

## — 암모니아 工場의 에너지節約 事例 —

### 〈編輯者註〉

암모니아 製造는 30年前에 比하면 많이 改善되었지만, 아직도 現在, 使用中인 가장 效率인 프로세스라 하더라도 理論量보다 50% 以上の 에너지를 消費하고 있다. 本稿는 에너지 消費를 상당히 節減할 수 있는 암모니아 製造프로세스를 考察하고 現在 利用되고 있는 完全한 低-에너지 암모니아 프로세스中 몇가지를 概觀한다.

歴史的으로 볼 때, 암모니아工業은 에너지節約과 깊게 關聯된다. 비록 M. W. Kellogg가 1960年初에 總合的 熱回收를 隨伴하는 大單位 單一 스트림 프로세스 概念으로 암모니아生産의 에너지經濟에 革新을 가져왔지만, 單位當 에너지消費는 아직도 에너지 所要量의 理論值(18.4 GJ/吨)의 2倍가 넘는 約 40 GJ/吨에 머무르고 있다. 뒤이은 에너지 價格의 上昇과 암모니아 市場에서의 週期的인 脆弱性으로 因하여 암모니아生産者들은 既存工場에 여러가지 에너지 節約型 改造裝置를 設置하게 되었다. 1960年代의 CF Braun 精製法을 例外로 치고는, 低에너지 特徵을 살린 完全한 프로세스를 建設하기 始作한 것은 極히 最近의 일이라 하겠다.

### ○ 改善 分野

1989年初의 Nitrogen 誌에는 典型的인 1,000吨/日 規模의 가스使用 蒸氣 改質型 암모니아工場의 詳細한 紹介가 掲載된 바 있다.

---

이런 種類의 프로세스에서는 改造를 통하여 改善할 수 있는 分野가 많이 있으며 또한 크게 改善되어 왔다. 이 中 最初의 改善은 퍼지가스中的 水素를 回收하는 것이었으며 이것으로 0.7 GJ/吨 程度의 에너지 消費節減이 可能하다.

첫번째 水素回收裝置는 모두가 冷凍裝置에서 메탄, 아르곤 및 多少의 窒素를 液化시키며 이런 形態의 시스템은 더욱 發展되어서 아직도 現代式 암모니아工場에 設置되고 있다. 近來에는 操作壓力限界가 높아졌으며, 한편 몇몇의 新規 암모니아 프로세스는 冷凍시스템을 루프壓力으로 操作할 수 있을 程度로 充分히 낮은 루프壓力(100 bar 또는 그 以下)으로 操作되고, 水素는 合成가스 再循環機의 吸入口에 簡單히 注入시킨다.

그 後의 發展은 오목한 纖維가스 透過膜인데, 이 膜은 水素만을 選擇적으로 通過시키고 그 外 大部分의 重質가스의 通過는 排除한다. 이러한 簡便性 때문에, 이 裝置는 高壓合成루프가 있는 工場의 冷凍形시스템에 對해서는 큰 競爭力을 가지지만, 操作時에 壓力損失이 있어서 水素製品을 簡單히 再循環시키지 못하고 再壓縮시켜야 한다.

在來式工場에서 에너지 節約의 또다른 缺點은 初期 總合 單一스트림工場은 再生式 모노에탄올아민(MEA) 洗滌시스템이나 또는 Benfield나 Cata carb와 같은 hot potassium Carbonate system 中 어느것을 使用하였다. 再生部에는 상당한 量의 低壓蒸氣를 必要로 하며, 特히 MEA 시스템에서는 더욱 그러하다. 炭酸칼륨 시스템은 해를 거듭할수록 꾸준히 進歩하여 再生用 에너지 所要量은 漸次로 減少되었다. 現在 大部分의 再生은 常壓에서 플래싱과 스트리핑으로 이루어지며, 스위프가스(Sweep gas)는 主吸收塔의 上端에 있는 最終 “精製”部를 통하여 循環되는 全體 溶液中 少量의 熱再生으로 發生한다. MEA는 메틸디에탄올아민(MDEA)과 같은 보다 錯化合物 形態의 아민으로 代替되고, 이 MDEA는 二酸化炭素와 훨씬 弱하게 結合하고 또한 負過狀態의 MEA 溶液보다는 腐蝕이 훨씬 덜하다. 이 溶液은 類似한 方法으로 再生되어서 良質의 炭酸칼륨 溶液이 된다. 舊式의 MEA 시스템에서 現代式 MDEA法으로 바꾸는 最

---

近의 改善方法으로 再生에 所要되는 에너지消費를 암모니아屯當 2.7 GJ나 減少시켰다.

Selexol 과 같은 物理的 吸收시스템은 再生用 에너지 所要量이 가장 낮은하지만 (大略 0.3 GJ/屯), 尿素生産에 所要되는 二酸化炭素를 約 70% 以上 回收하기가 困難하다.

初期의 總合式 單一 스트림의 암모니아工場の 合成塔은 通常적으로 簡便性, 信賴性 그리고 低廉性 등을 主目的으로 하여 急冷却方式으로 設計되어 있다. 이 方式의 大部分은 가스가 觸媒床을 通하여 軸方向으로 흐르도록 되어 있다. 急冷却方式은 現在에는 그 選好度가 크게 낮아졌는데 그 理由는 새로 注入하는 合成가스를 反應塔의 中間點으로 注入하여 암모니아 轉化率을 낮추기 때문이다.

