

## 암모니아 工場의 工程改善

(Source: Nitrogen No. 191, May ~ June 1991)

### 編輯者註

암모니아와 肥料값은 낮은 반면에 投資費가 높은 현재의 經濟분위기에서 窒素 肥料에 대한 프로젝트를 새로 始作하는 일은 매우 드물다. 最近에 강조되고 있는 것은 에너지 消費量의 節減으로 投資金額의 回收期間을 단축하기 위하여 費用이 적게드는 舊型裝置의 改裝計劃으로 既存工場의 工程을 改善하는 것이다. 本文은 15~20年前에 建設한 Kellogg의 標準암모니아工場(1,000t/d)을 위한 主要 工程改善의 옵션에 대하여 記述하였다. 生産費를 節減하거나 生産容量을 늘릴수 있는 가장 매력적인 옵션중의 하나는 암모니아合成塔의 改善이다.

### 1. 一般的 考察

새로 建設한 化學工場을 인수한 運轉員이 첫째로 해야 할 일중의 하나는 그 工場의 역량을 評價하는 것인데 그것은 單位生産量當 最低費用으로 運轉할 수 있는 最適 生産條件을 찾아내기 위하여 工場試驗을 실시하는 것이다. 모든 工場運轉員들은 契約者가 性能보장을 확실히 하기 위하여 設計容量을 보다 크게 한다는 것을 잘 알아차리고 가능한한 最大의 容量으로 運轉을 하여 生産原價를 最低로 낮추도록 하여야 한

---

다. 回轉裝置는 負荷가 좀더 높을수록 效率이 다소 더 좋아지게 되는데 熱損失이나 누설량은 기본적으로 변하지 않는다.

過去에는 契約者로 부터 工場을 인수받는 즉시 安全밸브를 最大許容壓力으로 리셋 트해 놓고 가능한한 最大의 壓力과 容量으로 運轉하는 것이 통상적인 실재였다. 그러나 특히 2次大戰의 暴으로 價格急騰이 있은후 이러한 製造業者가 生産한 製品을 항상 모두 팔수있는 市場의 條件은 아니었으며 生産原價計算書를 보면 競争에서 살아남기 위하여 設計容量以下로 運轉하고 있는 경우도 알려졌다. 어떤 狀況에서는 在庫가 가득차면 工場을 세우고 在庫가 떨어지면 工場을 다시 稼動하는 방식을 사용하여 設計容量以下の 稼動率로 간헐적運轉을 하는 것이 더 낡을 경우도 있다.

組織이 잘된 큰 會社는 工場의 준공전에 모든 設計明細를 몸에 익히고, 安全하고 效率의일뿐만 아니라 원하는 設計容量에 대하여 最低費用으로 運轉을 하기 위해서 工場의 프로젝트팀에 충분한 技術者를 받드시 투입한다. 이 技術者는 전형적으로 1~2年동안 工場의 運轉이 안정하게 되었는지를 확인하고 費用計算에 必要한 모든 數値를 얻어내기 위하여 代表로 派遣된다.

時日이 지나면 工場은 觸媒, 機械 및 其他裝置들의 性能이 低下되어 점진적으로 效率이 떨어지게 됨으로 재조정이 必要하게 된다. 이것은 大小間의 모든 施設에 적용되는 것인데 사용능력을 보증하고 效率을 改善하기 위하여 考察해 불만한 것이다.

1970年代의 에너지危機는 效率改善에 대대적인 의욕을 일으켜 주었다. 많은 會社들은 에너지진단 (Audit)을 着手하거나 또는 에너지調査를 실시하였다. 에너지값은 여전히 비싸므로 호텔의 보일러에서 化學工場에 이르기까지 모든 施設에 대하여 에너지진단을 完了하였다. 정밀하게 실시된 에너지진단 結果를 가지고 最適成績을 달성해야 하는데 어떤 대형 化學工場에서는 에너지消費量을 연속적으로 점검하여 모든 條件下에서 最大의 效率로 工場의 運轉을 유지할 수 있도록 컴퓨터로 에너지진단을 실시하고 있다.

---

効率的인 新技術이 소개됨으로서 舊式工場은 時代에 뒤지게 되었다. 効率이 더 좋은 裝置나 또는 工場을 設置하는 것이 舊式工場을 유지하는 것 보다 最適化하는데 문제가 없는 좋은 時代가 온 것이다. 그러나 効率的인 工場을 設置하기로 結定하는 것은 쉬운 일이 아니다. 새 裝置는 값이 現行利子率의 資本金投入이 必要하기 때문이다. 한편 새 工場을 設置하는데는 舊工場을 改補修하는 것 보다 時日이 훨씬 더 걸리게 되며 設置期間中 아무런 生産도 없는 것이다. 그러므로 運轉要員들은 이 問題의 결정을 미루는 경향이 있는데 그것은 당연한 것이다. 油價上昇과 같은 자극은 언제나 더 効率的인 것을 만들게 하는데 必要하지만 油價가 떨어지는 것은 낭비의 원인이 될수가 있다.

### (1) 効率重點施策

窒素肥料工場 特히 암모니아工場은 에너지消費量이 가장 많은 工場이다. 天然가스나 나프타의 스팀改質에 기준한 標準容量 1,000t/d의 암모니아工場은 50MW 規模의 發電所에 상당한 스팀을 발생한다. 이것은 과거 25年以上 건설한 모든 대형 암모니아工場에 적용된 것이다. 規模가 작은 初期의 工場들은 熱効率が 빈약하고 老朽되었기 때문에 철거되고 있다. 그러나 대부분의 경우 熱効率が 50%정도 밖에 안된다고 생각하는 만큼 낭비되는 것은 아니었으며 현재 서비스에 들어가고 있는 最新工場과 比較하면 熱効率が 75%정도는 된다. 현행 에너지費와 原料費가 높고 새 암모니아工場의 發注가 매우 드물기 때문에 새 암모니아工場의 建設에 대한 競争이 매우 격심한 結果가 되었다. 따라서 契約者나 裝置製作業者들은 効率的 特徵이 있는 工場設計를 하되 가급적 값은 싸게 하도록 자극을 받고 있는 것이다.

新世代 암모니아工場의 에너지節約型中 어떤것은 舊型裝置의 改裝用으로 舊式工場에 적절하게 적용할 수가 있다. 肥料는 값이 쌀수록 잘 팔리는데 많은 契約者들은 工場을 너무 후하게 過設計하고 있기 때문에 生産을 極大化하고 燃料費를 極小化하

는등 여러 단계로 工場最適化라고 하는 活動을 하는 것이 일반적인 경향이다. 물론 이것이 새로운 概念이나 目標은 아니지만 原價節減條件의 잠재적인 보답이 커지게 되기 때문에 工場의 最適化 手段으로 投資를 하는 것이다.

最新工程의 特徵을 包含한 第1世代 大型 암모니아工場의 工程改善과 數千萬달러의 費用에 대한 報告書가 나왔는데 이러한 工程改善이 비록 生産容量이나 效率面에서 큰 改善이 있다고 주장하더라도 經濟性은 분명하지가 않은 것이다. 生産容量이 커지는 것은 실제로는 변동비와 資本的 부담만을 올려주는 꼴이 되는데 그러나 工程改善을 실시한 工場을 投資費回收에 충분한 기간동안 계속해서 運轉을 한다면 매우 큰 資本的 支出은 정당화 될수도 있다.

