

에너지節約型 암모니아工程

(Source : Fertilizer International 293 Jan.1991)

編輯者註

肥料産業에 있어서 암모니아生産工程은 가장 복잡한 동시에 가장 에너지集約的인 것이다. 보편적으로 사용되고 있는 生産方法은 다량의 에너지를 消費하거나 또는 發生하는 몇가지 別個의 工程段階를 필요로 한다. 그런데 에너지값이 상승하였기 때문에 에너지消費量을 절감하여 生産原價上의 經濟性을 높이는 것은 가장 큰 力點이 되고있다. 1980年代의 期間中 암모니아生産에 있어서 에너지소비량은 既存工場의 現代化에 점차 채택되고 있는 여러가지 獨自的인 改善에 對處하여 지대한 관심의 초점이 되었다. 本文은 이들 開發의 結果로서 얻어진 主要 低에너지工程들을 검토한 것이다.

암모니아生産에 있어서 에너지消費量의 問題를 거론할때 생각해야할 제일 중요한 것은 炭水化物形으로된 에너지가 原料나 燃料 兩쪽에 使用되고 있다는 事實이다. 原料消費量의 節減에 의한 工程效率의 改善이나 動力, 스팀 및 燃料消費量의 節減(또는 回收에너지等の 剩餘分增大)에 의한 유틸리티效率의 改善은 모두 低에너지소비나 低生産原價로 測定될 수 있다.

암모니아生産의 初期以來 암모니아製品 1噸當 에너지소비량은 Coke-Oven式 工程을 使用하던 時代의 約 88GJ(880억 Joule)에서 오늘날의 新工程에서는 30GJ以下로 減少되었다. 天然가스의 스팀改質에 의한 現代식 工場에서는 使用된 天然가

스의 약 2/3는 原料로 그리고 나머지 1/3은 燃料로 쓰이게 된다. 現行 技術로 바라보는 에너지소비량은 암모니아제품 1톤당 25GJ이다.

오늘날 工學者들이 原料와 燃料의 總消費量을 40GJ/t·NH₃ 정도로 낮추기 위한 集中的 改善을 해온 결과 1960年代에 최초의 600t/d 또는 그 이상의 生産容量을 가진 단일암모니아工場을 建設할 수 있게 되었다. 1970年代 後半以來 에너지값의 상승과 自由競爭에서의 製造業이 살아남기 위한 기본적인 투쟁은 에너지節約에 대한 研究의 推進力이 되어왔다. 지금까지 提示된 가장 낮은 에너지消費량은 27~28GJ/t 정도이지만 이것은 대단한 功績이라 할 수 있다. 天然가스原料의 熱量을 利用하므로써 工程의 燃料需要量을 初期의 單一壓縮技術에 比較하여 50%以上 줄일 수 있었다.

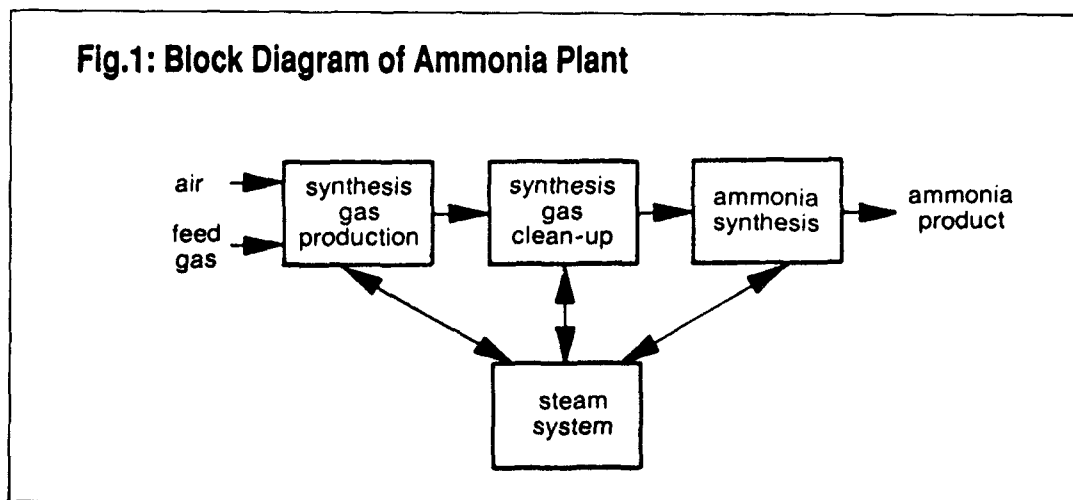
1960年代와 1970年代의 슬로건은 規模의 經濟(Economies of scale)에 力點을 두고 에너지의 節減에 力點을 두어왔는데 이것은 기존工場設備의 改補修와 새로운 에너지效率化方法의 構築으로 성취되고 있다. 암모니아工場에서 에너지를 節減할 기회는 지극히 다양하다. 一連의 연결된 工程들로 구성된 암모니아工場의 工程圖에서 어떤 部門은 發熱反應(熱을 발산하는 것)을 하고 또다른 部門은 吸熱反應(일을 하기 위하여 熱을 要하는 것)을 하는데 이들 각각은 個體的으로 에너지效率을 最適化할 수 있다. 다시 말하면 개별부분의 최적화만을 尊重하지 않고 全體工程의 에너지를 最適化할 수 있다. 또한 많은 個別工程 段階의 에너지최적화를 위해서 資本의 支出, 工程效率 및 에너지效率의 成績이 매우 다르게 적용할 수 있는 여러가지 代替方法들이 있다.