工程이 複雜하고 이에 따른 高價에도 不拘하고, 大部分의 最近 設計는 塔內에 設置된 床一 間 熱交換器를 가지고 있다. 壓損이 매우 낮거나 또는 주어진 壓損에 對해서 주어진 觸媒量으로 處理가 可能한 가스流量이 매우 크다는 理由로 因하여, 몇몇 設計에서는 半徑流方式을 採擇하였는데, 이 中 첫번째로 1970 年代에 Topse가 導入하였다. 現在 多數의 合成塔을 보다 效率이 좋은 內部로 새롭게 代替하는 改造를 實施하였다. 이 方式에 依하면 舊式 合成塔보다 0.8 ~ 1.75 GJ/屯을 節減할 수 있게 된다.

특히 初期의 大單位工場中 몇몇은 改質爐를 작게 設計하여 이것이 병목 現狀을 이루었다. 이런 設計中 몇곳은 舊式의 HK 40 觸媒튜브를 mansurite와 같은 耐蝕性이 보다 강한 材質로서 外徑이 같으면서 두께가 보다 얇게된 튜브로 代替하여 性能을 向上시켰다. 이런 改造로서 舊式 튜브에서 보다 더 많은 觸媒를 充填할 수 있게된 것이다. 또한 몇몇 改質爐에서는 熱回收系統(對流部分)에서 改良을 이룩하였다.

특히 작게 設計되어서 應力을 많이 받는 舊式工場の 改質爐는 종종 改質 觸媒에의 炭素折出을 防止하려는 意圖로서 蒸氣 對 炭素 比를 높게 (3.5 또는 2 以上) 維持하여 過熱과 튜브破裂을 招來하고 또한 高溫 轉換觸媒에서 Fisher-Tropsch (炭化

---

水素形成) 副反應을 抑制케 한다. 이런 操業은 根本적으로 浪費인데, 말하자면 過剩 蒸氣가 나중에 合成가스 經路에서 프로세스가스로부터 凝縮하여 廢棄나 處理를 必要로 하는 工程凝縮水의 負擔을 增加시키기 때문이다. 永久的으로 減少된 容量으로 工場을 稼動시키는 것도 不足한 狀態로 된, 既存工場의 運轉條件에서 取할 수 있는 것 이란 別로 없지만, 低-에너지 方式의 完全한 프로세스 工程圖중 몇몇은 改質爐의 高度로 받는 壓迫을 덜받도록 設計되며, 이로써 보다 낮은 蒸氣對 炭素 比를 使用할 수 있게 한다. 同時에 轉換觸媒 組成物과 이 觸媒의 操作에도 改善을 加하여 2.5 程度로 낮은 蒸氣對 炭素 比가 可能케 하였다(轉換部分과 關聯하여 最近에 이루어진 進歩는 Nitrogen의 1990年 3月~4月號에 別途로 提示할 것이다).

#### ○ 完全한 低에너지工程

蒸氣-對-炭素 比는 既存工場에서 操業形態를 改善하거나 變化시킴에 있어서 完全한 解決策을 提示하지 못하는 問題點의 한가지 例가 된다. 여기에는 또다른 面도 있다. 例를들면, 高壓式 合成루프가 있는 工場의 主合成가스 壓縮機는 複雜하고, 高價이며, 그리고 에너지의 多量消費處가 된다. 그러나 低壓合成루프로의 變化를 通하여 經濟性을 높이려는 試圖는 新規의 低價壓縮機라는 距離가 멀리 回收된 에너지를 工場에 再分配하는 方式으로 全적으로 變化시킬 것을 必要로 한다. 이러한 에너지-節減 아이디어를 完全히 利用할 수 있는 唯一한 方法은 完全한 新規工場으로 設計하는 길밖에 없다. 主要 암모니아工場 프로세스 開發者들인- CF Bsaun, Exxon Chemical, ICI, M.W. Kellogg, Topsøe 및 Uhde는 完全한 低에너지工場의 設計를 開發하였다. 이들 各 會社의 工程은 實際操業에서 立證이 되었거나 또는 實用 프로젝트에 選擇되기도 하였다.

#### < CF Braun >

Braun은 이 회사의 精製器암모니아法을 美國에 있는 한 工場에서 1960年代末에 처음으로 稼動 開始하였고 現在에도 이러한 工場이 10基나 存在하고 그 中 가장 最近의 것은 近來에 Trinidad에서 稼動을 開始하였기 때문에, 實際에 있어서 상당히 여러해 前에 低-에너지 암모니아法の의 必要性을 豫見한 것이다. 이 法の 適用原理는 비록 다른 設計者들도 各各 自己나름대로의 開發過程을 通하여 成就하긴 하였지만, 다른 設計者들도 根本 原理를 알고 있긴 하지만 이 法에서 第一改質爐의 應力과 燃料 所要量은 이 第一改質爐의 負荷中 大部分을 第2改質爐로 옮김으로써 많이 減少시키고, 이 法에서 結果적으로 所要되는 過程의 프로세스空氣에 注入된 剩餘窒素는 나중 段階에서 合成가스로부터 除去된다. Braun 精製器法에서 剩餘의 窒素는 液體窒素洗滌유닛에서 除去되고, 이 洗滌유닛은 또는 合成가스中の 거의 모든 不活成가스도 除去한다. 이러한 洗滌으로 合成루프로부터의 小規模퍼지스트림의 多量이 排除되고, 이 스트림은 內部에 設置된 熱交換器없이 두 個의 斷熱反應器, 보다 現代式에서는 세 個를 包含하는 通常의인 合成루프를 이룬다.