모든 工程改善에서 重要한 役割을 하는 것은 經濟性인데 實際的이고 現實的인 課題는 달성할 수 있는 年間 生産량을 조건으로 만들어지는 것이 필수적이다. Table I은 암모니아工場의 經濟性을 計算하는데 必要한 데이터의 1例를 나타낸 것이다. 원칙적으로 建設한지 20년이 지난 工場은 當初 設計容量과 같은 높은 年間稼働率로 또다른 10年동안의 稼働을 위하여 工程改善을 할 수 있다는 것은 받아들이기 어려

Basic capacity	1,000t/dNH <sub>3</sub>	
Feedstockfuel cost	1, 2 and 3 US\$1/million Bru	
Catalyst & chemicals cost	1.32 × 10 <sup>6</sup> US\$/annum	
Payroll cost	120 at 20,000 US\$/annum	9.1 US\$/tNH <sub>3</sub>
Overheads	150 %	13.6 US\$/tNH <sub>3</sub>
Maintenance	1.5 % of 100 × 10 <sup>6</sup> US\$/annum	4.5 US\$/tNH <sub>3</sub>
Depreciation	10 % of 140 × 10 <sup>6</sup> US\$/annum	42.4 US\$/tNH <sub>3</sub>
Feedstock and fuel demand	32 million Btu/tNH <sub>3</sub>	

운 것이다. 工程改善을 실시한 工場의 經濟性 評價에서 통상적인 期待値보다 훨씬 더 높은 產出記錄을 얻을 수 있다는 것은 어려운 課題라는 것이 分明하다.

## (2) 最適化의 옵션

보도 리호프의 핀치 (Pinch) 기술이나 히트펌프 (Heat pump) 와 같이 일반적으로 많은 産業에 適用되는 最適化의 特殊裝置는 히트펌프를 적용하여 좋은 效率을 얻고 있는 벤필드 CO<sub>2</sub> 제거工程을 除外하고 암모니아工程에 重要한 役割을 하는 것은 없다. 히트펌프가 이 工程에 미치는 效率이나 더우기 이 工程이 運轉中에 있다 할지라도 效率에 어떻게 기여하는지 자세한 것은 發表된바가 없다.

最適化의 옵션은 生産容량의 增加, 效率의 改善 및 기타의 部門으로 범주화하는 것이 필요한데 예를 들면 原料를 바꾸고 環境汚染을 줄이거나 또는 運轉條件을 改善하기 위한 옵션이 있다. Table II와 III은 效率改善과 生産容량 增大에 대한 評價를 각각 나타낸 것이다.

	1	2	3
Feedstock cost US\$/million Btu			
Variable costs (US\$/t NH <sub>3</sub> )			
Feedstock/fuel	32	64	96
Chemicals/catalyst	4	4	4
Fixed costs (US\$/t NH <sub>3</sub> )			
Payroll	9.1	9.1	9.1
Overheads	13.6	13.6	13.6
Maintenance	4.5	4.5	4.5

Depreciation	42.4	42.4	42.4
Total	105.6	137.6	169.6
5% improvement in efficiency	1.6	3.2	4.8
New total	104.0	134.4	164.8
Investment allowance based on 5-year linear depreciation	$2.64 \times 10^6$	$5.28 \times 10^6$	$7.92 \times 10^6$

Notes :

1. This is the maximum investment allowance: it would give no profit incentive.
2. The calculation is simplified, but even a more rigorous method would produce similar figures.
3. It is clear that not much can be done when the feedstock/fuel is less than US\$ 2.0/million Btu.

**Table III**  
**Evaluation of Improvement in Ammonia Plant Nameplate Capacity to 110 % or 363,000 t/a**

Feedstock/Fuel cost, US\$/million Btu	1	2	3
Variable costs			
Feedstock/fuel	32	64	96
Chemicals/catalysts	4	4	4
Fixed costs			
Payroll/overheads/maintenance		as for 100 %capacity	
Maintenance of additional equipment	1	1	1

Depreciation(cost of improvements)	68.6	68.6	68.6
Total	105.6	137.6	169.6
Investment allowance based on 5-year linear depreciation of the cost of improvements(new investment only)		US\$11,319 × 10 <sup>6</sup>	
Notes :			
1. The investment allowance is the maximum giving no profit incentive.			
2. Maintenance on the investment allowance complicates the calculation. At the most, it would be US\$ 1.0/tonne ammonia.			
3. Investment allowance on expansion in capacity is sufficiently large proving the argument that economics depends more on capacity than efficiency.			
4. The optimization would be expected to improve both capacity and efficiency.			
The saving in efficiency as given in the calculations above would increase in proportion with increases in capacity, 10% in this case.			

### (3) 効率増大를 위한 옵션

効率을 増大할 수 있는 옵션은 대단히 重要な 것인데 대부분의 경우 工場의 生産容量도 増大된다. 이들 암모니아 工場에 대한 옵션은 本來의 設計에 정확히 의존하는 것이다. 대부분의 암모니아工場은 단연코 Kellogg 工程의 設計나 特許를 사용하고 있기 때문에 効率을 높이기 위한 옵션을 생각하는데 켈로그 工程에 눈을 돌리는 것은 놀라운 일이 아니다. Haldor Topsoe, Uhde, C.F. Braun 과 같은 기타 工程들은 다른 選擇을 필요로 할수도 있다. AMV 와 LCA 라고 하는 ICI 의 新工程들은

---

전혀 다른 工程에 해당되는데 이 工程은 이미 에너지 節約型 特殊裝置로 完全히 補完되어 있는 것이다. 개별적인 에너지 節約型 特殊裝置는 에너지 값이 100 萬 Btu當 2 달러 이상으로 비싼때에만 經濟性이 있다는 것도 강조되어야 한다. 에너지 값이 저렴한 경우 에너지 節約型 特殊裝置의 유일한 적용방법은 生産容量 增大와 組合하는 것인데 이것은 完全한 最適化패키지의 기초로서 빈틈이 없는 것이다.

最適化의 옵션은 그들이 工程에 影響을 미치는 것인지 (그룹 I) 또는 유틸리티에 影響을 미치는 것인지 (그룹 II)에 따라서 두가지 그룹으로 分類할 수 있다.

### <그룹 1>

工程에 影響을 미치는 옵션은 드물다. 즉 오래된 工場일지라도 그 工程은 매우 效率的이며 原料의 消費量을 줄일수 있는 特殊裝置는 별로 없는 것이다. 考慮해 볼수 있는 옵션은 다음과 같다.

高壓으로 運轉되고 있는 工程은 별문제로 하고 모든 암모니아 工程은 퍼지가스중의 水素를 回收하는 것이 原料를 節約할 수 있는 利得이 있다. Kellogg 工場의 경우 퍼지가스중의 水素를 回收함으로써 2% 이상의 原料使用量을 줄일수 있다. 選擇적으로 사용할 수 있는 水素回收에 관한 여러가지 特許 工程들이 있는데 오늘날 가장 널리 사용되고 있는 시스템은 모든 條件에 잘 맞게 제작할 수 있는 Hollow-fibre(prism) 분리기이다. 效率的이고 經濟的이기는 하지만 큰 시설에만 사용할 수 있는 超低溫시스템은 두번째로 널리 사용되고 있는 시스템이다. 마지막으로 분자체가 있는데 이것은 값이 좀 비싸고 分離하기가 어렵기 때문에 별로 많이 사용되는 것은 아니다.

低溫轉化 工程의 入口溫度制御를 잘하는 것은 轉化되지 않고 나가는 일산화탄소의 量을 줄일수 있어서 效果가 작은 것이지만 工程改善의 效果를 얻을 수 있는 것이다. Kellogg 工場들의 경우 새로운 冷却器나 또는 完璧하게 設計한 水冷裝置 (Water quench)를 케리오버가 觸媒에 影響을 미치지 않게 하는데 必要한 매우 重要한 裝



---

置와 함께 설치하였다.

數年前 Engelhard가 소개한 觸媒에 의한 選擇的 일산화탄소 酸化工程은 原料使用량을 3% 이상까지 줄일수 있게 되어 水素回收의 必要가 없게 되었다. 추가로 必要한 裝置의 값이 그다지 비싸지 않다고 할지라도 이 工程은 低溫轉化觸媒와 操業의 改善으로 그의 必要性이 어느정도 빛을 잃고 있다.

그러나 MDEA 工程이 탄산가스의 잔류량이나 MDEA 溶液의 再生에 必要한 에너지의 量을 줄여준다 할지라도 이러한 課題의 費用이 너무 높기 때문에 실제로 사용하지는 않고 있다. 後者(MDEA 工程)는 原料節減量이 1%以上을 넘지 못하며 어떤 狀況下에서는 經濟的이지 못한 것이다. 그러므로 기존 벤필드工程이 제거되지 않은 탄산가스의 殘溜量問題를 미결상태로 남겨둔채 再生에 必要한 熱量만을 줄일수 있는 Lo-Heat 工程으로 改裝되는 것이 더 바람직하다.

