

HAS社의 大型 암모니아工場

(Nitrogen No.199 September-October 1992)

〈 編輯者 註 〉

하이드로 아그리 슬루이스킬社가 操業하고 있는 1,750t/d容량의 大型 암모니아 工場 유닛 E는 1992年 8月로서 生産 5周年이 되었다. 같은 期間중 이 工場の 年間 生産實績은 計劃量보다 15%를 초과 달성하였고 稼動率은 97%이었으며 단위 에 너지消費量은 6.92Gcal/t이었다.

前에는 NSM으로 알려진 네덜란드의 하이드로 아그리 슬루이스킬社(HAS)는 1992年 8月로서 1,750t/d容량의 大型 암모니아工場(유닛 E)이 稼動에 들어간지 滿 5周年이 되었다. 따라서 우리는 이제 日曆年數로 滿 4年間的 運轉成績을 이용할 수 있게 되었다. 同期間中 이 工場の 年生産量은 지속적으로 600,000屯 이상을 달성하였는데 1991年의 生産量은 665,000屯이었다. 이 工場の 建設契約者는 Brown & Root Braun社(B & RB)로 알려진 Santa Fe Braun社이었다. HAS社의 암모니아유닛 E는 B & RB社가 建設한 다섯번째의 암모니아工場이다. 암모니아유닛 E는 1984년에 稼動하기 시작했던 유닛 D와 유사하게 設計한 것이다.

암모니아유닛 E를 設計하는데 있어서 拮目할만 한 成就是 엔지니어링이나 資材調達 및 工場建設에 所要되는 總工期를 17個月이라는 짧은 期間으로 압축한 것이다. 대체적으로 이와같은 규모의 工場을 建設하는데는 始作에서 完工까지 약 36개월이 所要

된다. B & RB社와 顧客인 HAS社는 工期를 단축하기 위하여 合同事業팀을 구성하고 革新的인 엔지니어링技法을 사용하였다. 資材의 調達이나 工場建設 그리고 始運轉計劃도 매우 效率的으로 調整하여 실시하였다.

本文은 암모니아유닛 E의 生産量을 높은 수준으로 달성하기 위하여 사용한 브라운 퓨리파이어工程(Braun Purifier Process)에 대하여 간단하게 記述하고 이 프로젝트를 開始한지 17개월만에 工場을 稼動할 수 있게 한 工場建設의 節次를 다시 한번 검토해보는 동시에 끝으로 최근의 生産現況과 效率에 대하여 밝혀보고자 하는 것이다.

○ 背 景

HAS社는 1929년에 設立되었으며 1930年 12월에 隣近 코크스工場에서 生産된 코크스-오븐가스중의 水素를 사용하여 최초로 암모니아를 生産하기 시작하였다. 1960年代 中반에 네델란드北海의 가스田에서 나오는 天然가스를 使用할 수 있게 되자 HAS社는 암모니아生産施設을 擴張하기 시작하였다. B & RB社가 設計하고 建設한 스팀-메탄改質工場 A와 B가 1966年 및 1977년에 각각 추가되었다. 따라서 HAS社의 전체적인 암모니아 生産容量은 350,000t/a으로 늘어나게 되었다. 이때 B & RB社의 엔지니어들은 브라운 퓨리파이어工程을 개발하게 된 것이다. 1969년에 HAS社는 350,000t/a容量의 암모니아 유닛 C를 建設하기로 B & RB社와 契約을 締結하였다. 이 工場을 브라운 퓨리파이어 工程의 새로운 技術을 사용하게 된 것이며 HAS社의 암모니아生産容量은 700,000t/a으로 증가되었다.

1981年까지 HAS社의 암모니아生産量은 需要를 따르지 못 하였다. 암모니아유닛 A와 B의 生産壽命은 거의 끝나가고 있었으므로 HAS社는 새로운 암모니아工場의 建設에 대한 經濟性評價를 검토하기 시작하였다. 사용할 수 있는 工程의 검토를 일단 끝낸후 HAS社는 1,500t/d容量의 新工場을 암모니아유닛 D에 브라운 퓨리파이어工程을 適用하기로 決定하였다. 工場建設事業을 시작한후 1984年 2月末까지 27개월만에 암모니아

유니트 D는稼動에 들어갔으며 그로부터 2주일이 지난후 設計容量으로 運轉하게 되었다. 그 당시 工場建設事業을 시작한후 27개월만에 준공되었다는 개념은 매우 주목할만한 成功이라고 생각되었다. 그러나 이것은 더 짧은 工期로 암모니아유니트 E를 建設하기 위한 스케줄을 짜는데 중요한 실마리가 되었다. 顧客社와 契約社 雙方은 엔지니어링이나 建設管理方法을 修正하기로 合意하였으며 따라서 더 짧은 建設스케줄을 가지고 工事を 實施할 수 있게 되었다.