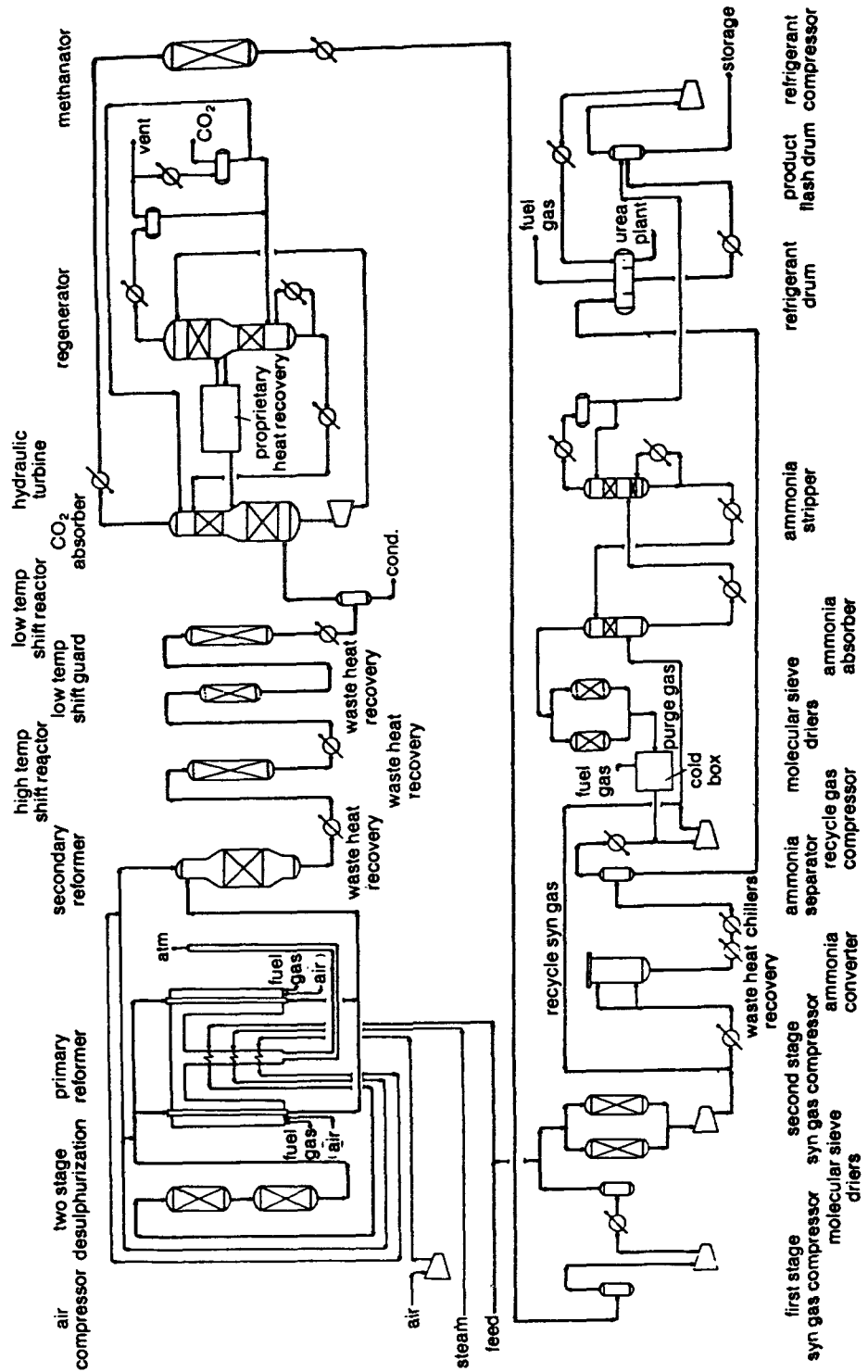
이 工程에 關한 集中的인 說明은 最近의 Nitrogen에 掲載하였으므로 여기서는 再次 記述치 않는다. 이 法은 암모니아 屯當 28 GJ 中の 18 kg/cm의 蒸氣를 輸出한 後의 正味에너지 消費에 對해서 設計할 수 있다.

### < Exxon Chemical >

Bechtel Inc와 協同으로 Exxon Chemical이 開發한 低에너지法을 使用하는 1,600 屯/日 암모니아工場이 Alberta 州의 Esso Chemical's Red water 工場에서 1983 年에 처음으로 稼動되었으며, 原料를 처음으로 注入한 後 15 日만에 암모니아製品이 貯藏탱크로 보내졌다.

이 法은 29 GJ/屯의 總에너지가 所要되는 것으로 發表되지만 通常의인 觸媒, 炭酸칼륨, CO<sub>2</sub> 除去시스템 및 通常의인 蒸氣시스템을 使用하여 實施하고 있다. 이 法の

Fig. 1: Exxon Chemical Low-Energy Ammonia Process



---

工程度는 Fig 1에서 나타내며, 이 特徵은 다음과 같다.