## 〈그룹 2〉

유틸리티에 影響을 미치는 最適化의 옵션은 여러가지가 있는데 쉽게 응용할 수가 있다. 첫째 考慮할 대상 항목중의 하나는 天然가스 原料의 飽和裝置(Saturator)이다. 맨처음 評價이지만 그것은 改質에 必要한 스팀발생에 低水準의 폐열을 活用하기 때문에 유망한것으로 전망된다. 뜨거운 보일러給水나 工程凝縮水는 飽和裝置의 찬 天然가스와 접촉하여 天然가스는 豫熱됨과 同時에 물로 飽和된다. 飽和裝置에서 나온 물, 補充水 또는 凝縮水가 混合된 물은 폐열부문의 코일에서 再加熱된다. 必要한 工程스팀의 約 20%는 飽和裝置內의 天然가스에 의해서 얻어질수도 있다. 잘 設計된 天然가스 飽和裝置는 암모니아 屯當 所要되는 熱量중 約 0.2Gcal까지 줄일수 있다.

飽和裝置는 또한 工程凝縮水의 스트립터로서 役割을 하여 전체 用水消費量을 줄일 수도 있고 環境汚染問題도 해결될 수가 있다. KTI와 ICI의 特許인 두가지 設計가 있는데 이것은 엔지니어링을 包含하여 종합적으로 구입 사용할수가 있으며 약간의 하

---

드웨어施設은 운영회사의 整備要員에 의해서 설치될수가 있다. 이 두가지 設計는 成功的인 試驗을 完了한 것이며 많은 Kellogg의 설비에서 운전중에 있는 것이다. 그러나 모든 Kellogg의 工場들이 이러한 추가장치로 부터 利得을 얻는것만은 아니다. 1次改質爐의 煙道가스 회수부문중 마지막장치로서 연소용 공기를 예열해주는 장치가 있는 Kellogg 工場들이나 기타 다른 技術로 建設한 工場들은 既存 煙道가스에 남아 있는 熱이 回收하여 利用할 수 있을만큼 충분하지 못하다. 다만 煙道가스出口 溫度가 250℃ 또는 그 以上の 熱을 飽和裝置의 설치로 부터 얻을수 있는 設備라야 한다.

燃燒用空氣 예열장치와 飽和裝置間의 選擇性은 地域條件에 의존된다. 연소용공기 예열장치는 煙道가스의 熱을 低溫으로 함으로서 必要的 燃料量을 줄일수 있다. 굴뚝의 溫度는 약 200℃에서 100℃로 낮아질수 있으며 이에 대응하는 에너지 節減量은 암모니아 1吨當 약 0.1Gcal 정도가 된다. 그렇지만 燃料中の 黃素量이 높으면 燃 燒 部 門의 코일에 黃酸의 凝縮으로 인하여 低溫煙道가스는 腐蝕問題를 일으킬수가 있다. 그러나 이것은 燃料과 工程가스중의 黃을 脫黃함으로서 극복할 수 있다. 燃料가스를 예열하고 壓縮할때 사용한 에너지는 다음에 燃料가스 헤더系統에 適當한 壓力으로 減壓시켜주는 配壓터바인에서 回收할수도 있다.

특히 잉여스팀의 目標量을 最少化하고자 할때 단열프레콘버터를 설치하면 매력적인 工程改善의 옵션이 된다는 것이 입증될수도 있다. 代表的인 改質爐의 廢熱部門에 있어서 工程原料가 改質이 일어나는 改質爐튜브에 들어가기전에 버너로 추가열을 供給하여 약 520℃로 豫熱한다. 버너燃料의 量은 工程原料를 보다 높게 豫熱함으로서 줄일수가 있지만 이것은 가스가 觸媒不在下에서 더욱 加熱되면 炭化水素의 熱分解에 의하여 炭素가 生成되는 水素가 不足하기 어려운 위험이 있기 때문에 實際적인 것이 못된다. 그러나 예열된 工程原料가 斷熱프레콘버터를 통과하면서 工程原料中の 炭化水素部分은 스팀과 반응하고 溫度는 떨어진다. 部分的으로 改質된 混合가스는 다음에 改質爐

---

튜브로 들어가기전에 廢熱部門에서 安全하게 再加熱될수 있다. 全體的인 結果는 改質 爐의 燃料消費量이 15%까지 節減되는 것이며 工程原料가 吸收한 廢熱量의 增加로 인하여 스팀생산에 有效한 廢熱部門의 總效率은 減少되는 것이다.

改質部門의 에너지節減은 스팀 / 카본比를 줄임으로서도 얻을수 있다. 이것은 工場 前部門의 壓力降下를 줄여준다. 工程가스중의 熱含量이 減少됨으로 改質爐 下流部門 의 廢熱보일러에서 생산되는 스팀의 量은 더 작아지게 되지만 그것은 工程에 要求되 는 스팀의 量이 더 작아지게 됨으로서 補償될수 있는 것이다. 改質爐튜브내의 가스 流量이 더 작으므로 改質爐에 必要한 燃料量도 감소된다. 스팀 / 카본比가 좀더 낮으 면 反應되지 않은 메탄의 量이 약간 증가하게 된다. 그렇지만 全體的인 結果는 스팀/ 카본比를 4/3으로 줄일때 암모니아 屯當 0.20Gcal의 에너지가 節減되는 것이 전 형적이다.

스팀 / 카본比를 줄일수 있는 범위는 1次改質爐와 後續되는 轉化部門의 工程사정에 의해서 除限을 받는다. 스팀 / 카본比가 限界值 이하가 되면 副產物( 카본 )이 생성되 어 高溫轉化部門에서 다루기가 어렵게 되는 한편 카본生成의 위험과 高溫帶域의 招 來를 없애기 위하여 高度의 活性改質觸媒를 必要로 하게된다. 潛在的 에너지節減率 을 높이기 위해서는 工程가스중의 熱含量을 낮출수 있도록 탄산가스 除去시스템의 調 整도 해야 한다.

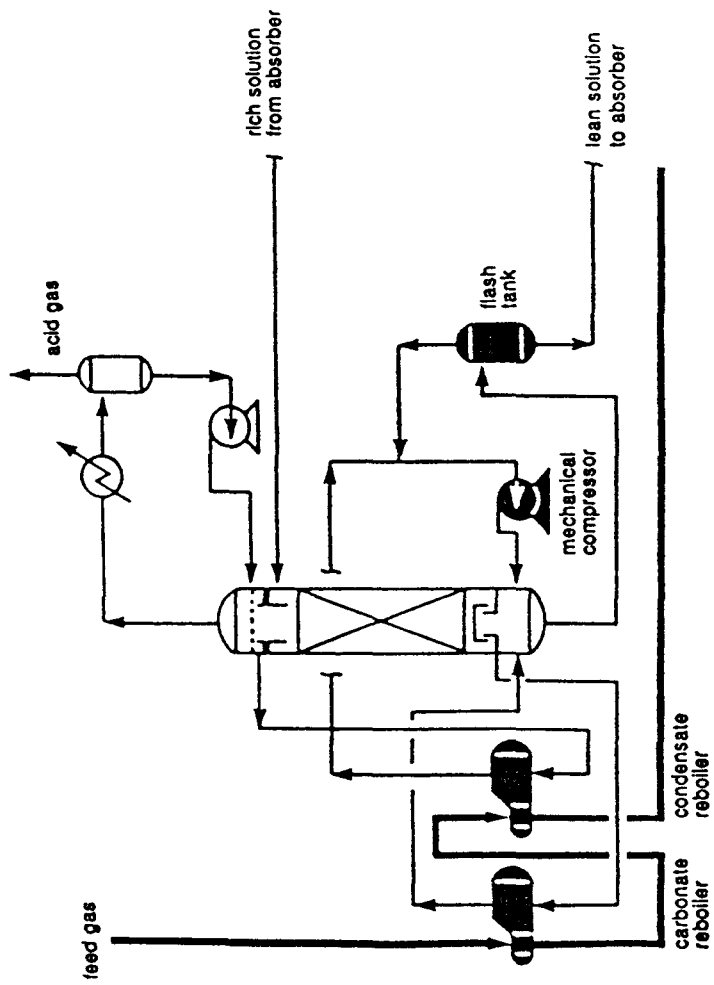
近年에 암모니아 合成塔의 設計는 크게 改善되었는데 많은 Kellogg의 4床冷却式 合成塔을 成績이 매우 改善된 2床의 放射狀 또는 2床의 軸性放射狀 合成塔으로 代 替된바 있다. 舊型合成塔을 改裝하는 것은 觸媒의 交替가 必然的이므로 經濟性은 觸 媒를 새것으로 交替하는 時期에 맞추어서 改裝하는 것이 特히 有利하다. 觸媒床間의 輻射式冷却은 間接熱交換式과 比較하여 간단하고 空間節約이 되며 값이 저렴하기 때 문에 1960年代와 1970年代에 Kellogg나 기타 다른 工程設計者들이 選好하였던 것 이다. 그러나 그것은 部分的으로 合成된 가스가 稀釋되어 달성할 수 있는 合成率에