HAS社는 1985年 中半까지 4基의 암모니아工場(유니트 A-D)을 運轉하여 年産 120萬屯의 암모니아를 생산하게 되었다. 이때 암모니아유니트 A와 B는 大補修를 하거나 裝置를 交替해야 할 시기에 이르고 있었다. 이 工場들의 豫상 수명은 약 2年밖에 남지 않았으므로 HAS社의 經營진은 새 工場의 建設計劃을 수립하게 되었다.

○ 挑 戰

顧客社와 建設契約社는 다음과 같은 몇가지 外見上 相反되는 要求條件에 合致되어야 한다.

(1) 新工場은 1,500t/d容量의 유니트 D에서 발견된 문제점을 제거한 變形으로 되어야 한다. 이 工場은 여름철의 大氣條件下에서 최소한 1,750t/d의 生産을 할 수 있어야 한다(유니트 D의 生産容量은 이 工場의 에어컨으로 인해서 障礙를 받고 있었다). 주변 大氣의 濕度가 시원한 條件下에서 성능시험을 하였는데 이 工場의 生産能力은 1,690t/d으로 나타났다. 그러나 1985年 여름에 성능평가를 하였을 때는 最大生産能力이 1,660t/d로 나타났다. 이 生産量중 80t/d는 곧 稼動停止하게 될 유니트 A와 B의 퍼지가스를 사용하여 生産되고 있었던 것이다. 따라서 유니트 E에 사용하게 될 모든 空冷式 열교환기는 최대한의 性能으로 再設計되어야 한다.

(2) 新工場은 유니트 D보다 效率이 높아야 되는데 이 效率은 天然가스의 단위 소비량이 낮아야 하는 것이다.

(3) 部品에 대한 資本的 支出을 최소화하기 위하여 이 工場의 設計는 될 수 있는 대로 많은 部品을 유니트 D에 使用한 部品과 같은 것으로 하여야 한다.

(4) 新工場은 舊工場 A와 B를 運轉停止한 후 곧 바로 運轉할 수 있도록 建設되어야 한다.

(5) 新工場의 建設費는 유니트 D의 建設費를 초과해서는 안 된다.

1985年 가을에 B & RB社는 유니트 D에 대한 夏節期의 運轉成績을 評價하였다. 裝置의 配置面積을 조금도 늘리지 않고 空冷式 熱交換器의 容量을 늘리기 위하여 工程의 變數와 技術에 대한 진단을 하였다. 1985年 10月末까지 B & RB社는 HAS社에게 前記한 맨 앞의 세가지 要求條件에 맞는 工程計劃書를 提出하였다.

HAS社가 이 計劃書를 검토하는 동안 B & RB社는 短縮工期의 스케줄로 工場을 建設하고 事業費를 確認하기 위한 業務計劃을 開發하였다. 그들은 事業을 개시하기 前에 모든 주요 장치와 下都給契約에 대한 入札書를 받는 時間을 사용하였다. 同年 11월에 HAS社는 工程計劃書를 승인하고 주요 照會業務의 進行을 브라운社에게 위임하였다.