- Exxon 上向燃燒式 改質爐를 使用하되, 튜브의 어느 한쪽 端部에 Pigtail 이 連結되어 있고 :
- 프로세스 空氣壓縮機는 가스터빈 驅動이며, 豫熱된 改質爐 燃燒空氣로서 高溫出口를 提供하며 :
- 機能向上된 炭酸칼륨式 二酸化炭素 除去시스템, 이 시스템은 Selexol 과 같은 物理的 方法보다 더 많은 에너지를 使用하지만, 化學藥品費用은 낮고 尿素製造 用의 二酸化炭素는 100% 回收된다.
- 合成가스가 루프에 들어가기 前에 分子體로서 殘有한 水分과 二酸化炭素를 除去 한다.
- 床間 熱交換器가 있는 radialflour 轉換器 :
- 루프壓力에서 操作되는 低溫冷 퍼지가스 回收시스템 (例컨대, 再循環 吸入口로 排出시키는 式의 )
- 스팀시스템 壓力은 104 bar 로 限定되어서 主가스 壓縮機에 試圖하여 試驗稼動 한 터빈 驅動的 使用을 可能케 한다.

大部分의 新規工場과 마찬가지로, 이 法도 몇가지 初期의 困難을 겪었다. 암모니아 合成塔의 出口에 있는 高壓보일러에서 튜브-對-튜브시트에 漏泄이 發生하였고 이는 끝내는 再熔接으로 마무리하였다. 8-3 個月後에 合成塔의 헤드 조인트의 漏泄을 修理하기 위하여 망가진 가스켓을 代替할 必要가 있었다. 合成가스 壓縮機에서 기어 카플링이 달라 붙어서 다이아프라금 카플링으로 代替하였다. 改質爐 튜브中 그곳에서 絶緣의 缺陷에 依해 上部의 熱을 안받는 部分에 應力 腐蝕크랙이 發生하였다. 熱交換 氣 튜브가 퍼지가스 回收用 콜드박스에서 破裂되어 풀러그하였다. 整備作業準備時 減 壓過程에서 失手하여 合成가스 乾燥器中 하나의 分子體가 망가졌다. 注入가스 脫黃用 코발트-몰리브덴 觸媒에서 약간의 코킹問題가 發生하였다.

## < ICI >

ICI의 AMV 低에너지 암모니아 프로세스를 사용하는 첫번째工場은 Ontario 의 Courtright에 있는 C-I-L Lambton 位置에 建設되었다. 이 工場の 公稱容量은 1,120 屯 / 日이지만, 實際로 1,250 屯 / 日의 率로 稼動되었다. 지난 6個月간의 屯當 에너지 消費는 平均 28.5 GJ / 屯 以下이었다.

1,000 屯 / 日 工場이 中國에서 建設中에 있으며, 이 技術은 New South Wales 의 Newcastle에 있는 Eastern Nitrogen plant에서 改善되었다.

AMV는 第2改質爐에서 過剩空氣(約 20%)로 操作된다. 第1改質爐의 條件은 700 ~ 800 °C, 28 ~ 45 bar 로서 結果적으로 덜 深刻하다. 이러한 條件으로 正常的인 改質爐에 比하여 훨씬 작은 改質爐의 使用을 可能케 하고, 蒸氣對 炭素比는 2.7 ~ 2.8이 된다. 剩餘窒素는 곧바로 合成루프까지 가게된다. 合成루프는 低壓(約 80bar 에 不過함)으로 操作되어서, 壓縮費用을 상당히 節減한다. Lambton工場을 建設한 以來, ICI는 Casale 軸一半徑流 轉換器를 選擇하였는데, 이는 작고, 壓損이 낮아 機械的 信賴性이 結合된 것이다. 또한 ICI가 自體開發한 高性能 觸媒 74~1을 使用한다. 루프의 窒素레벨은 實質적으로 퍼지를 없애고 窒素와 不活性价스를 低壓으로 操作되는 低溫分離器에서 水素로부터 分離하여 循環壓縮機의 吸入部로 排出시켜서 調節한다.

AMV의 特性은 工場에서는 蒸氣터빈만이 空氣壓縮機와 交流發電機를 驅動시키는 點, 프로세스에 使用되는 蒸氣는(實際는 約 50%)는 循環된 工程凝縮水로 注入되는 飽和器로 供給된다는 點 그리고 合成가스 補給 壓縮機와 循環壓縮機는 別途로 되어서 電氣로 驅動된다는 點이다. 實際로 가스 壓縮機는 Single-barrel 機械이다. 二酸化炭素를 除去하는데 Selexol physical solvent process 를 使用하는 Lambton 工場에서, 補給 가스 壓縮機는 메탄化反應에 쓰이는 가스를 再加熱하기 위하여 壓縮



---

熱을 使用하려는 目的으로 메탄化反應器의 上流에 設置되어 있다. 萬一, MDEA이거나 Benfield CO<sub>2</sub> 시스템을 使用하였으며, 壓縮機는 루프의 入口側의 正常位置에 設置한다.