---

제한이 되기 때문에 効率が 좀 떨어지게 되는 것이다. 이 系統을 통한 壓力降下를 줄이고 間接冷却을 수반하는 암모니아 合成率을 높임으로서 상당한 에너지를 절감할 수가 있다. Haldor Topsoe 社와 Ammonia Casale 社는 合成塔의 改裝物을 納品하는 두 會社로서 合成塔의 外側 壓力殼 (Pressure Shell) 만 남기고 內部施設物 全體를 바꿀수 있는 施設物을 納品하고 있다. 兩社는 이러한 여러基의 改裝合成塔을 성공적으로 完成하였으며 암모니아 屯當 에너지수요의 약 0.3Gcal를 節減할 수 있다고 주장하고 있다. 가장 좋은 成績을 얻기 위하여 再循環로터 (Rtor)를 바꾸고 合成塔出口에 보일러給水 加熱器를 추가하는 것이 바람직하다. 암모니아合成塔의 改裝費는 매우 비싸지만 그것은 實際的이고 1개월 이내에 쉽게 完成할 수 있으며 天然가스의 값이 100萬Btu當 2달러이상인 곳일지라도 經濟的인 것으로 생각된다.

분자체에 의한 合成가스 乾燥器는 最近에 新암모니아工場의 設備로 처음 도입되었는데 매우 많은 에너지節減을 할 수 있는 工程改善裝置로서 강력히 권장되었다. 분자체의 機能은 混合가스壓縮機 1단출구의 高壓下에서 모든 水分은 물론 탄산가스를 제거하는데 가장 좋다. 이것은 새 합성가스原料로 암모니아 合成塔의 入口스트림에 送入이 可能한 것이다. 만일 水分이나 탄산가스가 제거되지 않았다면 이들 成分이 冷凍部分에서 제거될 수 있도록 새 合成가스는 合成塔出口의 스트림으로 送入되게 하여야 하며 水分과 炭酸가스가 제거되지 않은 가스가 合成塔으로 들어가는 것을 방지하여야 하는데 그렇지 않으면 腐蝕이나 觸媒의 損像이 일어날수도 있다. 이렇게 하면 再循環部門의 負荷가 增加되는데 탄산가스가 冷凍에 의해서 合成가스 스트림으로부터 分離된다고 하더라도 그것은 液體암모니아를 汚染시키게 된다 (그러나 冷凍部門이나 분자체시스템이 일산화탄소를 제거하지는 못하는데 만일 일산화탄소가 合成塔에 들어가면 觸媒를 不活性化하기 때문에 일산화탄소가 合成루프에 전혀 들어오지 못하게 방지하는 것이 중요하다). 水分을 제거함으로써 얻어지는 壓縮에너지의 節減이나 再循環루프의 負荷減少는 그 量이 작고 算定하기 어려워서 실제 運轉上 目的을 달성

Fig.1: Benfield LoHeat Process Utilizing a Mechanical Compressor



---

하기가 어려울수도 있다. 이 工程改善裝置가 값이 비싸고 觸媒毒問題를 해결하지 못한다는 사실을 생각한다면 그것이 그다지 인기가 없어도 의외로운것은 아니다.

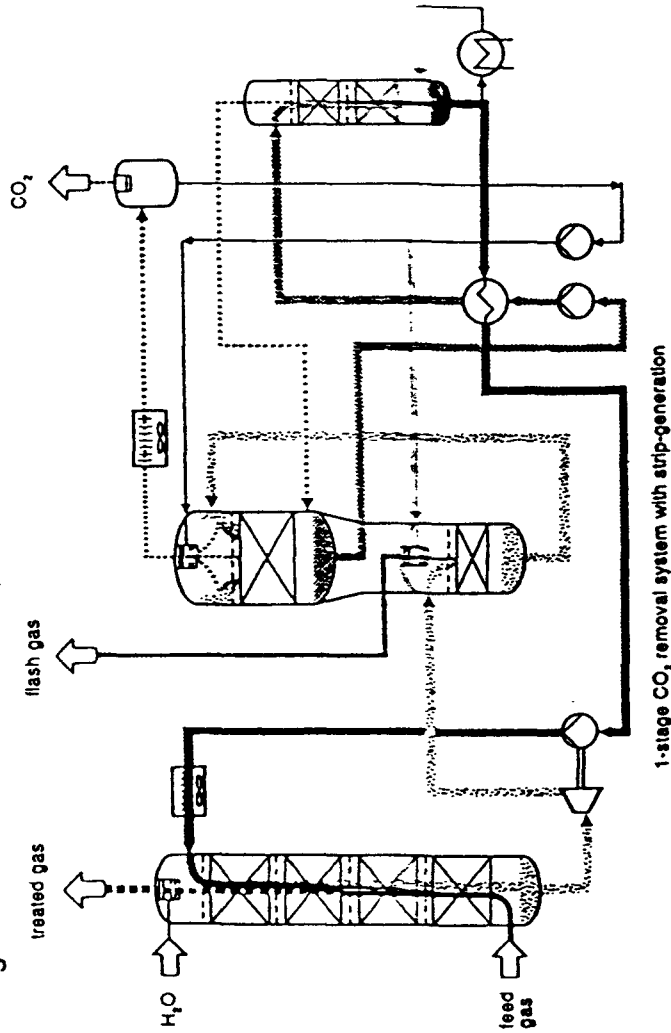
모든 舊式 탄산가스제거 설비는 再生에 必要한 熱量으로 보아서 크게 向上시킬수가 있다. 과거 15년에 걸쳐서 대형 암모니아工場의 탄산가스 제거시스템에 가장 많이 사용된 工程은 Benfield 工程인데 이 工程의 工程改善 結果는 좋은 成績으로 입증되었다. 특별한 工程改善을 할만한 가치가 있는지를 결정하는데는 첫째 再生熱의 算定된 節減量은 再評價하고 이것이 理論的 모델과 原狀대로 있는 工場의 실제 成績間的 差異와 일치하여야 한다. 둘째 節減된 에너지值 (Heat Value)는 그의 根源에 대하여 評價하여야 한다. 低級工程의 에너지를 節減하려는 것은 非經濟的일수도 있는데 그것은 탄산가스를 제거하기 위해서 추가적인 冷却水가 必要함으로 에너지 節減은 오히려 逆으로 될수 있기 때문이다. 그러나 높은 에너지값을 가지고 있는 中壓 또는 高壓스팀을 減壓하여 얻어지는 에너지를 節約 (利用)한다면 工程效率의 改善에 直接的인 기여가 될것이다.