本文은 天然가스의 스팀改質을 基底로한 암모니아工程의 에너지效率改善에 關하여 특별히 요약한 것이다. 암모니아工程의 現代化와 改補修에 關係되는 에너지의 問題點에 關해서 本紙(Fertilizer International No.278, Oct.1989)의 前刊號에서 記述한바와 같이 本文은 低에너지方法으로서 開發되어 온 완벽한 工程에 關하여 特別히 取扱하였다. 讀者의 理解를 위해서 재래식 天然가스 암모니아工程의 主要 工程段階와

그들의 밀접한 에너지관계를 여기서 간단히 몇마디로 要約하면 다음과 같다. 더 상세한것은 觸媒와 관련된 工程을 자세히 다룬 잡지 (FI, NO.278, Oct.1989 및 FI, NO. 275, July 1989) 와 Nitrogen 紙 各號를 참조할 수 있다.

암모니아는 합성탑 (Converter) 으로 알려진 反應塔 (Reactor) 에서 觸媒의 存在 하에 窒素와 水素가 접촉하여 合成되는데 실제 原料는 窒素源인 空氣와 水素源인 天然가스이기 때문에 合成反應이 일어나기 전에 여러가지 다른 工程段階를 거치게 된다.

암모니아工場의 간단한 블록다이어그램을 보면 Fig.1 과 같다. 재래식 工程은 다음과 같은 세가지 主要 段階로 되어있다.



1. 水素와 일산화탄소를 生産하기 위한 스팀 / 가스改質
2. 일산화탄소의 轉化反應과 탄산가스 제거
3. 암모니아合成

改質反應部門은 2 단계로 일어나는데 1 차개질과 2 차개질로 되어 있다. 1次 改質爐에서는 脫黃되어 깨끗한 가스와 觸媒를 충전한 튜브내에서 스팀과 접촉된다. 가스와 스팀의 反應은 發熱反應이며 약 400bar 까지 올린 적절한 壓力에서 일어나는데 工程燃料의 대부분은 이 부문에서 사용된다. 스팀의 소요량은 工程의 다른 部門

(대부분 2次改質爐)의 廢熱에서 發生되며 충분한 스팀이 炭化水素의 대부분을 水素로 轉化하는데 供給된다.

1次改質爐에서 나온 가스는 2次改質爐를 통과하는데 2次改質爐에서는 窒素와 水素間의 最終的인 轉化反應(암모니아合成)에 對備하여 水素發生反應과 空氣로부터의 窒素를 얻기 위한 서로 다른 反應이 일어난다. 1次改質가스는 2次改質爐에서 공기와 접촉하여 燃燒되며 空氣中の 酸素는 탄화수소를 水素로 轉化하는데 完全히 사용되어 버린다. 이 反應은 지극히 높은 發熱反應인데 여기서 나온 막대한 量의 廢熱은 보통 스팀으로 回收되며 이 스팀은 1次改質爐의 反應物質로서 그리고 터빈이나 回轉機械의 驅動力으로서 사용되며 工程을 비교적 낮은 溫度로 加熱해 주는 目的으로도 사용된다.

轉化反應部門은 일산화탄소를 이산화탄소로 轉化하고 여기서 合成가스가 合成塔으로 들어가기 전에 炭酸가스를 제거될수 있도록 하는 反應이 포함된다. 炭素酸化物은 암모니아合成反應에 不利한 영향을 미치므로 이 部門의 工程(CO轉化 및 CO₂제거部門)은 全體 암모니아生産效率에 매우 심각한 영향을 미친다. 高溫轉化部門은 울통불통한 觸媒를 사용하는데 效率이 다소 낮으며 한편 低溫轉化部門은 效率이 좀더 높은 반면(CO의 잔류량을 낮추는 것) 觸媒에 대한 害毒이 더 예민하다. 高溫反應은 또한 많은 에너지 消費量이 수반된다. 보통 高溫轉化部門과 低溫轉化部門은 가장 效率이 좋은 結果를 얻기 위하여 연속 배열을하여 사용된다.

轉化反應塔에서 나온 가스스트림은 통상적으로 아민溶液이나 훗카보네이트溶液으로 洗滌하여 대부분의 탄산가스를 제거한다. 다음 가스스트림에 최종적으로 남아있는 미량의 炭素酸化物은 메탄화에 의해서 제거되는데 이 메탄화반응은 스팀/가스 改質의 逆反應과 같아서 유용한 水素를 浪費해 버리게 된다. 그런데 메탄化反應은 CO₂를 제거한 合成가스중에 남아있는 炭素酸化物의 量이 매우 낮을 경우에만 사용될수 있는 것이다.

일단 이들 모든 공정을 거쳐나와 사실상 水素와 窒素 (미량의 메탄과 공기로부터 잔류된 불활성가스 포함) 만으로 조성된 合成가스는 암모니아合成루프로 도입된다. 觸媒에 의한 암모니아合成反應은 상대적으로 낮기 때문에 비록 高壓反應이라 할지라도 未反應가스를 合成塔에 連續적으로 재순환시키기 위한 재순환루프가 필요하다. 루프內에 점진적으로 증가되는 不活性价스는 未反應된 水素가스와 함께 루프로부터 퍼지스트림 (Purge stream) 으로 빼내버린다.

과거 암모니아合成塔의 壓力은 1000 bar에 이르렀으나 지금은 에너지節約 때문에 再循環量이 비록 크게 增加하더라도 암모니아合成塔의 壓力을 상당히 낮게 하는 것이 보통이다. 이것은 1960年代에 遠心式壓縮機를 사용한 거대한 단일 암모니아工場의 도입으로 劃期的인 성공을 이룩하였다. 루프壓力이 150~200bar인 合成塔을 一過하여 얻는 合成率은 약 15%정도이지만 觸媒性能의 改善, 특히 助觸媒의 사용으로 새로운 가능성을 만들어 내고 있다.