○ 브라운 퓨리파이어工程

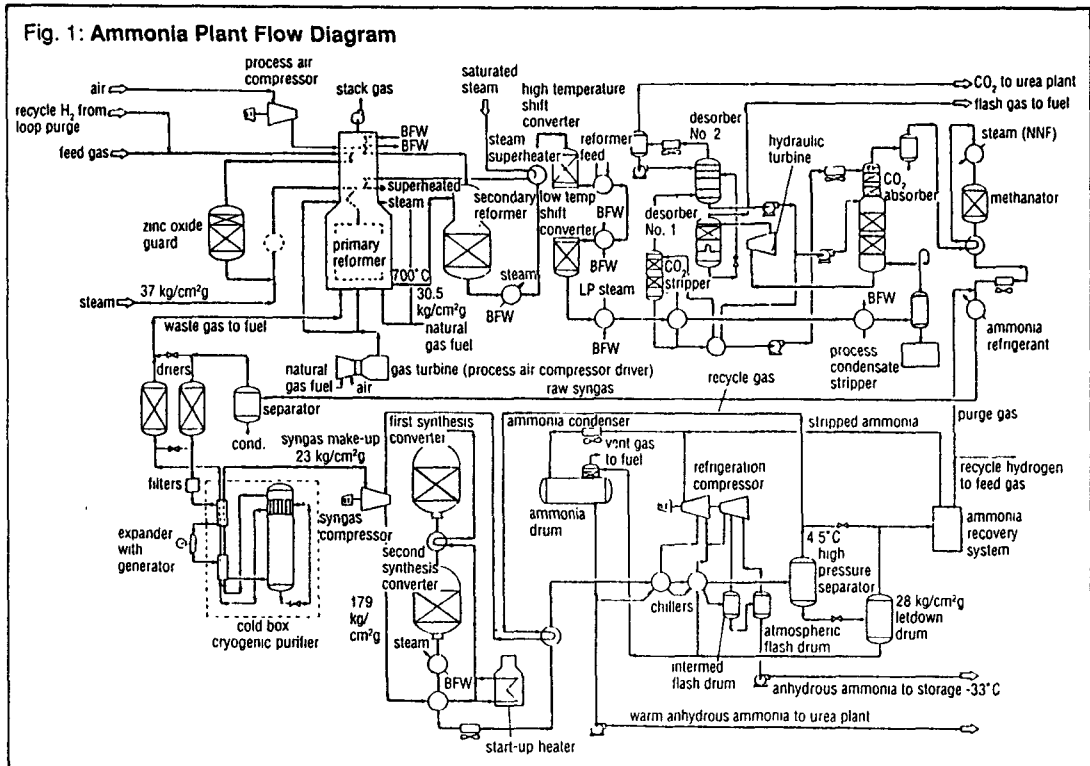
B & RB社가 면허를 받은 브라운 퓨리파이어工程은 최초로 商業的 認定을 받는 암모니아製造用 低에너지工程이었다. 이 工程은 天然가스의 價格上昇에 對處하기 위하여 1964년에 처음으로 考案한 것이다. 이 工程을 최초로 使用한 암모니아工場은 1966년에 캘리포니아에 建設되었는데 生産容量은 680t/d이었으며 에너지消費量은 약 8Gcal/t이었다. 이것은 오늘날의 標準 에너지 消費量에 比하면 높은 것이었지만 그 당시에는 대부분의 암모니아工場이 在來式 設計를 使用하였으므로 에너지消費량이 10~12Gcal/t이었으며 이를 줄이기 시작한 대표적인 것이었다.

그후 이 퓨리파이어工程을 使用한 많은 工場이 建設되었는데 현재 稼動중인 것은 2基만이 남아 있다. 퓨리파이어工程設計의 融通性에 대한 상세한 說明은 Nitrogen誌

1989年 10/11月號(181卷)에 소개되어 있다. 퓨리파이어공정을 사용한 工場의 累積的인 運轉經驗은 현재 약 130년에 달한다. 캘리포니아에 있는 B & RB社의 최신 암모니아工場 3基는 모두 같은 퓨리파이어공정을 사용하고 있다. 3基中 1,000t/d容량의 2基는 거의 完工되었고 나머지 1基는 현재 建設중에 있다.

○ 工程의 段階

브라운 퓨리파이어공정의 部門別段階는 原料의 脫黃部門, 1次改質部門, 2次改質部門, CO가스의 高溫-低溫轉化部門, CO₂精製部門, 壓縮部門 및 合成部門으로 되어 있다. 工程의 모든 裝置는 單一系列(Single train)로 되어 있다. Fig.1은 이 工程의 흐름을 나타낸 것이다. 이 工程의 몇가지 주요 특징을 보면 다음과 같다.



○ 마일드改質

窒素의 量論的 所要量보다 약 50%를 더 얻기 위하여 2次改質部門에서 過剩空氣가 使用되는데 結果的으로 여기서 많은 熱이 發生된다. 따라서 이것은 1次改質部門의 放射能(Radiant duty)이 상당량만큼 줄어든다는 것을 의미한다. 1次改質爐의 出口온도는 700°C이하인데 재래식 암모니아工場에서는 825°C이었다. 改質爐의 溫度를 낮게 유지하는 것은 튜브의 수명을 延長해 주게 된다. 2次改質爐에서 放出되는 熱은 完全하게 利用되기 때문에 燃料의 消費量도 減少된다.

○ 極低溫 퓨리파이어

極低溫 퓨리파이어를 使用하여 合成가스중의 모든 不純物을 근본적으로 제거하는 것은 재래식 암모니아工程을 크게 改善한 것이다. 高純度로 정제된 合成ガス는 주어진 觸媒의 體積에 대한 암모니아合成루프의 壓力을 퍼지가스의 量도 줄어든다. 이것은 合成ガスを 壓縮하는데 필요한 動力도 節減된다. 퍼지가스를 合成루프에서 퓨리파이어시스템으로 되돌아가게 한 것도 상당한 절약이 된다. 이 段階는 合成ガ스의 큰 損失을 제거해 주는 것이며 改質部門과 精製部門의 크기와 運轉費를 감소시켜 주는 것이다.