改善된 Benfield 변형의 1例인 LoHeat 工程 (Fig.1)에서 熱에너지는 再生된 溶媒 (活性化 및 腐蝕抑制化된 뜨거운 탄산칼륨용액)를 減壓할때 發生되어 나오는 플래쉬스팀 (Flashed Steam)형으로 回收된다. 회수된 스팀은 再生塔의 바닥으로 再注入되는데 이것은 사실상 재생에 必要한 外部에너지의 量을 減少시켜 주는 것이다.

前에 심한 腐蝕問題와 높은 再生에너지의 소요량을 經驗했던 아민형 탄산가스 제거시스템은 새로운 알카놀아민류중에서도 특히 MOEA의 도입으로 고비를 넘기고 活氣를 되찾게 되었다. 예를 들면 BASF 社의 活性 MDEA 工程 (Fig.2)은 31基의 상업적공장에 成功的으로 사용되고 있으며 그중 4基는 工程改善을 한것이고 현재 9基의 工場이 더 건설중이거나 設計中에 있다.

Benfield나 또는 아민계통은 再生熱을 크게 節減할 수 있는 物理的 溶媒工程 (Physical Solvent Process)으로 바꿀수가 있다. 物理的 탄산가스 제거시스템

Fig. 2: BASF's Activated MDEA Process



---

은 모든 탄산가스를 回收할 必要가 없는 현대식 低에너지工場에 사용된다. 탄산가스 제거시스템의 改善은 암모니아 屯當 0.10 ~ 0.35 Gcal의 에너지 節減을 할 수가 있다.

여러가지 바람직한 工程變更을 할 수 있기 때문에 탄산가스 제거시스템은 運轉性이나 效率을 增進하기 위하여 가끔 試驗을 해보거나 再檢討하여 왔다. 後者는 값싸게 달성하기가 어려운데 그것은 쉽게 입수되어야 할 여러가지 精確한 情報의 사레가 드물기 때문이다. 따라서 善意의 취지로 工程改善을 하더라도 간혹 失敗하는 수가 있다.

어떤 狀況下에서는 메타놀화도 관심을 끄는 工程改善의 옵션이 될수 있다. 이 工程은 工程가스가 탄산가스 제거부문에서 메탄화반응탑 대신에 메타놀합성탑으로 通過하는 것을 必要로 한다. 殘溜탄산가스는 이 工程가스로 부터 凝縮될 수 있는 메타놀로 轉化되어 工程側 改質爐로 再循環한다. 이것은 水素의 損失을 피하고 補充가스 중의 不活性가스함량을 줄여준다. 工場의 배치에 따라서 全體的인 改質爐의 送入原料 消費量은 암모니아 屯當 0.15 ~ 0.10 Gcal 까지 節減될 수 있다. 메타놀은 再循環하는 대신 製品으로 回收할 수가 있는데 그것은 市販하거나 포름알데하이드로 轉化한다. 이 포름알데하이드는 尿素肥料의 固結防止를 위하여 處理劑로 사용될 수 있다.

암모니아 工程의 特許에 관계없이 옛날부터 대형 암모니아工場에 적합한 것으로 여겨온 옵션중의 하나는 퍼지가스가 암모니아 Chiller (암모니아를 凝縮하여 分離하는 장치)에 들어가기 전에 암모니아루프의 퍼지가스를 冷却해 주는 한편 칠러에서 나오는 流出物이 水素回收 部門으로 들어가기 전에 통상 약 20 °C로 加熱해 주는 것으로서 크기가 작고 값이 저렴한 熱交換器이다. 代案으로 퍼지가스는 工場의 燃料供給代替物로 사용될수도 있다. 퍼지가스 熱交換器가 없으면 퍼지가스는 대략 영하 20 °C에서 벤트되는데 그것은 水素가스 回收시스템이 적절하게 設計되지 못하였거나 運轉되지 못하면 일어 볼게 할수가 있다. 더우기 중요한 것은 칠러가 훨씬 더 많은 액체암모니아로 되게 하는데 必要하다는 것이다. 冷凍에너지의 節約은 예측할 수 있으



---

나 天然가스의 값이 좀 비싼경우를 除外하고 이 옵션을 正當化 하기에는 不充足하다. 이러한 理由때문에 廢氣가스 熱交換器의 設置는 不文便이다.

한 契約者가 吸入部分의 溫度와 合成가스중의 水分含量을 줄이기 위하여 合成가스 壓縮機의 入口에 冷却器 設置를 提案하였다. 첫째 評價를 해보면 이러한 冷却器는 空氣冷却器 또는 適用能力이 부족한 水冷却에 대한 後續으로서 利用될 수가 있다. 後者는 오늘날 간혹 사용되고 있기는 하지만 계속적인 기준에 도달될 수 있는 合成가스의 溫度低下가 10℃以下이면 이러한 옵션은 經濟性이 없을 것으로 생각된다.

契約者의 또다른 提案은 암모니아合成루프의 마지막 단계(가장 찬 부분)에 冷凍冷却器(Refrigerated Cooler)를 設置하는 것이다. 만일 冷凍冷却裝置가 再循環率에 影響을 미칠수 있는 충분한 여유로 循環合成가스의 溫度를 낮추는데 成功한다면 이것은 正當化할 수 있는 유일한 장치라 할 수 있다. 대충 실시한 試驗結果를 보면 다소간의 改善이 될수 있다는 것을 나타내고 있으나 이러한 옵션이 效率의 見地에서 經濟的이라 할수는 없으며 工場의 容量을 올리는데도 正當化하기가 어려운 것이다.

#### (4) 工場의 點檢

操業中인 工場에 대하여 點檢해야 할 가장 중요한 사항은 에너지진단이다. 숙련기술자가 일단 正常基準으로 올려놓은 工場은 運營會社의 運轉要員이 계속해서 그것을 유지해야 한다.

에너지진단이라고 하는 것은 工場에서 사용하는 모든 에너지를 사용처별로 再評價하는 것이며 運轉데이터를 마련하고 전문가가 내린 모든 結論들을 이행하는 일들은 工場의 技術要員과 전문가 顧問에 의해서 처리되어야 한다. 에너지진단을 하는데는 두 단계가 있는데 이 두 단계는 同等하게 重要한 것이다. 첫째 단계는 再設計, 新技術導入 또는 기타의 手段으로 에너지節約을 할 수 있는 매우 상세한 분야를 必要로 하는 것이며 둘째 단계는 長期的 節約의 原因이 되는 일상적인 管理業務의 프로그램

---

(Housekeeping routine)을 세우는 것을 必要로 하는 것이다. 때로는 에너지진단과 같은 분야를 커버하지만 整備補修의 評價도 包含되는 에너지서베이 (Energy servey)라는 다른 用語를 인용하는 경우가 있는데 이것은 만족스럽게 實行되지 않으면 工場의 運轉性이나 效率에 명백할 惡影響을 미치게 되는 것이다. 工場容量의 增大는 效率의 改善보다 經濟적으로 훨씬 더 重要하기 때문에 工場의 容量을 늘릴수만 있다면 새로운 投資를 할 수 있는 것이다. 年間 生産量으로 보아서 工場의 容量을 늘릴수 있는 것은 모든 문제점을 확인하고 늘릴수 있는 정도의 容量까지 도달할 수 있도록 再設計하여 제거해야 할 문제점등을 明細化할 수 있어야만 실현성이 있는 것이다. 生産容量을 늘리기 위하여 檢討를 하거나 정밀한 계산을 하는데는 工場의 問題點을 제거하기 전에 실시한 理論的 그리고 실제적인 工場의 成績을 사용하는 것이 必要하며 經濟적으로 달성한 生産容量의 增大는 工場의 有効性이나 信賴性的의 低下가 없도록 하여야 한다.