오늘날 工程의 특징은 改質爐條件의 壓力을 암모니아合成루프 壓力으로 올리는데 훨씬 적은 壓縮力 (에너지를 적게 사용하는 것) 을 사용하여 루프壓力을 70~80 bar 정도로 낮게 할 수 있다는 것이다.

○ 에너지節約

에너지節約을 위한 가능한 方法이 현재 조금씩 調査되고 있는데 原料는 물론 燃料나 장치를 운전하는 에너지의 모든 節減量을 에너지節約으로 나타낸다.

○ 改質

1. 1次改質爐는 效率를 높이기 위하여 더 높은 壓力으로 운전될 수 있는데 보통 改質爐튜브의 機械的 限界에 接近한 조건에서 운전되어진다. 더 좋은 튜브를 사용할수록 더 높은 壓力으로 운전할 수 있으며 더 좋은 觸媒를 사용하면 여유가

좀 있는 조건에서와 같은 成績을 낼 수 있다.

2. 스팀 / 카본比를 감소시키면 상당한 量의 스팀을 節約할 수 있으나 1次改質爐에서 反應되지 않은 炭化水素가 더 많이 생기는 結果를 초래한다. 舊式工場에서는 改質爐의 고장을 방지하기 위하여 스팀 / 카본比를 3.5 또는 그 이상으로 하였으나 더 좋은 튜브와 觸媒를 사용하는 현재의 工場에서는 스팀 / 카본比를 2.5 정도로 낮게 할수가 있다.

3. 1次改質爐가 여유가 없는 조건이면 改質되지 못한 더 많은 炭化水素가 2次改質爐로 넘어가게 된다. 이것은 過剩의 窒素가 工程으로 들어오게 되는 結果가 되는데 이 과잉질소는 工程의 다음 단계에서 除去될 수 있다.

○ 轉化反應과 炭酸가스除去

1. 일산화탄소를 이산화탄소로 轉化하는 反應을 改善하는 것은 全體的인 工程率에 매우 중요하다. 예를 들면 성능이 좋은 低溫觸媒를 사용하면 이 轉化 反應을 合理的인 費用으로 改善할 수 있다.

2. 여러가지 탄산가스 洗滌工程은 많은量의 스팀을 사용하는데 적절한 代替工程을 채택하여 사용하면 상당량의 스팀을 節約할 수 있게 된다.

○ 암모니아合成反應

1. 암모니아合成塔 內部를 통한 壓力강하는 壓縮費가 더 드는 結果가 되는데 放射狀(Radial)이나 放射軸型(Ax:al-radial) 概念등으로 壓力降下를 줄일수 있게 設計한 새로운 合成塔은 壓縮費를 낮출 수 있다.

2. 더 낮은 루프壓力과 改善된 觸媒를 사용한 운전도 또한 壓縮費의 節減이 된다.

3. 루프의 퍼지가스로부터 水素를 회수하는 것은 原料를 節約하게 되는 것이며 이 水素는 回收하지 않으면 손실되는 것이다.

○ 總 括

1. 工程의 어느 단계에서 觸媒의 성능을 改善하는 것은 좀더 여유가 있는 조건하에서 운전하는 것보다도 더 좋은 結果를 얻을 수 있다.
2. 암모니아工場의 全工程圖에는 특히 고도로 정교한 綜合시스템에서 에너지결산 (Energy-Audit) 方法에 基準하여 에너지의 사용을 最適化해야할 때가 매우 많다. 工場의 規模가 40GJ/t 정도의 공정에 대하여 몇가지 가능한 에너지節減量을 나타내는 規準을 보면 아래와 같다.

퍼지가스중의 수소회수 : 0.7GJ/t, CO₂ 제거 (저압스팀소비량) : 2.7GJ/t, 合成塔 및 루프設計 : 0.8 ~ 1.75GJ/t.

위에서 열거한 低에너지消費技術과 현재 많은 研究員들이 提案한 바 있는 其他的 技術에 基準하여 암모니아工程을 만들었는데 몇가지는 상업적으로 完全히 입증된바 있다. 극소수의 新工場들이 건설되고 있던 時期이었으나 逆設적으로 兢心한 競爭上의 優位性鬭爭을 양을 수 없는 에너지값이 매우 높은 時期인 1980年代 初期에 이들 많은 研究開發이 이루어졌다.

○ C F Braun 工程

1960年代以來 상업적으로 사용되고 있던 이 工程은 사실 그 時代를 보다 앞서갔던 것이라고 말할 수 있다. 이 工程의 基本概念은 가스의 예상가격이 1백만 Btu 당 0.5 \$ 정도이었던 당시 California에서 開發하였는데 이것은 실질적으로 美國의 허구적인 공상에 지나지 않은 것이었다. 그 당시 일반적 想像力을 훨씬 뛰어넘어 開發된 많은 技術로 몇基의 工場들이 建設되었으나 最初의 投資費를 낮게하기 위하여 低에너지 原理가 거의 無視될 수 있었던 다른 工程과 比較하여 상업적 성공은 곧바로 이루지 못하였다. 그러나 20年이상이 지난 지금도 Braun 工程은 1989년 말로서 110年이상의 成功的인 운전기록을 가지고 상업적으로 입증된 훌륭한 低에너지를 기

준한 設計中の 하나로 평가되고 있다. 지금은 몇가지 기초가 되는 工程原理가 다른 암모니아工程에 채택되고 있다.