퓨리파이어에서 제거된 合成가스중의 메탄은 燃料로 使用되기 때문에 極低溫 퓨리파이어工程의 使用은 2次改質爐에서 나오는 粗合成가스중에 메탄함량이 다소 많아도 무방한 것이다. 2次改質爐의 出口溫度는 재래식 改質爐보다 100°C이상이 낮으며 1次改質爐에 供給되는 熱量은 상대적으로 적어지게 되는 것이다. 合成가스중에 들어 있는 미량의 水分이나 2酸化炭素를 완전히 제거해 주는 것은 암모니아合成觸媒의 性能이나 수명을 높여주게 된다.

○ 斷熱合成塔

퓨리파이어工程的 合成塔은 設計나 運轉을 하는데 간편하다. 이 合成塔은 斷熱式 觸媒床으로 構成되어 있으며 모든 熱交換器가 외부식으로 되어 있으므로 쿠엔치타입의 冷却시스템을 필요로 하지 않는다. 정상적인 運轉條件에서 豫想되는 어떤 變化가 있어도 觸媒의 과도한 溫度上昇은 일어날 수 없다. 觸媒는 合成塔으로부터 眞空방식에 의하여 쉽게 제거되므로 觸媒를 취급하는 바스켓이나 장치를 사용할 필요가 없다.

브라운 퓨리파이어工程的 開發中 重要的 것은 斷熱合成塔시스템에 대한 商業的 示範 運轉을 보여주는 것이었다. 이 合成塔의 主要 長點중의 하나는 가장 높은 熱力學的 수준의 回收熱을 최대로 利用할 수 있다는 것이다. 퓨리파이어工程的 合成루프에서 나오는 모든 反應熱은 事實상 100kg/cm²의 스팀으로 發生되어 回收된다는 것을 의미한다. 더우기 合成시스템은 稼動하기가 쉬우며 4日이내의 稼動停止에 대해서는 外的인 加熱을 필요로 하지 않는다.

○ 가스터빈

대부분 퓨리파이어工程的 設計는 工程用 空氣壓縮機를 驅動하기 위한 가스터빈이 포함된다. 가스터빈의 排氣가스는 추가연료를 節約하기 위하여 1次改質爐에 대한 燃燒用 예열공기로서 사용된다. 이것은 스팀터빈을 使用한 驅動裝置보다 實質的으로 效率을 改善한 것이다.

○ 信 賴 性

工場運轉의 信賴性은 퓨리파이어工程的 設計에 있어서 가장 중요한 要所중의 하나이다. 文獻에 報告된 이 데이터는 B & RB社의 工場에서 얻은 데이터와 比較하는데 도움이 되는 것이다. B & RB社의 顧客社가 1977年에서 1990年까지의 期間동안 運轉結果를

報告한바에 의하면 이 工程의 平均稼動率(稼動率은 年間 암모니아를 生産한 시간을 100 分率로 나타낸 것임)은 91%이었다. Chemical Engineering Progress誌에 寄稿된 G.P. Williams등의 調査報告에 의하면 위와 같은 期間에 대한 工場의 平均稼動率은 87%이하 로 나타나 있다.

○ 資 本 費

암모니아工場에 B & RB社의 퓨리파이어工程을 適用하는 資本費는 재래식 工場에 比 하여 적다. 이 工程에 使用되는 極低溫 퓨리파이어는 一見하여 추가장치의 부분에 불 과한 것이기 때문에 놀랍게 보일 수도 있다. 空氣壓縮機도 크고 가스터빈의 가격은 스팀터빈보다 비싸다. 퓨리파이어工程을 使用하는 工場에서 1次改質爐는 암모니아工場의 단일 장치중 가장 비싼 것이지만 그 크기는 재래식 工場의 것 보다 약 1/3정도가 작다.

高純度の 合成가스는 간편하게 設計한 合成루프의 使用을 가능하게 한다. 合成루프의 補充가스는 再循環가스와 混合되어 合成塔으로 직접 송입된다. 이러한 合成루프의 機能은 合成가스의 通過量당 合成率이 증가되고 冷凍率은 減少되어 資本費와 유틸리티의 消費量을 최소로 줄여 주는 것이다. 改質部門과 合成部門에서 資本費의 節減額은 乾燥器와 콜드박스(Cold box)에 所要되는 추가비용을 相殺한 費用보다 많다.

가스터빈은 空氣壓縮機를 推進해 주는데 스팀터빈, 凝縮기 및 凝縮水펌프등을 포함한 시스템을 대체한 것이다. 가스터빈의 사용은 冷却시스템의 크기도 감소시켜 주며 스타트업 보일러의 규모도 작아지게 된다. 이들로부터 節減되는 資本費는 값이 비싼 가스터빈의 資本費와 相殺될 수 있는 것이다.

○ 發展的 改善

4半世紀 이상의 運轉을 하는 동안 브라운 퓨리파이어工程에 많은 發展的 改善이 이루어졌다. 그 동안 改善된 內容을 보면 다음과 같다.

