

## == 암모니아 酸化에 의한 窒酸製造技術 ==

( Fertilizer International No, 300 August 1991 )

### 編輯者註

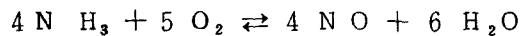
하버-보쉬 ( Haber-Bosch ) 법에 의하여 窒素와 水素로 암모니아를 직접 合成할 수 있게 된 1913 年以未 암모니아酸化法은 舊式 窒酸나트륨 ( 칠레초석 ) 과 濃黃酸의 증류를 수반하는 칠레硝石工程 ( Nitre Process ) 을 代替할 수 있는 窒酸製造技術의 기초가 되었다.

암모니아酸化法은 2 단계로 되어 있는데 第1段階는 암모니아가 白金觸媒의 存在하에 空氣와 연소하여 1酸化窒素 ( NO ) 를 형성한다. 高溫燃燒反應이 일어난 후 第2段階 酸化反應이 일어날 수 있도록 冷却된 反應가스는 空氣와 한단계 더 酸化되어 2酸化窒素 (  $N O_2$  ) 로 된 다음 물에 吸收되어 窒酸을 형성한다.

本文은 工程圖의 주요부분에서 工程의 결정에 영향을 미치는 사항들을 완전하게 理解할 수 있도록 全體 窒酸生産 工程에 대하여 간략한 개요를 記述할 必要가 있지만 여기서는 암모니아의 酸化工程에 관해서 집약하고자 한다.

## ○ 암모니아의 酸化

窒素工程의 第1段階는 사실상 암모니아의 酸化部門이라 할수 있다. 약 10%의 암모니아를 함유하는 암모니아와 空氣의 混合物은 예열된 다음 거즈형의 百金-로듐觸媒의 중첩층을 통과하면 다음과 같은 反應이 일어난다.



격렬하게 일어나는 이 反應은 95% 이상의 工程收率을 얻을수가 있는데 각 암모니아分子는 극히 짧은 시간인  $10^{-11}$ 秒동안 觸媒의 表面에 접촉하여 1酸化窒素로 酸化된다. 量論的인 과잉공기의 量은 이 平衡反應(可逆反應)이 1酸化窒素의 生成에 유리하게 할수 있도록 마련된다.

觸媒거즈의 정상적인 運轉溫度는 선정된 운전압력과 기타의 要因에 따라 좌우되는데 대략 700-950℃이다. 사용하는 과잉공기의 比率은 反應條件에 따라 다르지만 새 공장일수록 높게 되는 경향이 있다.

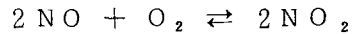
## ○ 冷却

比較的 격렬한 反應이 일어난 후 반응가스는 후속흡수반응을 위하여 大氣溫度前後로 冷却되어야 한다. 最新工場의 酸化過程中 放出되는 熱量은 6.9 MJ/t( $\text{HNO}_3$ )인데 이 熱量中 50% 이상은 良質의 熱이며 效率的인 熱回收는 工程의 經濟的인 면에서 매우 중요한 것이라 이 熱은 통상적으로 壓縮機의 터바인을 운전하기 위한 高級스팀을 발생하는데 사용된다. 비교적 低級熱이라 할지라도 配壓터바인(Expansion turbine)의 動力으로 사용하는 工程가스를 再加熱하는데 사용할 수 있다.

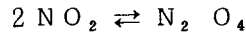
---

○ 酸化와 吸收

버너에서 나온 工程가스가 冷却될때 第2次 酸化反應이 始作된다. 충분한 空氣의 존재하에서 冷却을 하면 1酸化窒素가 더 잘 酸化하여 2酸化窒素로 된다.

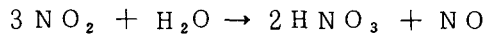


이 反應도 可逆反應인데 反應가스는 적절한 轉化率을 달성하기 위하여 대략 200℃로 冷却되어야 한다. 溫度가 大氣溫度에 근접하게 되면 2酸化窒素도 平衡狀態의 2數體(Dimer)를 형성한다.



2數體의 形成은 사실상  $NO_2$ 의 濃度を 낮추기 때문에  $NO-NO_2$ 反應에 유익하며 2數인  $N_2O_4$ 가  $NO_2$ 보다 反應性이 더 좋기 때문에 吸收工程에 유익하다.