Braun의 精製工程의 核心은 2次改質爐와 메탄화工程을 거쳐나온 정제된 合成가스에 보통 과잉질소 및 이와 함께 存在하는 미량의 조성물을 제거하기 위하여 合成루프의 極低溫部門에 과잉공기를 사용하는 原理이다. 極低溫精製裝置는 合成가스를 液體窒素로 洗滌하여 메탄, 알콘 및 미량의 水分과 炭化水素를 제거하는 것이다. 이 方法에서 순환하는 合成가스는 퍼지가스로부터 필요한 水素가 分離回收되도록 水素와 함께 增加되는 통상적인 불순물을 씻어준다.

發熱反應을 하는 2次改質爐에서 여분의 空氣를 사용하는 것은 보다 유용하게 쓸 수 있는 더 많은 量의 높은 熱을 발생하기 위한 것이다. 또한 더 많은 改質이 2次改質爐에서 進行되기 때문에 吸熱反應을 하는 1次改質爐의 조건은 燃料에너지의 손실이 감소되고 장치의 수명이 연장되어 엄격함이 훨씬 줄어든다. 1次改質爐와 2次改質爐가 아직 여유가 있는 조건이면 改質爐에서 나오는 좀더 높은 量의 메탄슬립(methane slip)이 있어도 묵인될수 있다는 것인데 이 메탄은 極低溫 정제장치에 의해서 除去될수 있기 때문이다. 炭酸가스를 除去하는 데에는 低에너지 MDEA 系統이 사용되고 1980年代 중반이래 改質爐의 스팀 / 카본比는 3이하로 가능하게 되었다.

Braun 암모니아工程의 또다른 특징은 合成塔을 設計하는데 “운전자와 친숙하게 (Operator friendly)” 라는 용어를 사용한 것이다. 보통 둘 또는 그 이상의 內部 熱交換器가 없는 斷熱合成反應塔이 設計된다. 觸媒는 反應塔의 플랜지를 완전히 열고 충전하거나 빼내는 작업을 하도록 되어있다. 좀더 새로워진 Braun의 設計技術은 壓力降下가 더 낮게 改善된 合成塔의 設計에도 反映시켰다.

잉여스팀의 貸付를 허용하는 會社는 암모니아 1톤당 28GJ의 正味에너지 소비량으로 工程을 設計할 수 있다고 주장하고 있다.

○ Exxon 工程

엑손케미칼사는 1983년에 알버트주 레드워터에 그의 새공장을 建設하기 위하여 契約者 Bechtol과 함께 放射流型(Radial flow) 合成塔設計와 엑손社自體의 1次改質爐는 물론 極低溫퍼지가스 回收工程을 組合한 低에너지 암모니아工程을 開發하였다. 特許를 받을 수 있게 만든 이 工程은 암모니아 1톤당 29GJ로 목적달성을 할수 있는 것이며 여러가지 다른 精巧한 장치들도 반영시킨 것이다. 이 工程에서 특별히 力點을 둔 것은 예를 들면 改質爐의 運轉信賴度에 있었다.

이 工程의 主要 特徵을 要約하면 아래와 같다.

1. Exxon의 1次改質爐는 위에서 着火되어 밑으로 흐르며 改質爐 튜브의 어느 끝에나 特徵이 있는 피그테일이 있다. 後者는 고장이 났을때 튜브를 고립시킬 수 있으며 정지시간을 적게 해주는 결과가 되어 不必要한 정지시간중 放熱部門의 熱損失을 감소시켜 준다.
2. 가스터빈은 工程의 空氣壓縮機를 驅動해주며 1次改質爐에 豫熱된 燃燒空氣로서 사용할 수 있는 더운 空氣를 배출해 준다.
3. 훗 포타시움카보네이트 系統의 炭酸가스 除去部門은 觸媒를 사용하여 에너지 수요량을 낮게 할 수 있다.
4. 分子체건조기를 사용하여 合成루프 入口에서 水分과 炭酸ガスを 除去한다.
5. 인터베드熱交換器 (Inter-bed heat exchanger)가 있는 放射流型 合成塔를 사용한다.
6. 루프壓力에서 운전되는 極低溫 퍼지가스 回收裝置를 사용하며 極低溫冷却裝置는 펄라이트(Pearlite)를 채운 셸(Shell)로 에워싼 스테인레스 스틸과 알루미늄 熱交換器로 마련되어 있다.
7. 스팀은 壓力은 104bar로 生産된다.

Exxon은 알버타工場이 그의 低에너지 소비량에 기준한 設計로 設計容量보다 10%이상의 生産率을 示範할 수 있었다고 말했다. 또한 그것은 工場이 建設되었던 당시 사용가능한 기계의 效率보다도 더 좋은 장점을 취하였기 때문에 正味에너지소비량은 한층 더 改善될수 있었다고 진술하였다.