操業初期에는 몇가지 問題點이 Selexol 溶媒에서 물로 因해 發生하여, 效率을 減少시켰다.<sup>11</sup> 이 問題는 脫水器와 凝縮水 녹아아웃드럼을 改造함으로 解消되었다. 1986年과 1987年에는 停電과 計電系列의 故障으로 여러번 稼動停止하였다. 空氣壓縮機와 誘導-通風 送風機에는 1988年에 베어링 故障이 있었고, 펌프에는 몇가지 機械的 故障도 있었다.

프로세스쪽에도 몇가지 問題點이 分明해졌다. 廢熱보일러의 設計에서, 튜브가 汚損되는 것에 對備하기 爲하여 餘裕를 두었다. 그러나 實際에는 汚損이 發生치 않아서 傳熱面이 너무 큰 것으로 나타나고 過熱器裝置에도 熱이 不足케 되었다.

튜브속의 길다란 페를로서 問題點을 없었다. 第2改質爐로부터의 期待 以上の 메탄 漏泄은 버너設計를 改善하고 觸媒의 一部를 除去하여 混合空間을 더 許容함으로써 解決되었다. 高溫轉換器에서 어느 期間이 지난 後에 炭化水素가 形成되기 始作하여 壓力損失을 增加시켰다. 改造가 HTS 觸媒를 HTS 觸媒床의 上部에 充填하여 이 問題를 매우 效率的으로 解決하였다.

合成塔의 가스分散器가 不適切하게 設計되어서 觸媒를 휘저어 粉碎시켜 壓力損失을 增加시켰다. 그렇지만, 工場은 105% 以上으로 操業하면서도 에너지 消費에 別問題가 없었으며, 稼動을 開始한지 2年半만에야 損傷된 觸媒를 交替하고 이 觸媒를 재자리에 잡아두기 爲하여 觸媒의 上部에 그리드를 設置하였다.

AMV 프로세스의 特徵은 ICI의 最近의 開發에서 可히 革命的인 ICI 프로세스라고 認識되었는 바, 이 會社는 이 프로세스를 이의 Severnside 位置에 한 雙의 450 屯/日의 代替工場에 使用하였다.

注意할 點은 第2改質爐에 過剩空氣를 注入한다는 것이고, 또한 注入가스 飽和器가

---

設置되어 있고, 이 飽和器에서 工程用 蒸氣所要量の 90% 以上을 收得하며, 모든 壓縮機驅動은 電氣로 되고, 低壓루프가 있다. 그러나, 이 프로세스는 두가지 觀點에서 以前의 것과는 根本적으로 相異하다. 첫째는, 第1改質反應을 進行시킴에 있어서 버너에서 오는 缺陷이 아니라 工程熱을 使用하며, 大形爐 代身에 길다란 실린더型 熱交換器가 있다. 둘째는, 可能的 限 프로세스 유닛은 유틸리티로부터 隔離되고, 各工場에 하나의 合成루프 廢熱보일러가 있는 것을 除外하고는, 모든 工程熱은 蒸氣發生이 아닌 프로세스에서 再使用된다.

이 프로세스는 通常的인 鐵-크롬으로 된 高溫轉換觸媒를 包含하지 않기 때문에, Fisher Tropsch反應에 依한 炭化水素의 形成傾向이 없으며, 또한 第一改質爐의 條件이 매우 輕하기 때문에 AMV에서 보다 심지어 蒸氣對 炭素比가 낮은 2.5를 使用할 수가 있다.

總 에너지 消費은 암모니아 屯當 7.0 G cal (29.3 GJ) 로서 提示된다.

LCA의 가장 印象的인 操業上 利點中 하나는 再稼動時間이 매우 짧게 걸린다는 것이며, 심지어 冷狀態로부터도, 12時間內에 암모니아 生産이 可能하고, 溫狀態라면 단지 3~4時間 以內에 트립에서 原狀回復되고, 이 現狀은 將來에는 2時間帶로 短縮될 것이다.

LCA는 效率에 減少없이 容量을 70%까지, 낮힐 수 있으며 設計容量의 10%에서도 操業이 可能的 것으로 公表하고 있다. 改質爐에 버너가 없고 단지 工程空氣豫熱器와 유틸리티 보일러만 있기 때문에, 2基의 Severnside工場은 암모니아 屯當 0.56 내지 0.66 kg NO<sub>x</sub>를 放出하는 같은 容量의 在來式 工場과는 對照적으로, 암모니아 屯當 단지 0.08 kg NO<sub>x</sub>만이 放出한다. 工程凝縮水는 工程內에서 完全히 再使用되고 排出示킬 必要가 없다.

今年初에 있었던 Chiyoda Corporation과의 ICI 라이선스契約이 있는 다음에, 10月에는 Dutch-based 엔지니어링 그룹인 KTI의 新所有主人, mannesmann과의 두

---

번째 라이선스契約이 있었다고 發表되었다.

### 〈M. W. Kellogg〉

Kellogg는 비록 그의 技術에서 書類上的 뚜렷한 證據가 恒常 不足하긴 하였지만, 그의 低에너지 工程圖에 나타낸 것을 보면 몇몇 競爭者들 보다는 根本的인 試圖가 不足한 것 같다. Kellogg의 低에너지 計劃의 根本體系는 改質爐의 對流帶에서 回收한 많은 熱을 改質爐 注入스트림, 改質爐 燃燒空氣 및 第2改質爐用 工程空氣를 豫熱하도록 되어 있는 것으로 보인다. 이로써 改質爐의 燃燒溫度를 낮게 하고, 反對로 改質爐의 工程가스의 壓力을 높혀서, 主壓縮機의 費用을 節減케 한다. Selexol 二酸化炭素의 除去시스템을 使用하고, 合成가스는 分子體 乾燥器를 通過하여 암모니아 合成塔 속으로 直接 注入되게 된다. 이것이 Kellogg의 水平式 인터쿨링 設計이다.