- (1) 效率的인 가스터빈의 設計 ;
- (2) 스팀/카본比의 低下 ;
- (3) 危險限界溫度의 上昇 ;
- (4) 效率的인 CO₂ 제거공정 ;
- (5) 效率的인 極低溫 精製시스템 ;
- (6) 效率的인 合成루프의 設計 ;
- (7) 스팀시스템의 集約인 熱效率.

이상과 같은 改善結果는 퓨리파이어工程의 에너지消費量을 계속적으로 節減하게 되었다. Table I 은 최초로 퓨리파이어工程을 使用한 암모니아工場에 대한 에너지消費量의 設計値와 1970年代 中半에 設計한 하이드로 아그리 슬루이스킬社의 암모니아유닛 E에 대한 에너지消費量의 實績値를 比較한 것이다.

○ 유닛 E 工程의 改善

Table I
A Comparison of Design Energy Consumptions of
Different Purifier Plants

Year Went on stream	1966	1978	1987
Capacity, tonnes/day	680	1,360	1,820
Energy consumption, Gcal/tonne	8.32	7.34	6.92
Electric power, kWh/tonne	20	48	*

* Included above in energy consumption.

하이드로 아그리 슬루이스킬社의 유닛 D工場이 稼動에 들어 갔을때 이 工場의 암모니아生産工程은 브라운 퓨리파이어工程의 最新型이었다. 前述한 모든 개선된 技術은 암모니아工場의 設計에 반영되었다. 附言하면 이 암모니아工場에는 BASF社가 開發한

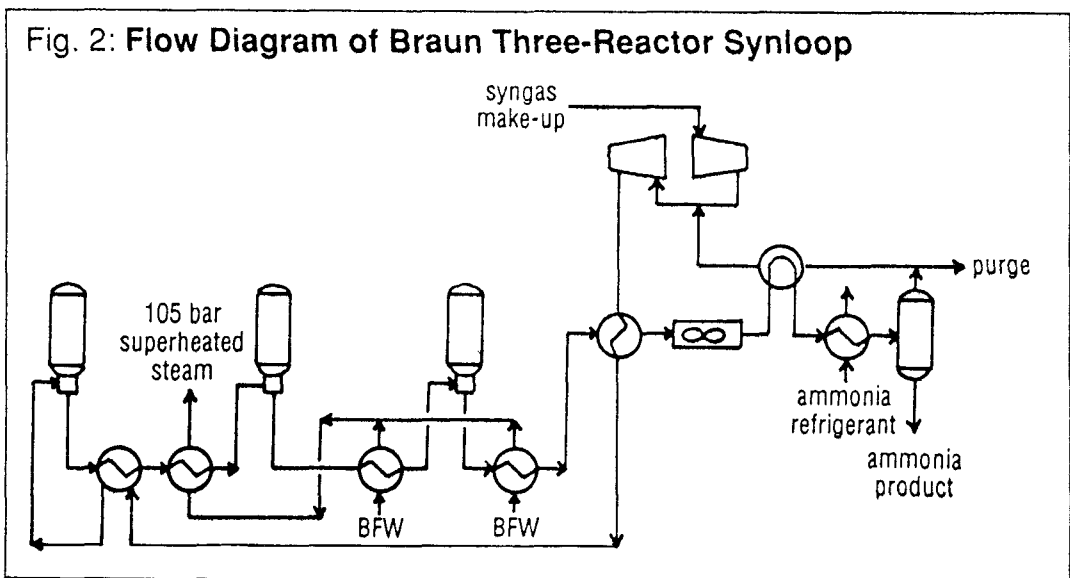
에너지節約型 MDEA工程이 CO₂제거시스템으로 사용되었다. 유닛 E工場은 유닛 D의 工程에 몇가지 改善되거나 修正된 技術이 반영된 것이다.

○ 合成루프

가장 유익한 工程改善은 第3의 合成塔을 設置하여 生産容量을 늘리고 效率을 높인 것이었다. 기존 工程의 裝置를 그대로 複製사용하는 目標을 유지하면서 둘째 反應塔으로 들어가는 原料를 冷却하기 위하여 유닛 E工程의 合成루프에 스팀수퍼히터를 설치하였다. 유닛 E工場의 合成루프에 대한 工程設計圖는 Fig.2에 나타낸 바와 같다. 合成루프에 있는 다른 裝置는 유닛 D에 있는 裝置와 똑 같은 것이다. 한가지 예외는 3基의 反應塔을 低壓으로 運轉할 수 있기 때문에 設計壓力이 減少되었다는 것이다. 유닛 E에서 3基의 反應塔을 使用하는 長點은 다음과 같다.