○ ICI 工程

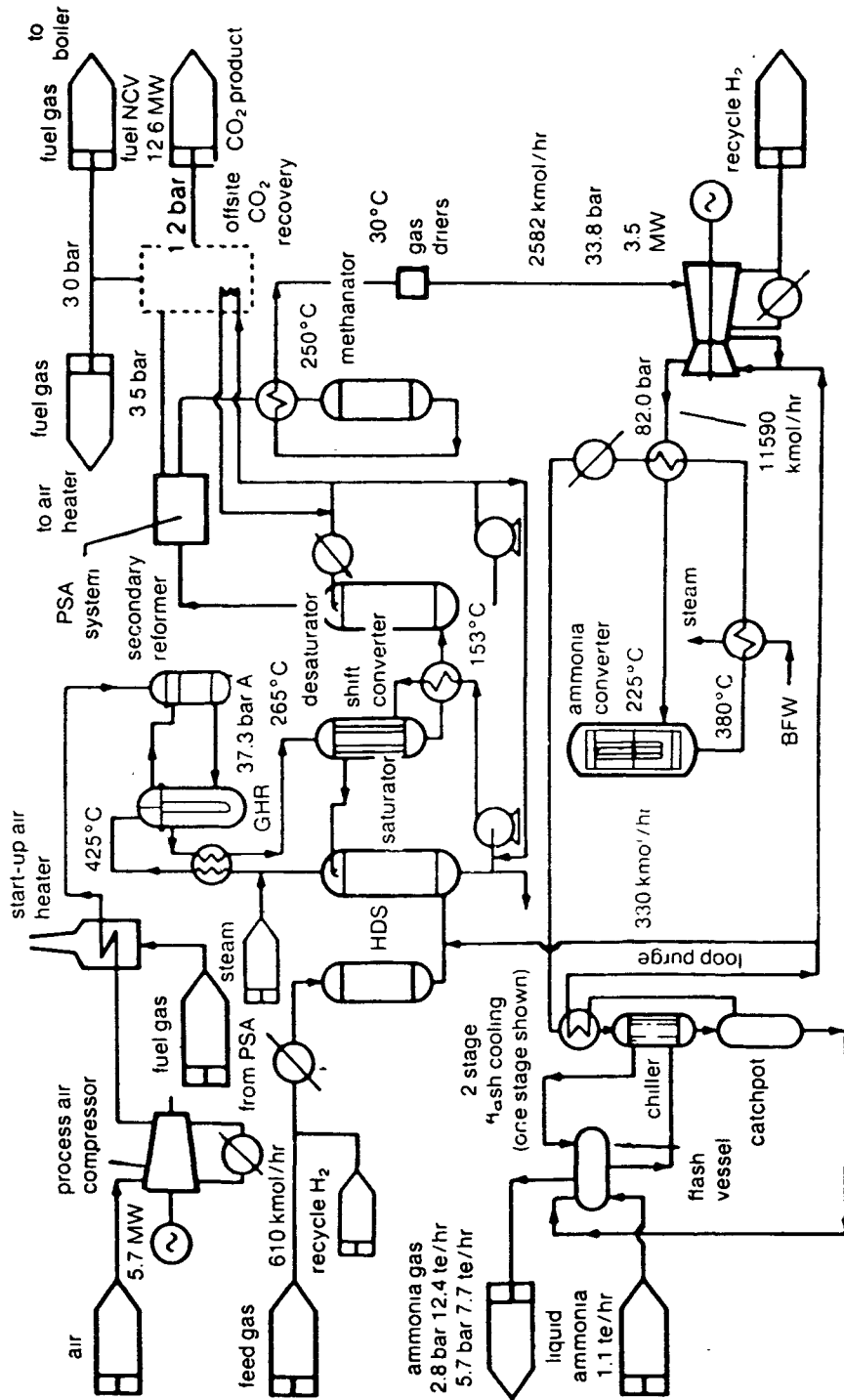
ICI가 최초 상업적으로 성공한 低에너지 암모니아工程은 1984年 Lampton 現場에 있는 VMV 工程의 시운전에서였다. 이 工程의 概念은 新設 또는 舊型裝置의 改造에 응용하기 위하여 다른 工場에도 사용되었다. 이 工程은 매우 活動성이 큰 合成觸媒 (ICI 觸媒 74-1)의 사용으로 매우 낮은 合成루프의 壓力을 가지고 2次改質爐에서 과잉공기 (25%까지)의 사용을 兼하고 있다는 점에서 Braun 精製工程의 연장이 라고 할 수 있다.

改質의 대부분이 2次改質爐에서 일어나고 있기 때문에 1次改質爐에 대한 原料와 燃料의 所要量이 상당히 減少되며 이 개질로의 規模도 보통보다 훨씬 작아지게 된다. 改質爐의 壓力은 28~45bar 이고 스팀 / 카본比는 2.7~2.8 이다. 이에 比例하여 재래식 炭酸가스 除去工程은 MDEA 또는 改善된 핫 카보네이트와 같은 系統을 사용한다.

合成루프自體는 약 80bar로 운전되며 최근 合成루프設計의 변형으로 規模가 작고 壓力降下도 낮아진 캐살放射軸形合成塔 (Casale-axial Converter)의 設計를 선택하였다.

工程圖 (Fig.2)의 앞工程에 대한 배려는 ICI가 최근 더 개발한 LCA (Leading Concept Ammonia) 工程의 根本으로 되었음이 分明하다. 이 概念은 또한 小規模 예를 들면 400~500 t/d 容量의 工場에 대한 에너지效率이 大規模工場에 대한 低에너지工程의 에너지效率과 사실상 동일하다는 사실이 눈에 띄게 나타나는 것이다. 工

Fig.2: Flow Diagram of ICI's LCA Process (450-t/d plant)



場의 規模에 따른 經濟性은 生産容量의 成長이나 合理化가 더 침체된 요즈음에 있어서 작은 것이 좋다는 도전을 받고 있다.