天然가스를 原料로 使用하는 工場用的 低에너지 工程圖를 開發하는 것 以外에도, Kellogg는 다른 프로세스로부터 받는 水素-含量이 높은 오프가스를 使用하는 암모니아 工場을 建設하였는데, 이 工程은 울타리 넘어서 他工場에서 水素를 供給받기 때문에 在來式 프로세스에서는 가장 큰 에너지 消費處라 할 수 있는 改質爐 部分이 不必要하게 되고 몇몇 境遇에는 또한 CO<sub>2</sub> 轉換部分까지도 不必要하기 때문에, 이런 觀點에서 低에너지 프로세스라 하겠다. 또한 最終精劑에 窒素洗滌시스템을 使用하게 되면 심지어 메탄化反應器조차도 不必要하게 되고, 合成가스中の 不活性가스含量도 퍼지가 不必要할 程度로 낮아진다.

이러한 形態의 첫번째 工場은 Georgia Pacific에 있는 520 噸 / 日 工場으로서, 水素注入量의 70%를 메탄올 퍼지가스에서 供給받고 나머지는 苛性소다-鹽素工場에서 供給받는다. 그 以後에 Kellogg는 1986 年에 캐나다 西南部의 British Columbia 州의 Kitimat에 있는 Ocelot에 類似한 工場을 建設하였으며, 最近에도 英

---

國에 한 工場을 建設하였다. 이 工場은 Hull에 있는 BP Chemicals' acetyls 工場에다 M. W. Kellogg의 監理下에 建設한 Kemira Ltd의 所有이다. 750 屯/日 工場은 아세트酸과 無水아세트酸 製造施設에서 供給받는 두 水素스트림을 利用하고 있다. Georgia Pacific 工場과 마찬가지로 注入物의 一酸化炭素를 洗滌하는데 窒素洗滌시스템을 利用하고 있다.

### 〈Haldor Topsøe〉

Kellogg와 마찬가지로, Haldor Topsøe도 根本적으로 어떤 새로운 프로세스를 導入하기 보다는 오히려 既存의 암모니아 프로세스의 段階를 最適化함으로써 에너지 消費량을 體系的으로 減少시켰다. 最近에 Topsøe가 設計한 工場으로서 稼動하게 되는 것 中の 하나는 인도네시아의 P.T. Kalimantan Timur에 있는 KALTIM-III 工場이다. 이 工場은 Chiyoda Corporation, Mitsubishi Corporation 및 P.T. Rekayasa Industry 가 콘소시움을 形成하여 建設한 것으로서 1,000/1,180 屯/日 工場이고 1,725 屯/日의 尿素工場과 連結되어 있다.

이 프로세스는 改質爐煙道가스로 부터 高度의 熱回收, Benfield LoHeat 二酸化炭素除去프로세스, Topsøe S-200 암모니아合成塔 및 合成루프, 高效率蒸氣시스템, 熱回收 및 回轉裝置를 그 特徵으로 한다.

蒸氣시스템은 尿素工場과 統合式으로 되어 있고 또한 2基의 舊工場인 1,500 屯/日 KALTIM-1 과 KALTIM-II 工場과 함께 共用퍼지가스 回收施設을 使用한다. 이 프로세스에 對한 詳細한 說明은 最近서 提示된 바 있다.

이 工場의 암모니아製品은 1988 年 12 月 11 日에 처음으로 生産되었으며, 1989 年 2 月 3 日에 15 日間の 連續 試驗稼動한 後 假引受하였다. 試運轉中の 에너지 消費는 平均 7.02 / G cal / 屯 ( 30 GJ/屯 ) 이었다.

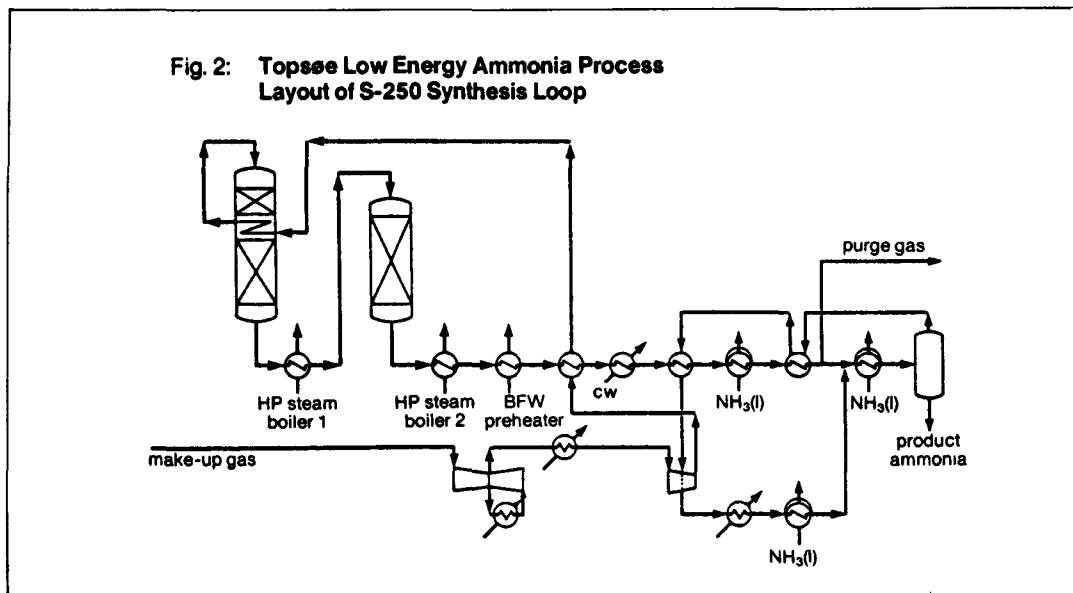
Topsøe는 將來의 프로젝트에서 性能을 向上시켜 에너지를 節減할 수 있는 또다른