물에 吸收하는 反應은 트레이식 탑(Tray tower)이나 또는 유익한 장치에서 일어난다.



○ 設計 및 運轉에 대한 考案

버너部門의 反應率은 高壓일수록 더 높으며 한편 암모니아의 轉化效率은 低壓일수록 더 높다. 高壓(10-15 bar)工程은 장치가 작고 가스體積이 작으며 熱回收의 잠재성이 더 좋다. 그러므로 高壓工程이 더 널리 選好되고 있다. 平衡의 偏向(Eg- uilibrium bias)때문에 高壓酸化工程에서는 과잉공기를 더 많이 사용하고 있다.

壓力이 높을수록 溫度가 높게 됨으로 버너部門의 運轉은 側反應(Sidereaction)이 조장된다. 실제에 있어서 大氣壓으로 運轉되는 암모니아버너는 대표적인 觸媒거즈의 溫度가 790-850℃이고 轉化率이 약 97-98%인 반면 10.5 bar로 운전되는

---

버너는 촉매거즈의 溫度가 940 ℃부근이고 轉化率은 94-95 %이다. 3.5 bar로 운전되는 버너는 촉매거즈의 溫度가 870 ℃이고 암모니아의 轉化率은 96-97 %이다.

촉매거즈로 부터 損失되는 百金의 量은 壓力에 따라 증가되는데 大氣壓에서 약 0.05 - 0.07 g/t ( HNO<sub>3</sub> ), 3.5 bar에서 0.14-0.18 g/t ( HNO<sub>3</sub> )이며 10.5 bar에서는 0.3-0.35 g/t ( HNO<sub>3</sub> )이다. 이와 같은 값비싼 촉매의 일차적인 損失은 本文의 다음에 記述하는바와 같이 여러가지 방법으로 最少化하거나 回收할 수가 있다.

吸收部門의 轉化率과 反應率은 버너부문과는 대조적으로 高壓일수록 더 좋다.

#### ○ 運轉壓力

窒酸生産工程에 있어서 運轉壓力의 選擇은 여러해동안 많은 검토를 하여왔다. 옛날 工場들은 轉化率을 고려하여 大氣壓에서 酸化하는 방법을 가끔 사용하여 왔으나 이것은 이제 장치의 크기와 관련한 가스의 體積때문에 쓸모가 없게 되었다. 지금은 燃燒部門의 壓力을 항상 高壓으로 사용하고 있다.

연소에 있어서 轉化率은 低壓이 더 좋지만 후속 吸收部門의 效率과 成績은 高壓이 더 有利함으로 이것을 이용하여 여러가지 다른 理想的인 해결방법을 유도해 냈다. 과거 20 여년에 걸쳐서 實際的인 設計는 工場의 兩部門 ( 버너부문과 흡수부문 )을 모두 中間壓力 ( 3 - 5 bar )으로 運轉하던가 高壓 ( 10 - 14bar )으로 運轉할 수 있도록 開發하였다. 그段階는 自然轉化效果가 가장 좋은 長點을 取하기 위하여 버너部門은 中間압력으로 運轉하고 吸收部門은 高壓으로 運轉하는 二元壓力시스템 ( Dual Pressure System )도 상업화하는데 성공한바 있다.

그러나 二元壓力시스템을 사용하면 工場의 酸化部門과 吸收部門사이에 에너지 費用이 요구되는 壓縮이 必要하게 된다.

다른 化學工業의 견지와 마찬가지로 理想的해결방법은 역사적으로 美國과 유럽사이에 다른 점이 있다. 美國에서는 第1次 에너지위기 이전인 1970 年代初에 전공 정을

---

통하여 高壓으로 運轉하는 比較的 非效率的인 工程은 통상 사용하였으며 암모니아의 損失에 대한 效率은 별로 중요하게 여기지 않은 것이다. 암모니아와 에너지값이 전 통적으로 비싼 對照的인 유럽에서는 중간압력의 工程을 사용하는 것이 관례이었다.

최근 窒素工業을 점차 高壓法으로 강화하게 한 것은 본질적으로 다음과 같은 세가지 영향력이 있다.