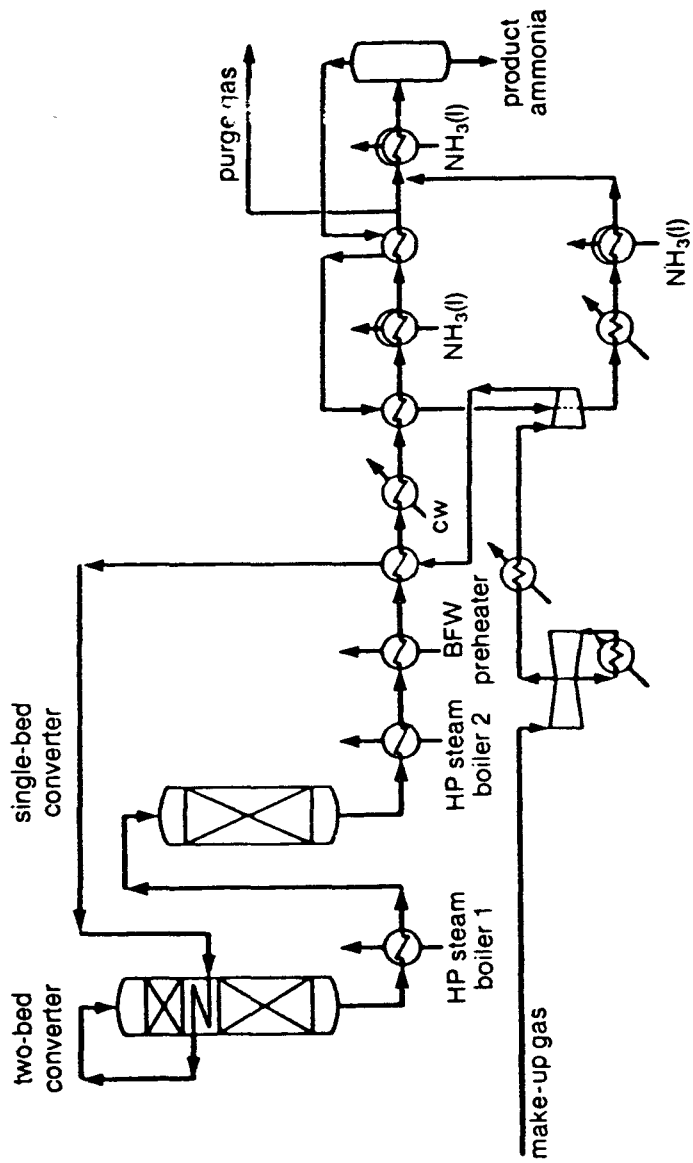
LCAI 工程의 도입에 따른 一大變化는 암모니아工場들이 스팀工場을 가지고 있어야 한다는 생각을 덜어주게 하는 것이다. 재래식工程 (특히 改質爐部門)의 廢熱보일러로부터 다량의 스팀발생은 에너지節約工程 방법이 비록 가동율을 低水準으로 낮춘다. 할지라도 스팀集積系統에서 이 熱源의 복잡한 활용에 통상적으로 관련된다는 것을 의미한다. 엄밀한 對比를 하면 LCA 工程은 2次改質爐 (發熱反應)에서 發生된 熱을 1次改質爐內의 觸媒가 들어있는 튜브를 加熱해 주는데 사용한다.

이 목적을 이루기 위한 裝置의 배열은 매우 간단한데 이를테면 1次改質爐를 2次改質爐위에 배열하는 것이다. 이 工程은 다른 工程과는 매우 다른 特徵이 있어서 과잉공기가 2次改質爐에 送入되며 다음에 1次改質爐에서 필요로 하는 모든 熱은 燃料을 태우는 버너의 放射熱보다는 2次改質爐에서 나오는 뜨거운 工程가스의 熱을 사용하게 된다. 그러므로 在來式 1次改質爐의 大聖堂의 모양과 같은 구조를 전용특허인 가스加熱式 改質爐 (Gas Heated Reformer: GHR)로 바꾸었는데 이 GHR는 觸媒를 충전한 튜브가 치밀한 耐火벽돌로 內裝된 熱交換器內에 效果的으로 배열되어 있는 것이다. 2次改質爐의 反應熱로부터 스팀壓力을 높여야 할 필요가 크게 감소되기 때문에 全體적으로 스팀集積系統은 더 이상 필요하지 않게 된다.

合成가스중의 炭酸가스, 不活性价스 및 과잉질소는 壓力變動吸着方式 (Pressure Swing adsorption)에 의해서 除去된다음 合成가스工場으로 재순환된다. 암모니아 合成자체는 고도의 活動性觸媒를 사용하므로써 100bar 이하에서 반응이 일어난다.

대부분의 廻轉裝置는 전기를 사용하여 驅動되며 스팀으로 驅動되는 터빈이 없기 때문에 스팀壓力을 100bar 이상으로 올릴 필요가 없고 스팀은 60bar의 壓力으로 生産한다. ICI는 英國 Severnside에 있는 自體의 450t/d 容量을 가진 2基의 工場에서 示範運轉을 한바 있는데 이 工程의 正味에너지 消費量은 암모니아 1톤당 29.4

Fig.3: Topsøe Low Energy Ammonia Process Layout of S-250 Synthesis Loop



GJ이었다고 報告하였다.

○ **Haldor Topsøe 工程**

덴마크의 Lyngby 에 있는 Haldor Topsøe 社は 다년간 암모니아技術開發에 참여 해온바 있는데 주로 觸媒開發과 合成塔設計分野를 다루어왔다. 실제로 Topsøe의 壓力降下가 낮은 放射狀合成塔은 알버타洲의 레드워터에 설치한 Exxon工場에 참여되었다. 이 會社の 低에너지 암모니아工程圖는 工程의 배열을 재래식 순서로 하였는데 그것은 改善된 觸媒를 사용하고 熱回收集積系統에 대한 對備를 하므로서 最適化되었다. 지금까지 根本적인 新概念이 반영된바는 없다.

이 會社は 비록 LCA 工程에서 사용한 概念과 유사한 熱交換形 改質爐工程에 대하여 研究하고 있다고 報告되었지만 재래식 1次改質爐와 2次改質爐의 設計는 改善된 冶金術과 高性能觸媒의 사용에 전력을 다하였다. 炭酸가스 除去는 Selexol, MDEA 또는 低熱홉카브네이트와 같은 低에너지工程들이 사용되며 Topsde 合成루프는 재래식으로 約 140bar의 壓力에서 운전된다.