(1) 合成가스壓縮機를 驅動하는 動力의 消費量이 減少된다. 같은 크기의 壓縮機, 터빈 및 터빈에서 배출되는 스팀의 응축기는 대형 工場用으로 使用될 수 있다.

(2) 암모니아 冷凍콤프레서의 動力消費量은 本質적으로 불변이다. 콤프레서, 스팀터



빈의 驅動裝置, 터빈에서 排出되는 스팀의 응축기 및 암모니아응축등은 모두 대형 工場用과 거의 같은 容量을 가지고 있다.

(3) 合成루프의 回收熱로부터 發生되는 高壓스팀의 量이 증가된다.

○ 改 質 熱

1次改質爐는 天然가스의 入口와 合成가스壓縮機의 吸入口 사이에 壓力差를 만들어 주는 가장 큰 단일 장치이다. 이 壓力差를 최소화하기 위하여 放射狀튜브의 數와 파이어박스(Firebox)의 크기를 약 10%정도 增大하였다. 同時에 改質爐의 環流部門은 合成루프에서 回收되는 많은 量의 熱를 使用하고 天然가스燃料의 消費量을 줄이기 위하여 修正되었다.

○ CO₂ 除去

유니트 D에서 얻은 運轉데이터는 비록 이 데이터가 設計容量을 초과하여 運轉한 結果에서 얻은 것이라 할지라도 CO₂제거는 HAS社가 원하는 17%이상의 容量을 달성할 수 없다는 것을 암시하였다. 유니트 E의 CO₂제거공정에 障礙가 없도록 보장하기 위하여 MDEA칼럼의 容量을 15%정도 擴張하였다.

○ 冷凍式 熱交換器

合成루프의 空冷式 熱交換器를 제외하고 다른 空冷式 熱交換器는 모두 容量이 擴大되어야 했다. 본래 유니트 D에 사용된 이 熱交換器들은 여유가 없이 設計된 것이었다. 이 장치들의 변경은 그들의 배치장소가 주요 배관지역으로 制限을 받고 있기 때문에 약간의 設計變更이 要求되었다. 合成루프의 셋째 反應塔을 배치하는 장소는 약간만 늘리면 가능할 수 있었다.

○ 엔지니어링方法

유사한 工場을 設計하거나 建設하는데는 유리한 점이 있다. 엔지니어링을 하는 시간이나 費用의 節約뿐만이 아니고 기존 設計나 運轉에서 얻은 경험의 要因도 중요하기 때문이다. 유니트 D와 E는 똑 같지는 않지만 가급적 유사하게 設計한 것이다. 유니트 E의 工期를 단기간의 스케들로 달성한 主要因은 엔지니어링에 필요한 資料를 顧客社로부터 가급적 신속하게 얻을 수 있었기 때문이다. 프로젝트를 시작한후 사소한 변경이라도 있으면 이것은 스케들에 逆效果를 미치게 된다. 事業承認을 받은후 1週日 이내에 B & RB社는 슬루이스킬에서 HAS社의 操業擔當 經營陣과 會議를 하였다. 여기서 결정된 內容은 다음과 같다.

(1) 顧客社는 工程圖를 작성하는데 필요한 자료를 주었으며 工程의 最終代案을 선정하였다.

(2) 유니트 D에 設計條件등을 새로 끼워넣은 P & ID를 검토하고 裝置, 配管, 計裝 및 工程의 運轉性등에 대한 코멘트를 받았다. 이 會議에서 加筆된 P & ID는 顧客社의 承認을 받은 것으로 하였다. 이 P & ID는 契約社의 엔지니어링室에서 機械的 設計나 物量算出(Material take-off)을 하는 기준으로서 使用되었다.

(3) 유니트 D의 規格을 검토한 顧客社는 어떤 變更事項이 發見되면 契約社의 담당자를 불러 적절한 修正을 하도록 通報하였다.

○ 調達支援

신속한 調達業務의 支援은 工事의 스케들을 短縮하는데 重要的 역할을 하였다. 이 프로젝트의 完工日은 主要裝置의 納品을 迅速하게 하는 것과 밀접한 關係가 있었다. 設計에서 完成까지의 시간이 가장 오래 걸리는 裝置에 대해서는 엔지니어링要員으로부터 緊急措置하도록 優先權을 받았다. 일반적으로 유니트 D를 기준으로 한 유니트 E

의 裝置는 세가지의 카테고리 즉 (a) 同一한 장치, (b) 修正이 요구되는 裝置, (c) 새로운 장치 또는 새로운 業體가 製作納品하는 裝置로 區分할 수 있다. 카테고리 (a)의 裝置에 대한 주문은 유니트 D의 장치를 納品한 業體와 교섭하였다. 유니트 D의 규격과 동일한 장치를 納品하도록 지시하였으나 만일 유니트 D의 규격과 일치하지 않을 때는 納品業者를 불러서 緊急措置하도록 하였다. 카테고리 (b)의 裝置에 대한 規格은 유니트 D의 規格을 改正한 것이며 본래 유니트 D의 裝置를 納品한 業體와 交渉하였다. 카테고리 (c)의 장치에 대한 規格은 유니트 D의 規格을 改正할 수 있는 부분만 改正한 것이다. 필요할 때는 새로운 規格을 만들어 使用하였다. 가급적 前에 유니트 D의 장치를 納品한 業體에게 유니트 E의 장치도 納品하도록 하였다.

