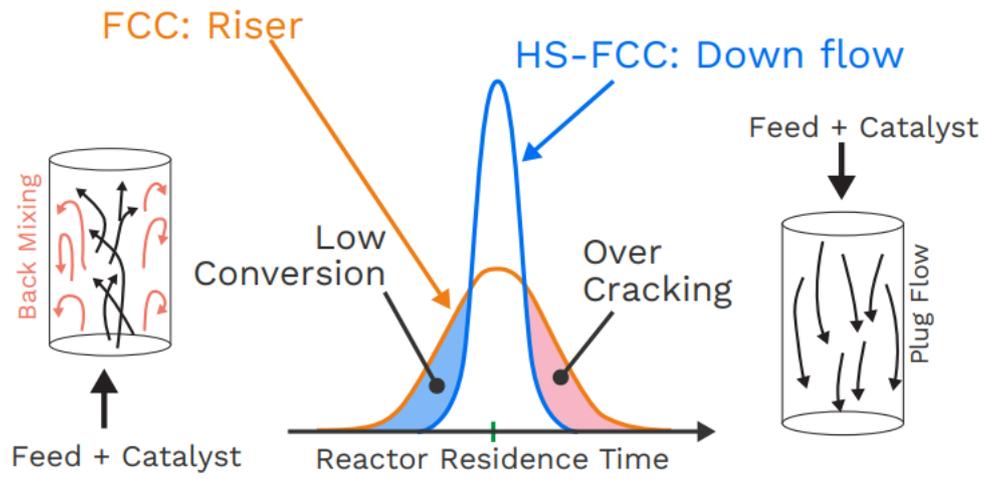


圖5 傳統升舉管 vs HS-FCC 下降流

2、 觸媒

(1) 丙烯最大化的關鍵是什麼？

COVID-19大流行減少了全球對石油衍生的運輸燃料需求，但對輕質烯烴的需求仍在繼續增長，丙烯是石化行業的基石，是一種需求強勁的化學品，丙烯通常利用steam cracking和FCC來生產，FCC在滿足全球日益增長的丙烯需求方面發揮著越來越重要的作用，丙烯最大化的關鍵是最低限度的氫轉移(hydrogen transfer)，氫轉移是一種雙分子反應，氫從環烷烴(naphthenes)轉移到烯烴(olefins)，產生烷烴(paraffins)和芳香烴(aromatics)，氫轉移和過度裂化反應消耗了有價值的汽油-烯烴(gasoline-olefins)前驅物，從而消除了丙烯形成的重要來源，煉油廠和觸媒製造商面臨的挑戰是最大限度地提高進料分子向汽油烯烴前驅物的轉化率，最大限度地提高前驅物向丙烯的後續裂解，並最大限度地減少消耗丙烯前驅物的不良競爭反應。

(2) 原位(in situ)觸媒在商業應用中表現出優異的耐鐵性

緻密油(Tight oil)通常含有大量鐵，在操作上鐵會帶來許多問題，FCC觸媒上的鐵沉積與觸媒外部結核(nodules)的形成有關，如下圖6，它可以改變顆粒堆積特性，也可以作為再生器中CO到CO₂反應的弱促進劑，或者作為弱脫氫觸媒，導致更高的氫氣和焦炭產率，重要的是在確定鐵含量時，必須考慮污染鐵的量，而不是總鐵量，所有新鮮觸媒都含有來自原始材料的固有鐵，然而煉油廠監測的是ecat上污

染鐵含量，污染鐵含量為總鐵含量減去新鮮觸媒鐵含量，但BASF宣稱原位觸媒的活性和產物選擇性並沒有受鐵濃度影響，孔隙體積(pore volume)和LCO/CFB沒有因高鐵濃度而下降，最後認為也許incorporated觸媒的粘合劑(binder)會與鐵發生有害的相互作用，原位觸媒使用Y型沸石(Y zeolite)為粘合劑。

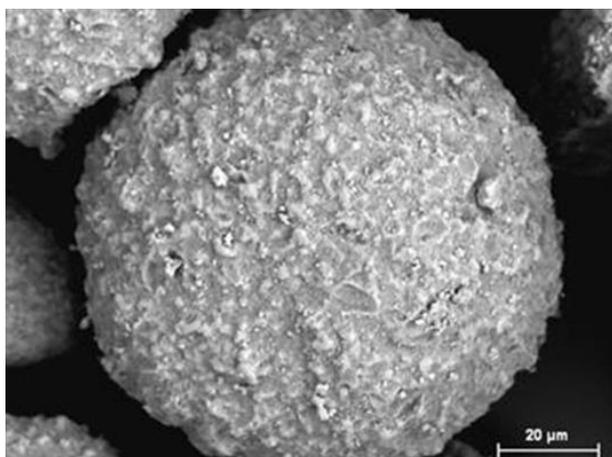


圖6 鐵結核的觸媒

3、 ZymeFlow

ZymeFlow Decon Technology 是碳氫化合物製程設備進入、檢查和維護淨化領域的全球領導者，ZymeFlow Process 可以通過同時脫油同時消除發火的硫化鐵(FeS)、硫化氫(H₂S)、苯和其他爆炸性氣體(LEL)來為設備的進入做準備，使用的獨特化學物質具有中性 pH 值，對廢水安全並且與所有製程設備相容，提供煉油廠更快速，更安全的人槽環境，2023 年大修將嘗試使用以避免 2019 年 9 月主塔頂部硫化鐵自燃再發生，未來甚至可以評估操作中清洗 slurry pumparound 換熱器，而 ZymeFlow 化學物質在液相、氣相和泡沫相中具有活性，可作為水溶液應用於循環、沸騰或通過專有的氣相淨化製程，使用標準蒸汽吹驅程序將產品直接注入設備或設備的蒸汽源。