방법을 模索하고 있다. 改質爐 注入物을 炭素折出의 危險없이 낮은 蒸氣-炭素 比로 高溫으로 豫熱할 수 있도록 하기 爲하여, 重質 炭化水素, 特히 芳香族 炭化水素의 全部를 一酸化炭素와 메탄으로 轉換하는 高性能의 Topsøe-自體開發한 觸媒를 使用하는 斷熱式 “豫備轉換” 段階를 主張하고 있다.

낮은 蒸氣-對-炭素 比의 不必要한 副作用을 相殺하기 爲하여, Fisher Tropsch 反應을 덜 促進시킬, 이 反應은 전혀 促進시키지 않는 銅을 基劑로 하는 高溫 轉換觸媒를 비롯한 轉換觸媒를 開發하였다. 이 觸媒의 效果는 Nitrogen 誌의 1990年 3月 ~ 4月號에 掲載할 것이다.

Topsøe는 또한 ICI가 LCA 프로세스에서 使用하는 것과 原理가 類似한 熱交換改質爐를 試驗하고 있다.

合成루프에서 Topsøe는 高度의 熱回收에 支障이 없으면서 암모니아의 收率을 向上시키는 새로운 三層(S-250) 合成構成을 開發하였다. 이 루프는 第3 觸媒層을 包含하는 50 系列 反應塔과 함께 케스케이드로 된 200 系列의 2層合成塔으로 構成되어 있다 ( Fig.2 ).



---

암모니아를 高收率로 얻기 爲하여는 第3層의 溫度가 第2層의 溫度보다 낮아야 하기 때문에, 가스는 S-200 容器的 出口에서 廢熱보일러를 通한다.

### < Uhde >

지난 20年間, Uhde 는 프로세스效率, 工場の 信賴性 및 總體的 費用的 改善을 目的으로 繼續적으로 암모니아開發 프로그램을 維持하여 왔다. 이로써 Uhde 의 低에너지 프로세스 概念이 創出되었는데, 이는 NH<sub>3</sub> 屯當 단지 6.64 Gcal (27.8 GJ) 의 純에너지 消費를 나타낸다. BASF 는 Antwerp 의 1,00 屯/日 프로젝트에 이 프로세스를 選定하였다.