(1) 百金回收技術의 향상

(2) 高壓버너로 부터 熱回收을 최대로 할 수 있는 設計技術의 향상

(3) 窒素酸化物의 排出基準을 吸前보다 강화한 環境관리규정

○ 環境汚染에 대한 考察

중간압력의 工程에서는 2基의 吸收1酸化塔을 직렬로 연결하여 사용할수가 있는데 吸收部門에서 大氣로의 배출기준에 맞는 1000 PPMV의 NO를 함유하는 테일가스가 발생된다. 汚染物質의 排出規定이 強化된 지역에서는 吸收部門을 좀더 강화하거나 代案으로서 테일가스 처리시설을 고려할 수 있다. 이 두가지의 옵션은 工場의 資本的支出에 추가되며 테일가스 처리비는 통상 전체적인 原料의 損失에 포함된다.

오늘날 各國의 環境汚染管理規定은 테일가스중에 總窒素酸化物의 最大含量을 200 PPMV로 정하고 있는데 이것은 高壓吸收工程에서만 직접 발생될 수 있다.

○ 白金觸媒의 開發

運轉壓力이 결정된 어느 工場이나 암모니아를 效率的으로 酸化하여 1酸化窒素로 만드는데는 工場의 버너部門에 어떤 형태의 白金거즈觸媒를 사용한다.

오늘날 암모니아酸化工程에 사용되고 있는 觸媒에 관해서 주목되는 것의 하나는 그들의 類似性이다. Karl Kaiser가 1909년에 받은 特許는 0.060 mm (60 마이크론)의 百金와이어로 1204 mesh/cm가 되게 만든 거즈를 사용하는 것이다. 현재는

---

어느 제작용자의 것이나 대부분의 窒酸工場에 사용하는 거즈는 0.076 또는 0.060 mm의 白金와이어로 102.4 mesh/cm가 되게 만든것은 사용하고 있다.

버너의 운전을 效率的으로 하기 위해서는 각 암모니아分子가 觸媒에 부딪쳐서 1 酸化窒素로 酸化될 수 있게 하는데 대략  $10^{-4}$  秒정도의 接觸時間이 必要하며 가스의 流速을 빠르게 유지하기 위하여 觸媒層의 壓力差를 낮게 하여야 한다. 觸媒는 가스의 높은 流速과 또한 高溫에서 나타내는 亂流에 대하여 高壓工場의 경우 2個月동안 그리고 중간압력의 施設에서는 더 오랫동안 견딜수 있어야 한다.

현재 사용되는 대부분의 많은 觸媒는 10%의 로듐(Rh)이 함유되어 있는 白金 合金와이어로 제작된다. 이것은 白金自體만 사용하면 매우 부서지기 쉬우며 로듐이 함유되면 運轉條件에서 와이어의 延性이나 機械的 性質이 改善되기 때문이다.

로듐을 사용하는 또 다른 이유는 매우 높은 壓力과 高溫에서 運轉되는 觸媒거즈로부터 白金의 損失이 감소되기 때문이다.

일찌기 시험해본 결과에 의하면 와이어에 단순히 10%의 로듐이 함유됨으로서 白金의 損失量은 50%까지 減少된다는 것을 나타냈다. 그러나 로듐함량이 10%를 초과하지는 않는다. 팔라듐(Pa)이나 이리듐(Ir)과 같은 다른 轉位金屬(Transition metal)을 함유하는 合金의 사용도 研究되었으며 白金/로듐/팔라듐 合金으로 된 觸媒가 상업화된바 있다. 지난 5年동안의 로듐價格動向은 상승세이었으며 로듐함량은 줄어드는 경향이였다.

主要 白金觸媒의 供給業體인 Engelhard社와 Johnson matthey社는 10%의 로듐合金으로 1024 mesh/cm가 되게 만든 표준촉매를 생산하고 있다. 기타 사용되고 있는 변형합금은 95/5의 白金/로듐과 90/5/5의 白金/로듐/팔라듐이다.

새로 만든 觸媒를 처음 사용할때 初期의 成績이 不良한데 대하여 最近 많은 관심을 集中하여 왔는데 이것은 새로 만든 거즈表面의 고르기(Smoothness) 때문인 것으로 믿어진다.