○ 엔지니어링과 設計

設計變更이 별로 없다고 할지라도 모든 裝置에 대한 運轉性を 면밀히 檢討하였다. 유니트 D로부터 얻은 運轉데이터는 潛在的 隘路點과 運轉上的 문제점을 확인하는데 도움이 되었다. 이 데이터는 1,700t/d정도로 규모가 큰 工場의 運轉條件등을 檢討하는데 廣範圍하게 이용되었다. 設計變更은 최소로 하도록 노력하였다.

엔지니어들은 암모니아유니트 E에 대한 設計를 유니트 D의 도면을 사용하여 개발하였다. 工場배치도의 원본, 배관에 대한 오르도그래픽도면이나 이소메트릭도면 및 電氣配線圖등은 유니트 E의 設計用으로 개조되었다. 改正된 모든 事項은 手作業으로 作成하였다. 기존 유니트 D의 엔지니어링모델은 크기나 방향이 變更된 배관의 再設計 또는 새로 設置되는 배관의 방향을 정해주는 기준으로서 使用되었다. 이 모델은 유니트 E용으로 만든 최신의 것은 아니지만 모든 配管을 修正하는데 참고자료로 사용되었다.

배관자재의 規格은 여러가지 타입의 발브트림(Valve trims)이나 合金材料의 種類數를 간편하도록 최신화하였다. 새 配管資材의 物量算出은 改正된 規格이 들어가 있는 기존 유니트 D의 이소메트릭 도면을 使用하였다. 設計가 修正되었을 경우에는 물량산

출도 바뀌었다. 이러한 활동은 벌크자재를 早期에 정확히 購買할 수 있게 하였다. 이 프로젝트의 엔지니어링과 設計業務는 6개월동안에 완료한 다음 事業管理, 엔지니어링 및 設計業務를 하던 契約社의 人力은 工場의 建設現場으로 投入되었다. 人力의 補強팀을 構成하므로서 야기되는 문제점들이 신속하게 해결되었다.

○ 調 達

裝置나 資材 및 下都給業體의 計劃管理를 위하여 사전에 調達方法을 樹立하였다. 각 裝置部門은 다음과 같은 優先順位로 購買하도록 하였다.

- (1) 見積納期일이 10개월 이상이거나 8개월내에 現場에서 필요로 하는 것.
- (2) 見積納期일이 6~10개월이거나 9~12개월내에 現場에서 필요로 하는 것.
- (3) 見積納期일이 2~6개월이거나 12개월 이후에 現場에서 필요로 하는 것.

主要 裝置의 納品業體나 下都給業體와의 協議는 競爭入札보다 더 現實的인 方法이라는 것을 알았다. 유니트 D의 장치는 3年前에 競爭方式으로 購買할 수 있는 정보는 아직도 利用할 수 있었다. 顧客社는 유니트 D에 대한 裝置의 品質이 滿足하였으므로 본

Table II
Plant Performance: Ammonia Unit E Versus Ammonia Unit D

Year	Ammonia Unit D			Ammonia Unit E		
	Ammonia production (tonnes)	On-stream factor	Average net energy consumption (Gcal/t)	Ammonia production (tonnes)	On-stream factor	Average net energy consumption (Gcal/t) ¹⁾
1984 ²⁾	422,052	84.3	7.37			
1985	523,525	84.6 ³⁾	7.18			
1986	574,662	94.4 ³⁾	7.10			
1987	596,325	96.9	7.14	209,027 ⁴⁾	94.7	7.50
1988	573,923	94.8	7.20	627,934	93.8	6.97
1989	581,677	96.2	7.18	659,826	99.2	6.84
1990	613,399	99.5	7.18	630,856	95.1 ³⁾	6.92
1991	568,326	92.6	7.25	665,289	100	6.93
Avg.		93.7	7.18		97.0	6.92

¹⁾Includes electric power consumption.

²⁾Ten months. Some start-up gas included in energy consumption.

³⁾Including turnaround periods of 17 to 25 days.