合成루프에 있어서 Topsde는 특히 높은 合成率을 내는 루프를 만들기 위하여 3床으로 구성된 合成塔을 개발하였다. Fig.3은 S-250 루프를 나타낸 것인데 그 特徵은 2床의 放射流型合成塔(S-200)과 그 뒤에 이어지는 單床의 放射流型合成塔(S-50)으로 구성된 것이다. 암모니아의 產出量을 더 높이기 위해서 세번째 床의 溫度보다 더 낮게 유지해야 하므로 가스는 2床合成塔(S-200) 出口에 있는 廢熱보일러로 통과시킨다.

○ **M. W. Kellogg 工程**

1960年代중반 대형 암모니아工場의 概念을 도입한 것으로 되어있는 이 會社は 여러해동안 새로이 채택된 것들이 너무 많아서 投資費를 낮게 유지할 수 없는 어려움

을 극복해냄으로서 좋은 결과를 가져왔다. 基本的인 대형공장과 에너지節約概念(오늘날의 것과 비교하여)이 수립된후 그것은 1970年代를 통하여 低廉한 가격으로 設置할 수 있는 設計패키지(design package) 賣物을 곧바로 구입할 수 있게 하는데 全力을 다하였는데 이것은 지극히 成功的인 方式이었음을 알게 되었다.

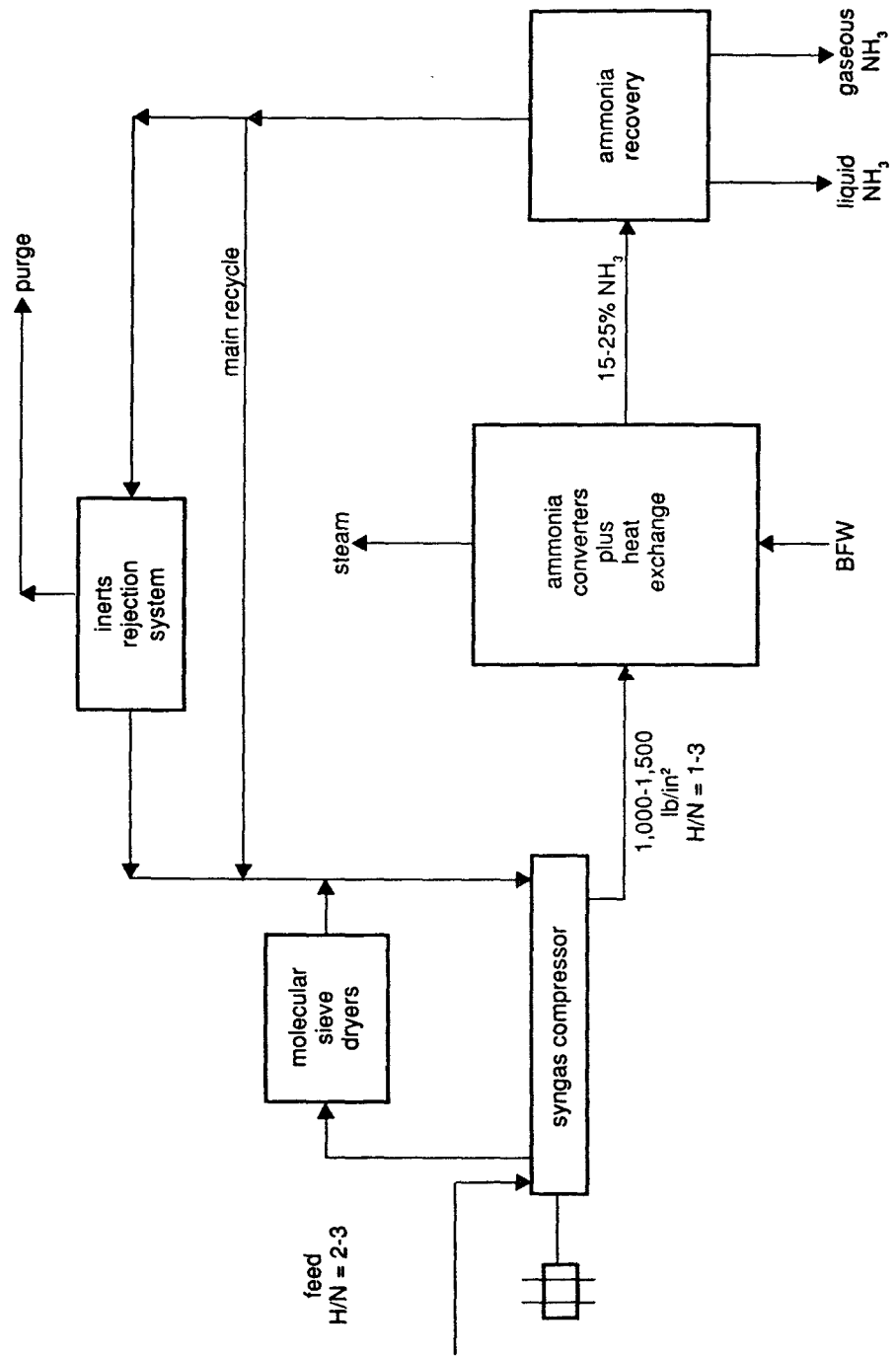
그러나 Kellogg는 결국 低에너지레이스(race)에 참여하였으며 재래식 공정도를 基準으로 에너지消費량을 改善하기 위한 精巧한 장치로 工程說計를 다시 하였다. 처음에 이것은 最少에너지 암모니아工程(Minimum Energy Ammonia Process:MEAP)이라고 命名하였으나 그후 最少라는 것은 아직도 에너지消費량을 더 줄일수 있다는 사실을 반영하기 위하여 縮小에너지 암모니아工程(Reduced Energy Ammonia Process:REAP)으로 改名하였다. 이 原理의 사용으로 1983년에 建設하여 稼動하게 된 최초의 工場은 캐나다 Sherritt Gordon社의 1,100t/d 容量의 工場이었다.