4、 FIV(flow induced vibration)

T.EN 機械部門的 Matt 在簡報中指出 DDSV(double disk slide valve)下游是耐火材料常常損壞的位置，其位置剛好跟 2019 年大修與 2022 年小修耐火材料損壞的位置如出一轍，如下圖 7 所示，該位置因煙道氣通過 DDSV 和 orifice 壓力降低流速增加有發生 FIV 的可能性，而耐火材料損壞的原因有耐火材料選擇不當、施工品質欠佳和 FIV 等，當同一位置重複出現耐火材料連同鉤釘(anchors)損壞，此時應懷疑是否為 FIV，這部分可以由 T.EN 協助分析，FIV 可以透過夾具支撐(clamp supports)和液壓減震器(hydraulic dampers)減輕。



圖7 PV-1015 與下游煙道氣管線的焊道處有大面積耐火材料損壞

5、 煉油廠脫碳(decarbonization)

脫碳是通過使用低碳能源減少二氧化碳排放，從而減少排放到大氣中的溫室氣體(greenhouse gasses)，減少煉油廠使用化石燃料(fossil fuel)產生的溫室氣體排放，初步可以提高能源效率和製程改進，以節省能源和減少燃料使用，而要顯著改善溫室氣體排放量則需要大量資本投資，可以透過採用生質燃料

(biofuels)、再生能源(renewable energy)和電氣化(electrification)來取代製程中的化石燃料，另一種方法是減少現有的化石燃料碳排放，煉油廠可以通過在現有的製程上使用碳捕捉(carbon capture)，或在氫氣工場上附加碳捕捉來生產用於全廠的低碳氫燃料。

隨著減少溫室氣體排放和脫碳的壓力越來越大，煉油廠已開始探索協同處理（co-processing）可再生和可回收原油以取代傳統的化石原料，新進料帶來了一些挑戰(例如：額外的金屬污染物、原料化學成分的差異等)，而FCC對金屬污染物和各種進料的忍受能力非常適合協同處理這些可再生和可回收原油，芬蘭納斯特石油公司(Neste)已有用植物油加工生產再生柴油(renewable diesel)和永續航空燃料(sustainable aviation fuel)，可將溫室氣體排放量大幅減少，該公司是世界上最大的可再生柴油生產商。

四、 心得及建議

1、 心得

環境問題和嚴格政策將導致未來石油衍生燃料的使用大幅放緩，而石化產品需求在可預見的未來不會停止增長，使得 crude oil-to-chemicals(COTC)開始受到關注，減少運輸燃料提高石化原料，許多煉油廠 FCC 製程已經在調整其生產模式，像是增加丙烯的產量，未來幾十年能源和石化市場將面臨一次非常重要的重塑，FCC 相關製程增產丙烯將變得越來越重要。

感謝公司給我們這次出國研習的機會，也因這次研討會的機會接觸到一家日本耐火材料廠商 AGC，這幾年我們有反應器和再生器熱斑(hot spots)的問題，廠商有告訴我們 FCC 設備形成熱斑的原因包括觸媒侵蝕和熱應力與應變，熱彎曲應力和應變會打開現有裂縫或形成足夠大的新裂縫使觸媒循環通過，從內到外侵蝕鋼材，並建議當鋼外殼溫度過高時，需要以冷卻蒸汽來降溫，往後若有這類研討會，公司應繼續派現場同仁參加，不僅能提升同仁的專業知識，也能拓展國際視野。

2、 建議

這次研討會期間有一個專屬的 APP 可以自由地向講者提問，大家透過交流與經驗分享，深感獲益良多，以下為建議事項：

- i. 考慮與原廠簽訂技術服務協議(technical services agreement)，合作內容涵蓋提供 FCC 相關製程最新設計資訊、協助解決工場操作碰到的問

題和分享其它 FCC 相關工場操作遇到的問題等，舉例來說，像是用於大型 FCC 再生器的新型蘑菇頭(mushroom)設計、DDSV 下游管線有發生 FIV 的可能性或是其它工場加工頁岩油遇到的挑戰，如果有類似的問題，我們可以提早改善，以降低非計畫性停爐的機率。

- ii. 減碳可以從氫氣工場開始，因為氫氣工場和 FCC 相關工場的煙道氣中二氧化碳濃度最高，碳捕捉是解決煙氣中 CO₂ 排放的方法，在單點源上進行碳捕捉來顯著減少碳足跡，其中包含將二氧化碳從排放源中捕捉並分離出來、將二氧化碳運輸到儲存地點以及將二氧化碳注入地底的儲存庫，但 FCC 煙道氣中有觸媒和諸多雜質，執行起來較為複雜，緩不濟急。