첫째 廻轉機械를 점검하여야 하는데 보통 이들 장치는 15~20% 정도의 過設計로 되었다는 것을 알수 있다. Kellogg의 모든 암모니아 工場들은 가장 最新의 것을 除外하고 工程用 空氣壓縮機가 原設計容量의 最大 110%로 제한되어 있기 때문에 이와 관련된 문제점을 가지고 있다. 그러나 이것은 큰 장애물이 되는 것은 아니며 몇가지 다른 방법으로 극복할 수가 있는 것이다. 이 容量의 문제는 廻轉式 또는 왕복식 壓縮機의 追加並設, 吸入부스터의 설치 또는 壓縮機의 Rotor의 再設計에 의해서 120%까지는 늘릴수가 있다. 펌프, 모터 및 스팀터바인등은 통상 工場의 120% 負荷率로 연속운전을 할 수 있도록 충분한 여유를 가지고 設計되어 있다. 이것은 실제적인 限界로서 보아야 한다. 그러나 負荷率을 더 늘리려면 로터를 새로 바꾸거나 經濟性이 별로 없는 몇가지 廻轉機械들을 完全히 再生하여 사용하는 것도 必要할 수 있다.

觸媒도 통상 過設計되어 있어서 生産容量을 더 늘려서 運轉할 수는 있지만 觸媒의

---

壽命을 단축하게 된다. 觸媒壽命의 단축을 수용하는 한 觸媒는 工場의 負荷率을 120%까지 올려도 어려운 문제가 없다.

熱交換器는 통상 契約者가 提示한 Fouling factor에서 볼수 있는 바와 같이 모두 過設計되어 있다. 그러나 더 높은 生産容量을 달성하기 위해서는 熱交換器는 언제나 깨끗하게 유지되어야 한다. 따라서 熱交換器를 補修할때나 冷却水를 處理할때는 항상 많은 주의를 기울일 必要가 있다. 水準이 좀 낮게 過設計될수도 있는 가스/가스熱交換器나 煙道가스의 熱回收와 같이 高溫에서 사용하는 熱交換器에는 特別한 주의를 해야 하는데 여유있는 파울링팩터를 가지고 設計를 하였다고 할지라도 이것은 傳熱의 主要所가 되는 放熱部分의 溫度變化를 정밀하게 알수 없기 때문에 再算定하기가 어렵다.

工場의 負荷率을 높게하면 유틸리티가 부족한 경우도 있어서 문제점이 될수가 있다. 그러나 이것은 통상적으로 工場의 容量이 잘 알려져 있으며 過設計되어 있고 非常用 저장탱크도 마련되어 있기 때문에 문제가되는 일은 거의 없다. 유틸리티 費用이 또다른 실책의 原因이 될수도 있는데 유틸리티 사용량이 증가하면 工場의 收益性이 完全히 전복될수가 있기 때문이다.

工場을 整備하는 것은 당연한 일로서 대부분 신경을 쓰지 않는 경우가 있다. 그러나 效率의 改善 특히 生産容量을 增大하기 위하여 에너지진단을 실시하거나 最適化하는데 있어서 工場의 整備는 빈틈없이 해야 할뿐만아니라 工場設計者가 提示한것보다도 더 오랫동안 信賴性 있는 工場運轉을 예측할 수 있도록 完全하게 해야 한다. 補修를 한후 다음 補修를 할때까지의 기간에 더 많은 年間生産을 할 수 있도록 하는 것은 매우 중요한 것이다. 年次補修 대신에 整備를 完全하게 실시한 어떤 대형 압모니아 製造業體는 現在 2年半에 한번씩 補修를 하고 있다. 이러한 補修빈도의 變更은 年平均 生産量을 115~122%로 改善하게 되는데 固定費는 100% 基準으로 支拂하고 100%를 초과하는 모든 製品은 變動費만 支拂함으로 總利益의 增加가 커진

---

다는 것을 計算하기는 어려운것이 아니다.

### (5) 最適化의 評價

의도하는 바가 아무리 좋다고 하더라도 실제 실현할 수 있는 最適工場의 運轉條件은 뜻하는 바와는 다르게 될 수도 있다. 各個操作의 影響은 어느정도 정밀하게 計算될 수 있지만 그의 실제 成績은 評價될 수도 있으며 몇가지 옵션을 적용한 경우 그들의 複合影響을 어느정도라도 정밀하게 예측할 수가 없으며 실제적인 成績은 工場試驗을 完了한 後에야 알 수 있게 된다. 어떤 會社는 理論的 모델에서 實際工場의 成績까지를 해석할 수 있는 手段을 원하고 있다. 이러한 利置가 있다면 最適工場의 成績을 성취하는데 사용될 수 있는 정밀한 計算이 可能하다. 이러한 利置가 없으면 最適化의 結果는 分明하지 않으며 그것은 신중에 치우치게 됨으로 예측한 계산치를 능가하는 일은 거의 없게 된다.

工場에 設置한 옵션의 추정비용도 實際論的 評價에 根據를 두어야 하며 어떤 추가 비용이 발생하면 적절한 豫備費로 충당되어야 한다. 設置費의 推定은 새 工場에 대해서는 빠뜨릴 위험성이 있으며 舊工場에는 새 장치나 다른 장치를 짧은 工期內에 설치작업을 함으로 쉽게 지나쳐버리는 결과를 招來할 수가 있다. 그러므로 그것은 活動力이 많은 下都給業體에게 맡겨서 모든 리스크를 줄이거나 제거하는 것이 좋다.

財政分析은 工場의 工程改善이나 最適化한 年數를 運轉할 수 있는 年數로 集中시키는 또다른 誤謬에 影響을 받기 쉬우므로 더욱 신중을 기울여야 한다. 最適化한 工場은 固定된 設計容量으로 운전되는 工場이 오래되어 빨리 惡化된것 보다 더 높은 生産容量으로 稼動될 수 있기를 기피하는 것이다. 工程改善이나 最適化가 工場을 다시 새것으로 한다는 것과 같은 뜻은 아니며 도리어 그것은 壽命을 줄일 수가 있다. 이러한 이유와 특히 암모니아의 현행 및 豫定價格이 낮은것을 考慮한다면 財政分析을 주의깊게 할지라도 많은 工程改善이나 最適化는 할 수 없을 것으로 생각된다.

---

## 2. 各社別 解決方法

### (1) Haldor Topsoe

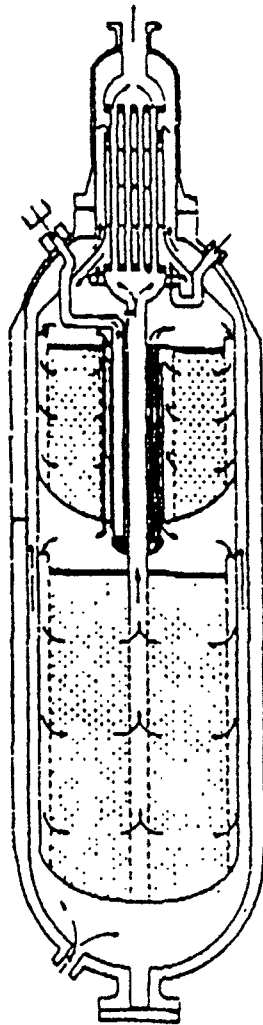
Haldor Topsoe社は 새로 開發 또는 改善한 觸媒와 단위공정의 도입으로 그의 암모니아 技術을 계속적으로 最適化하고 있다. 이 會社가 最近에 특별히 活動해온 分野중의 하나는 既存 암모니아工場의 工程改善인데 舊式合成塔을 Topsoe社가 開發한 S-200 계열의 放射流型 合成塔으로 代替하는 것을 包含하고 있다. 대부분의 경우 既存 合成塔은 各床을 軸流로 흐르는 多重床 漕치冷却式 塔으로 되어 있다. 이와같은 형식의 工場에서는 合成塔을 통과하는 壓力降下가 높고 合成가스의 通過量當 合成率은 낮다. Topsoe社は 合成塔 系統의 工程改善을 하는데에 新型 S-200 바스켓과 壓力셀로 된 漕치식 合成塔의 代替, S-200 바스켓의 설치, 漕치식 바스켓을 S-200 바스켓으로 제자리修整을 하던가 또는 S-50 單床放射流型 合成塔을 漕치식 合成塔의 다운스트림에 설치하는 것등을 包含하는 여러가지 옵션을 提供하고 있다. 合成塔의 工程改善에 대한 옵션의 선택은 암모니아工場의 유형이나 年代에 依存하게 된다.