이 工場의 根本的인 特徵은 1次改質爐에서 燃料에너지의 效率上昇과 결부시켜 좀더 여유있는 運轉條件을 주는 高壓(35bar), 低溫으로 1次改質을 하는 것이다. 탄산가스 제거는 低에너지系統으로 알려진 분자체건조기(Molecular Sieve Driers)와 같은 기타 정교한 장치와 함께 채택하였다. 암모니아루프는 재래식 壓力인 150~200bar이며 Kellogg의 水平形 암모니아습成塔이 사용되었다. 퍼지가스로부터의 水素回收도 設計에 포함될수 있는데 이것도 역시 其他에너지 最適化手段의 特征이 있는 것이다. 이 會社는 Sherritt 工場의 正味 에너지消費량이 다른 新암모니아 工程의 方法과 同一한 範圍인 7GCal/t(29GJ/t)이 하였다고 진술하였다.

最近에 開發한 것은 工場의 더 잘하여 生産을 最大로 하고 에너지消費를 最少로 할 수 있게 設計한 Kellogg의 암모니아옵티마이저와 Kellogg의 改質形 熱交換器系統이 포함되는데 이것도 역시 新암모니아工場의 에너지消費량과 最初의 投資費를 줄이는 것이다.

가장 最近에 Kellogg가 發表한 劃期的인 技術의 發見은 전통적인 鐵觸媒보다 10

Fig.4: Kellogg Advanced Ammonia Process Synthesis Loop



~ 20 배 더 큰 活動性을 가지고 있다고 주장한 非鐵觸媒를 사용하므로써 現行 암모니아 觸媒技術의 傾向을 깨뜨리게 되는 Kellogg의 新形 암모니아工程 (Fig.4) 이다. 이 工程은 Kitimat에 있는 Ocelot 암모니아社의 工場에서 상업화되는데 舊型裝置의 改裝作業이 1992 年에 完了되도록 계획되어 있다.

○ Uhde 工程

Uhde는 여러해동안 암모니아分野의 都給業體로서 일해왔는데 最近에 Antwerp에 있는 BASF社의 1800t/d 容量의 프로젝트에 새로운 工場의 概念을 실시할 機會가 있었다. 工場設計의 主要 特徵은 2次改質의 과잉공기이며 그리고 直列로된 2基의 合成塔을 사용한 放射狀 合成塔의 設計이다.

1次 改質爐는 좀더 높은 壓力과 낮은 溫度에서 스팀 / 카본比를 약 3으로 줄여서 운전된다. BASF社의 CO₂ 洗滌은 MDEA 系統을 사용하며 퍼지가스回收系統은 合成가스에서 나오는 剩餘窒素를 제거하는데 使用된다.

이 會社는 또한 工程의 熱을 사용하여 改質하는 工程을 研究하고 있다. 熱交換器에서 的 1次改質, 部分酸化 및 觸媒에 의한 斷熱改質의 組合으로 되어 있어 綜合自動 加熱改質爐 (Combined Autothermal Reformer)로서 알려진 한 系統이 상업규모의 工場으로 1990 年에 示範運轉에 들어갔다.

○ PDIL 工程

인도의 PDIL社가 개발한 2重合成 / 2重分離루프가 비록 완전한 工程은 아니더라도 여기서 언급할 價値는 있다. 이 工程의 概念은 直列로된 2段階의 合成塔 / 分離器를 使用하여 150bar와 250bar의 壓力사이에서 運轉되는 재래식 암모니아工場의 에너지消費量을 減少시키는 方法으로서 論議되었던 것이다.

이 技術을 채택하면 合成塔入口의 암모니아와 不活性가스의 濃度가 平衡條件이 유

리하게 바뀌어지도록 同一한 壓力에서 운전되는 통상의 재래식 루프에서 보다 훨씬 더 낮아진다. 첫째와 둘째 合成塔으로 들어가는 가스의 流量은 最新 低에너지 암모니아工程의 단일 합성탑에 送込되는 대표적인 가스容積에 비하여 각각 50%와 35% 정도이다. 한가지 결과를 보면은 合成가스의 재순환 容積이 보통 豫상容積의 약 25%에 불과하였다. PDIL에 따르면 合成루프의 전체적인 에너지消費量은 암모니아 1톤당 24.7GJ까지 줄일 수 있다.

○ 其他技術

實際로 상업화된 上述한 모든 工程의 方法에 부언하면 工程의 方法에 따라 여러가지 다른 概念들을 그 主題의 복합적 知識의 縮積에 포함시켜 내놓은 것이다. 英國의 Humphreys & Glasgow社는 특히 AMV의 開發에서 ICI와 함께 工程 및 用役의 파트너로서 참여하고 있던 1980년대의 期間中 많은 討論에 공헌을 했던 會社이다.

1980년대 중반에 카본析出의 위험이 없이 전체적인 스팀 / 카본比를 낮게 하기 위하여 原料가스를 1次改質爐 주위로 바이패스시킨 BYAS 工程이 검토되었는데 불행히도 이 工程은 무시된 것으로 생각되는 技術이다. 어떤 事業의 進行過程에 참여하고 거기서 일어난 여러가지 改補修作業에 참여할때 그들의 専門知識을 적용한 사람은 유사한 취지를 가진 여타의 업무에도 그들이 사용했던 專門知識을 사용하게 된다.

물론 專門知識을 가진 사람들의 아이디어가 앞으로 더 發展될 것으로 기대된다.

외제 좋다 남용할때 우리기술 발전없다