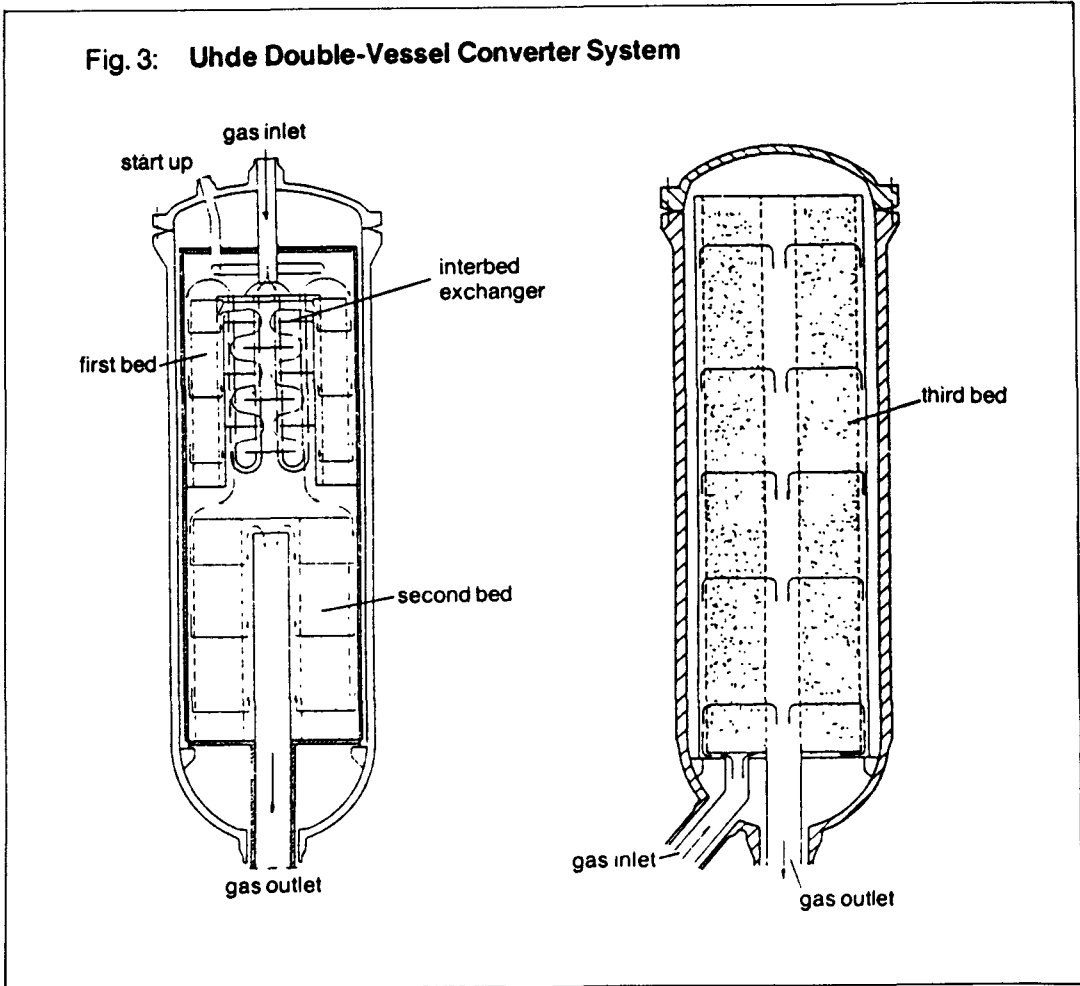
Braun 과 AMV 와 같이, 第1改質爐의 負荷中 一部를 第2改質爐에 空氣를 過剩으로 供給하고 이를 600℃로 豫熱하는 方式을 取함으로써 第2改質爐에 轉嫁시켰다. 第1改質爐의 溫度가 낮아지기 때문에, 100,000 時間의 튜브의 設計壽命을 短縮시키지 않으면서도 觸媒튜브의 壓力을 5 bar 높였다. 改質爐의 注入混合物의 豫熱溫度도 또한 580℃로 높여서 改質爐의 輻射帶域의 燃燒所要量을 더욱 減少시키게 하였다. 第2改質爐의 下流의 工程熱은 一部 高壓蒸氣를 發生시키고 一部는 過熱蒸氣로서 回收한다.

二酸化炭素의 分離에는 BASF MDEA 프로세스를 選定하였다. 이 法은 CO<sub>2</sub> NM<sup>3</sup> 當 320 Kcal의 比에너지를 消費한다.

Uhde 는 合成루프에서 Topsøe 와 같은 概念을 導入하였다. 卽, 第一容器에 2個의 層이 있고 또한 第2容器에 1個의 層으로 되어 總 3個의 層으로 된 半徑流 合成塔 시스템을 導入하였다.( Fig.3 ).

廢熱보일러는 2個의 合成塔의 出口에 位置한다. 이러한 手段에 依하여 루프로부터의 蒸氣生産量은 在來式工場の 암모니아 屯當 1.1 屯에서 1.5 屯으로 增加된다. 이런 形態의 루프의 또다른 特徵은 水冷却器와 冷가스/가스 熱交換器의 最適化配列이라 하

Fig. 3: Uhde Double-Vessel Converter System



졌는데, 이 配列에서 80%의 암모니아가 凝縮된다. 冷却안된 암모니아는 루프에서 分離하여 除去하게 되며, 이러한 루프는 冷凍유닛의 에너지를 節減케 된다. 또한 高溫의 液體암모니아는 메탄의 溶媒로서 作用하고, 따라서 퍼지가스가 적게 排出되고 補給가스도 적게 追加된다. 나머지 암모니아의 2基의 急冷器에서 凝縮된다. 퍼지가스는 補給가스가 添加되기 直前の 不活性价스含量이 最高點이 되는 곳에서 排出된다.

補給가스는 注入될 때 急冷帶를 通過한다. 끝으로 퍼지가스 回收시스템이 있으며, 이 곳에서 AMV와 같은 方式으로 過剩窒素를 除去한다.

---

第1改質爐, 이의 多枝管 및 移送配管의 設計 그리고 第2改質爐와 이의 廢熱보일러 設計는 Uhde가 過去 20年間 使用한 것 그대로이다. 高壓蒸氣系統은 125 bar로 操作된다.

다른 프로세스 開發會社와 마찬가지로, Uhde도 또한 改質을 工程熱로 遂行시키는 方案을 研究하고 있다. 세가지 過程, 卽 한 熱交換器에서의 第1蒸氣改質, 部分酸化 및 斷熱式 觸媒改質은 모두 組合自熱改質爐 ( Combined Autothermal Reformer ) ( CAR )으로의 잘 알려진 單一의 容器에 設置되어 있다. 이 프로세스는 하나의 튜브로 된 試驗工場에서 1987年 6月 以來 數個月 동안 試驗하였다. 實際의 工業的 規模의 試驗工場을 建設中에 있으며, 1990年에 稼動케 될 것이다. Uhde는 推定하기를 部分酸化用 空氣分離裝置의 設置費를 勘案하더라도 自熱 암모니아 合成裝置가 “從來”의 低에너지工場에 比하여 15%의 費用節減이 있을 것이라 한다.

아껴 쓰는 에너지 내 집 크고 나라 크다