放射流型에 대한 概念의 長點은 본질적으로 그의 壓力降下가 낮다는 것인데 Topsoe의 S-200 合成塔은 觸媒層間의 間接冷却과 크기가 작은 觸媒의 사용으로 인해서 合成가스의 단위통과량당 암모니아의 合成率이 높게 나타나게 된다. 生産된 암모니아의 量에 따라서 再循環되어야 할 가스의 容積과 이 루프의 壓力降下가 減少하게 됨으로 壓縮에너지가 節約된다.

오래된 工場들을 위해서 Haldor Topsoe는 既存 合成塔系統을 새로운 S-200 바스켓과 壓力셀로 된 合成塔으로 完全 代替할 것을 추천하고 있다. 이 S-200 合成塔은 낮은 내부열교환기를 包含하거나 또는 包含하지 않고 사용할수가 있는데 이것은 反應熱을 高壓스팀의 生産이나 보일러給水의 예열에 活用할 수 있다는 것을 의미한다.

---

**Fig.3: Topsøe's S-200  
Converter Mechanical  
Layout**



---

既存 壓力셀이 Topsoe 社의 S-100 合成塔이나 M.W. Kellogg 社의 소형 合成塔과 같은 Fullbore Closure로 장치되어 있는 工場에서는 壓力셀을 再使用하기 위해서 既存 內裝物만을 신형 S-200 으로 代替할수가 있다. 合成塔이 Fuel-bore Closure (代表的인 것은 Kellogg 社의 標準 켄치식 合成塔)를 가지고 있지 않는 경우에는 “S-200의 제자리 工程改善”이라고 하는 옵션이 사용되어야 한다 (Fig. 3). 既存의 첫째 및 둘째 床은 첫째 放射流床으로 修整되고 셋째와 넷째床은 둘째 放射流型 床으로 修整된 것이다. 新型 內床熱交換器는 첫째 放射流型 床의 中心에 設置되어 있다. 모든 신형 하드웨어 (床底, 內床熱交換器 및 同心의 中央튜브)는 既存 壓力셀上部의 開口를 통해서 導入하여 바스켓의 內部에 組立된다.

既存 合成塔의 狀態가 아직 좋은 比較的 새 工場인 경우에는 S-50의 옵션이 사용된다. 이 S-50 合成塔은 粒子의 크기가 작은 觸媒(1.5~3 mm)를 사용할 수 있는 放射流型의 S-200 合成塔과 同一한 原理로 되어 있으며 壓力降下가 매우 낮다(代表的인 壓力降下는 2 bar). 全體的인 루프의 壓力降下는 既存 合成塔보다 낮는데 그 이유는 S-50 合成塔의 合成率이 增加되고 再循環率은 감소되기 때문이다.

이들 세가지 옵션에 대한 대표적인 에너지節減量은 4床 켄치식 合成塔으로된 1,000 t/d의 M.W. Kellogg 루프를 基準으로 할때 신형 S-200 合成塔의 경우 0.37Gcal/t 이고 제자리工程改善의 경우는 0.28Gcal/t 그리고 S-50의 옵션은 0.38Gcal/t의 에너지가 節減된다.

## (2) Ammonia Casale

Ammonia Casale 社는 암모니아合成塔에 대한 舊型裝置의 改裝을 전문적으로 다루어 왔다. 지난 6年동안에 이 會社는 10개의 다른 特許로 設計한 46基의 舊型合成塔을 改裝하였다. Topsoe 社와 같이 Casale 社는 크기가 작은 觸媒를 開發하였으며 그의 合成塔에 放射流型으로 된 장치구성을 사용하고 있다. 이 概念은 合成塔內

---

의 촉媒가 안정된 후 바이패스되는 것을 방지하기 위하여 放射流床의 上部에 남겨 놓은 “빈공간 (dead space)” 에 추가로 충전한 촉媒를 통하여 가스가 軸流로 흐르게 하는 裝置에 의해서 좀더 改善되었다. 암모니아 1 屯當 0.25 ~ 0.35 Gcal 의 에너지節減이 可能한데 合成루프의 기타 部門에 다소의 수정이 必要할수도 있다.

Ammonia Casale 社は 10 일간의 현장 작업으로 上部에 제한된 開口를 가진 舊型 合成塔의 제자리改裝을 할 수 있는데 23 개의 프로젝트를 成功的으로 完成한바 있다. Casale 社가 이와 같은 획기적인 성공을 하기전 어떤 제조업체는 合成塔 全體를 代替하거나 並設하였으며 補充가스는 분자체로 건조하였는데 이것은 모두 제자리修整을 하는것 보다 費用이 더 높게 들었다.

각 프로젝트는 既存 裝置의 어색함이나 最大 生産容量에서 最大의 에너지節減 그리고 支拂期間에 이르기까지 여러가지로 달성할 수 있는 고객의 經濟的 目標을 참작하여 각각의 기준에 따라 취급되고 있다.

Ammonia Casale 社は 現在 合成塔의 內裝物에 대한 機械的인 設計와 效率이나 信賴性에 불리한 影響을 미치지 않고 費用을 줄여주는 主要 目標의 改善에 대하여 研究하고 있다.

### (3) H&G 엔지니어링

Humphreys & Glasgow 社は 프랑스, 노르웨이, 알라스카, 소련, 중국 및 인도등을 包含한 여러나라에서 암모니아工場의 現代化에 活發하게 종사하여 왔다. 操業中인 工場의 要求條件이 同一한 것은 없다. 그러므로 H & G 社は 各 工場의 要求條件에 따라서 에너지消費量을 줄이고 암모니아 生産量이나 稼動時間을 늘리는등 經濟的 操業을 改善하는데 알맞게 하고 있다.

工場을 完成하기 전에 먼저 실시한 妥當性調査와 에너지監査는 經濟性評價를 하는데 基礎資料로서 사용된다.



---

新型 低에너지 암모니아工場 設計에 사용되고 있는 H&G 社의 技術은 에너지消費量을 줄이기 위하여 舊型 既存 암모니아工場을 改裝하는데도 응용될 수 있다.

H&G 社는 1次改質部門에서 에너지消費量을 줄이는 세가지 다른 방법에 대한 功績을 評價하였다. 첫째로 1次改質爐의 熱負荷量의 일부를 效率을 더 좋게 해주는 2次改質爐로 移送한 것인데 이것은 2次改質爐로 들어가는 煤탄과 工程用 空氣量의 增加를 수반하게 된다. 둘째 옵션은 效率이 더 좋은 觸媒를 사용하여 스팀/카본비를 낮추어 주는 것이며 그리고 셋째로 保溫의 改善이나 煙道가스의 溫度를 낮게 유지해 줌으로서 熱損失을 줄일수가 있다.

탄산가스 제거工程의 再生에너지는 사용하는 溶媒의 種類에 따라 다르게 된다. Benfield 溶媒 工程에 대한 에너지節減은 “LoHeat” 변형의 적용으로 성취하였다. Vetrocoke 溶媒 工程에서는 제 2 再生塔을 設置하여 플래쉬스팀을 利用함으로써 에너지를 節約할 수 있으며 MEA 溶媒 工程에서는 CCAR 아민가드의 변형을 응용할수가 있다. 탄산가스 除去工程은 兩者擇一로 변형될 수 있으며 溶媒는 MOEA로 바꿀수가 있다.