⁴⁾Four months. Energy consumption includes some start-up gas.

~~~~~

래 이 裝置를 納品한 業體가 適合하였다. 최종적으로 顧客社는 이들 業體와 主要裝置의 供給協議를 하기로 하였다. 裝置를 設置하는 下都給은 가급적 納品業體가 맞도록 하였다. 裝置를 組立한 업체로 하여금 設置를 하도록 하는 것은 여러가지 문제점에 대한 協議過程을 피할 수 있으며 자신에게 주어진 책임을 지게 할 수 있다. 裝置를 組立한 業體는 現場設置作業을 遂行함과 동시에 空冷式 熱交換器나 壓縮機등과 함께 시운전을 하는데 협조하였다.

## ○ 建設計劃

유니트 E工場の 施工計劃과 유니트 D工場の 施工計劃은 전혀 달랐다. 施工計劃을 만든 사람들은 유니트 D의 施工計劃을 여러가지로 상세하게 검토한 다음 工期를 단축하는데 필요한 修正을 하였다. 施工스케줄을 짜는데 중요한 것은 매우 주의를 기울여야 한다는 것이다. 대부분의 裝置나 資材는 短期間에 納品하도록 하였다. 顧客社와 契約社와 共同으로 構成한 強力한 建設管理팀은 B & RB社의 建設管理擔當 部長의 指揮를 받도록 하였다. 이 建設管理팀의 대부분은 유니트 D의 建設에 參與했던 要員들이었다.

## ○ 試驗運轉計劃

顧客社는 유니트 E工場の 建設工期를 短縮하려는 노력을 하더라도 運轉員이 試驗運轉(Precommissioning)이나 始運轉活動을 計劃한대로 進行해 나가지 못 한다면 별로 의미가 없다는 것을 인식하였다. HAS社 試驗運轉이나 始運轉活動을 圓滑하게 할 수 있는 방안을 開發하기 위하여 經驗이 많은 運轉員과 엔지니어들 특별 專門委員會를 組織하였다. 여러가지 試驗運轉은 工場の 機械的 竣工이 되기전에 完了되어야 한다. 원하는 대로 된다면 工場은 機械的 竣工이 되는 즉시 原料가스를 送入할 수 있도록 준비되어야 한다.

일단 상세한 計劃은 開發되었지만 문제점은 좀더 세밀한 스케줄을 필요로 하는 建設活動과 試驗運轉活動을 연계시키는 것이었다. 이 工場은 여러가지 工程과 유틸리티시스템에 대하여 論理的 下部系統(Logical subsystems)으로 구분하였다. 工場의 각 部門別 竣工日程을 정해 놓았다. 모든 下都給業體와의 協助도 竣工日을 目標로 매우 긴밀하게 유지되었다. 機械的 竣工日의 개념은 그 自體가 가지고 있는 의미외에는 아무런 뜻이 없다. 더욱 중요한 것은 下部系統의 竣工日에 맞게 하는 것이었는데 이것은 工場의 建設과 試驗運轉 그리고 시운전을 成功的으로 하게 된 요점이 되었다.

컴퓨터프로그램으로 된 스케줄을 使用하여 예기치 않은 어려운 일은 없었지만 契約社가 해야 할 세가지의 중요한 業務方向이 分明하게 確認되었다. 첫째는 스팀시스템을 불어내고 試驗運轉을 하는 것이고 둘째는 1次改質爐를 완성하는 것이었다. 셋째는 가스터빈과 工程用 空氣壓縮機의 設置와 試驗運轉이었다. 가장 주의를 요하는 것은 이 세가지의 중요한 業務方向에 차질이 없도록 하는 것이었다.

## ○ 安 全

試驗運轉을 하는 동안 여러가지 많은 일들이 연계되었기 때문에 安全問題가 주요 關心對象으로 되었다. 工場의 運轉要員들은 建設作業者들이 安全作業을 할 수 있도록 위험한 부분을 알려주는 활동을 하였으며 마찬가지로 建設作業者들은 稼動에 들어갈 工場의 運轉에 安全措置를 위하여 적절히 配置되었다. 運轉을 하게 되는 시스템에는 建設作業者들의 출입을 피하도록 노력하였다. 運轉중인 地域에서 관련된 建設作業을 하게 될때는 安全作業許可書를 받도록 하였다.

## ○ 運轉員訓練

HAS社는 유니트 E工場의 運轉員을 위한 訓練計劃을 마련하였다. 이 訓練은 광범위한



---

訓練을 받아야 하는 交代監督과 交代組長을 비롯하여 各 特定業務分野에 맞추어 실시하였다. 여러가지 措置의 供給者는 이를 運轉하는데 필요한 技術說明書를 提供하였다. 運轉員의 業務分野에 따라서 訓練期間은 3~6개월로 하였다. 각 運轉員은 암모니아 유닛 D工場에서 6개월의 實際的인 運轉經驗도 가지고 있었다.