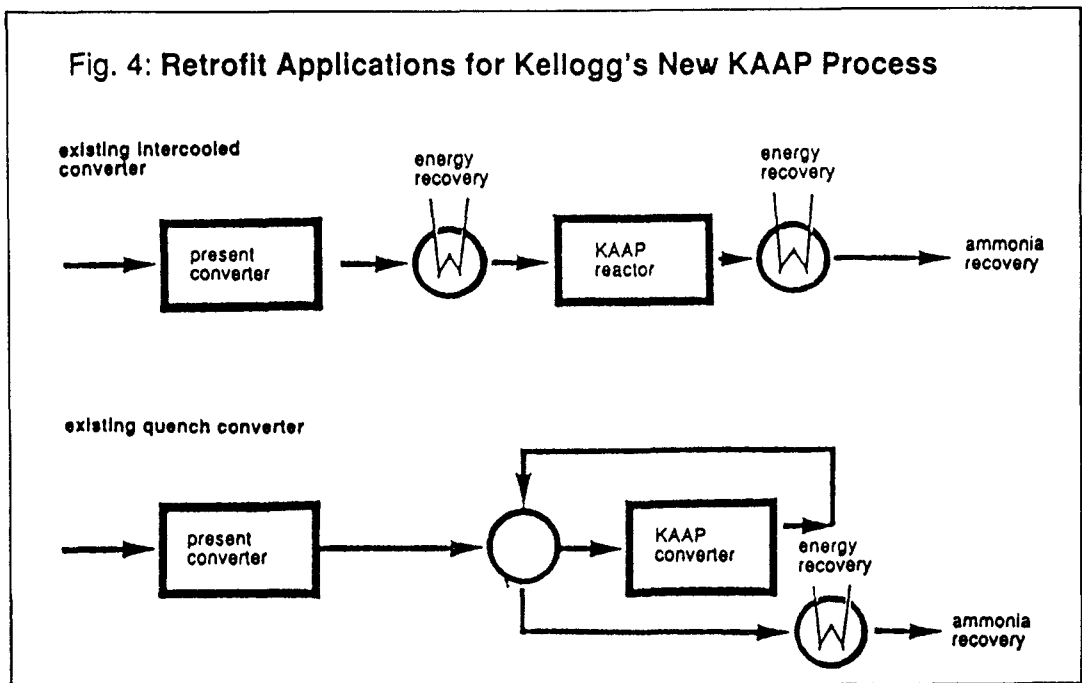
암모니아 合成가스를 合成가스 壓縮機와 冷凍壓縮機로 壓縮하는데 必要한 에너지의 節減을 위한 몇가지 옵션이 고려되었다. 既存 암모니아 反應塔은 더 작고 活動性이 좋은 觸媒를 사용하는 放射流型 反應塔으로 변형될 수 있다. 이것은 合成壓力과 壓縮에너지를 상당히 減少시켜 주는 것이다. 補充가스를 분자체건조기나 암모니아洗滌 장치로 정제하여 순수한 補充가스가 암모니아 反應塔으로 들어가게 함으로서 쉘러나 쉘 파레이터를 사용하는 것보다도 冷凍이나 가스의 循環에 必要한 에너지를 더 줄일 수 있다. 또다른 옵션은 壓力降下가 낮은 새 암모니아 反應塔의 設置인데 이것은 정제된 순수한 補充가스가 단일통로로 들어가게 되어 있다. 암모니아를 제거한 未反應 가스는 既存 암모니아 合成工程으로 들어감으로 이 工程은 낮은 壓力으로 運轉된다.

#### (4) M.W.Kellogg

M.W. Kellogg 社は 1943 年 以來 암모니아工場の 設計와 建設에 活發하게 専事하여 왔다. 이 會社는 시종일관하여 새로 改善된 技術開發을 함으로서 암모니아技術의 先頭자리를 유지하여 왔다. 오늘날 世界의 암모니아 生産量의 약 절반은 Kellogg 의 技術에 의한 工場에서 生産하고 있다.

Kellogg 가 最近에 개발한 것은 Kellogg 와 BP 케미칼이 觸媒와 工程을 共同開發한 Kellogg 의 선진암모니아工程 (KAAP) 이다. 이 新工程은 特許인 카본서포트에 루데늄으로 促進한 根本적으로 다른 암모니아合成 觸媒의 사용에 基準한 것인데 이것은 在來式 觸媒보다 活動성이 10~20 倍 더 높은 것이다.

Kellogg 의 先進 암모니아工程을 希望하는 거대한 市場이 새 工場을 원하고 있지만 이것은 生産容容量을 增大하기 위하여 舊型工場의 改裝에도 사용될수가 있다. 합성 루프에 Kellogg 의 선진 암모니아工程으로 된 小型 反應塔의 活用に 대하여 可能한 두가지 시나리오가 Fig.4에 제시되어 있다.



---

Kellogg의 선진 암모니아工程은 오스트랄리아에서 실시한 오랜 示範運轉의 成功에 따라 立證된 이 技術은 캐나다의 Kitimat에 있는 Ocelot化學의 암모니아工場 現代化로 이제 상업화 될것이다. 단일 反應시스템을 包含한 舊型裝置의 改裝과 기타 計劃된 변형공사가 1992年 봄에 完了되면 Ocelot工場の 生産容量은 40%까지 增加될 것이다.

Kellogg의 先進 암모니아工程에 대하여 상세한 것은 암모니아 合成觸媒의 最近 改善에 관하여 考察하게 될 Nitrogen紙의 다음 號에 게재될 것이다.

#### (5) ICI

ICI가 最近 開發한 암모니아工程인 LCA工程은 本來 設計된바와 같이 工場自體를 改善하는것 보다는 工程改善에 대한 代案이라 할 수 있는데 이것은 1960年代 中半 以來 암모니아工場 設計에 보편적이었던 것과는 매우 다른 設計原理에 따른 것이기 때문이다. 그러나 LCA概念의 어떤점은 既存工場에 有益하게 이용될수도 있다.

經濟規模의 長點을 取하기 위한 “대형화추세”의 在來式 지식에 對比하여 ICI는 LCA工程의 單位容量을 일부러 450 t/d規模로 작게 유지하여 왔는데 總 生産容量을 높이기 위해서는 複數工場の 사용을 주장하고 있다. 이 工程에 있어서 裝置配制的 伸縮性은 중요한 長點중의 하나이며 또다른 長點은 단일장치의 規模가 너무크고 무거운것을 피할수 있다는 것이다. 追加工程의 費用을 最少化하기 위하여 工場이 두 部門 즉 암모니아生産에 가장 중요한 主操業 部分인 核心部門과 現場의 모든 核心部門으로 配分되는 共用 유틸리티部門으로 구분되는데 共用 유틸리티部門은 스팀과 動力 生産, 암모니아冷凍 및 탄산가스 回收系統으로 되어 있다. 암모니아 生産容量은 核心 部門을 추가설치하여 늘릴 수 있다. 그러므로 이 LCA工程의 概念은 新工場의 能率 的인 현장조정을 위한 훌륭한 氣會를 제공해 줄뿐만 아니라 既存 암모니아工場の 効 果的인 擴張이나 또는 代替를 할 수 있는 것이다.

---

암모니아합성촉매, 합성탑設計, 壓縮機 및 퍼지가스중의 水素回收系統의 開發이 때로는 既存 中壓루프의 容量을 20~25%까지 增大시켜 주기도 하지만 全體 루프의 工程改善을 하면은 암모니아 生産率이 增大됨과 同時에 合成部門의 에너지 所要量을 암모니아 屯當 약 0.5Gcal까지 줄일수 있다. 이 에너지의 限界所要量은 補充合成 가스의 增加量에 相應하는 것이다.

合成가스 工場에서 처리되는 原料의 量이 增加될때 壓力降下가 커지는 것을 피하는 전통적인 방법은 裝置를 並列로 設置하고 工程가스라인의 直徑을 크게 하는 것이다. 工程의 效率를 유지하기 위하여 추가로 發生되는 廢熱은 스팀시스템을 통하여 回收되어야 한다. LCA 工程의 合成가스 工場에는 스팀시스템이 없는데 2次 改質爐에서 나온 가스의 모든 熱은 가스로 加熱되는 1次改質爐(GHR)와 2次 改質爐로 直接 工程內 再循環을 하게 된다.

그러므로 部分的 또는 모든 LCA 工程의 가스발생시스템을 既存 工場과 並列로 設置하고 이것을 工程改善을 실시한 암모니아합성 루프에 連結함으로써 既存 앞工程의 容量問題가 除去되며 工程의 에너지 效率와 信賴性 改善에 대한 能力이 커지게 된다.

가정에는 소비절약 기업에는 원가절감