촉媒의 成績은 사용현장에서 活性化함으로서 增大될수가 있으며 이것은 촉媒를 사용하는 동안 表面에 不規則한 요철(凹凸)이 만들어져 변형되기 때문에 增大되는 것이다. 이 문제를 다루기 위하여 Engelhard社는 1987년에 獨者的인 製作節次를 經驗한 하이라이트촉媒를 내 놓았다. 이 하이라이트製品은 初期의 收率이 더 높을뿐만 아니라 活性溫度範圍의 融通성도 더 크다고 주장하였다. 試驗結果를 보면 재래식 촉媒의 燃燒溫度가 약 200℃인데 비하여 하이라이트촉媒는 60-70℃의 낮은 溫度에서 연소된다는 것들 나타내고 있다.

낮은 빛을 發散하는 하이라이트촉媒는 全體的인 촉媒의 組立에는 사용되지 않으며 단지 첫번째 거즈層에 조금 사용된다. 예를 들면 8 bar이상의 壓力과 21개의 촉媒거즈層을 가지고 運轉하는 代表的인 高壓工場에 있어서 첫번째 6개의 거즈층은 하이라이트로 代替될 수 있으며 나머지 15개는 재래식 거즈로 組立한다. 實際적으로 촉媒層의 數가 적은 중간압력의 工場에서는 必要로 하는 新촉媒의 數가 몇장 되지 않는다.

#### ○ 거즈의 형태

재래식 거즈는 통상적으로 亞麻布(十字形으로 짠)나 오니무니형으로 짠 천과 같은 구조의 와이어를 사용하여 만든다. 이것에 對比하여 Johnson Matthey社는 최근 供給者(제작자)와 사용자 양편에 모두 長點이 있다고 주장하는 編織거즈의 製法(Fig1)을 개발하였다.

報告된 長點은 編織法으로 짠 거즈와이어의 교차部位가 노출표면적이 커서 가스의 충돌접근성이 크기 때문에 轉化率이 增大되며 같은 크기의 거즈무게도 더 가볍다는 것이다. 이 회사는 伸張強度가 낮은 材料를 위한 적절한 編織法의 개발로 최초로 이 문제를 해결할 수 있었지만 사용자가 요구하는 기타의 長點은 破製強度를 더 改善해야 하며 酸化로듐의 生成을 줄여야 하는 것이다. 供給者에 대한 主要 長點은 와이어를 준비한 후 직접 거즈를 編織할 수 있음으로 在庫量을 줄일 수 있다는

Fig. 1: Johnson Matthey's Knitting Process

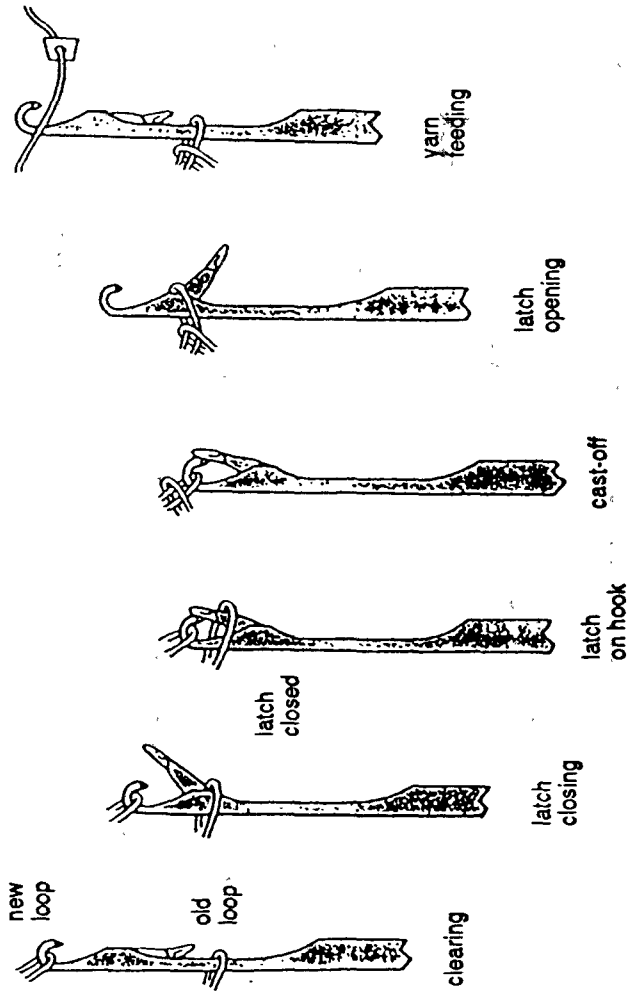
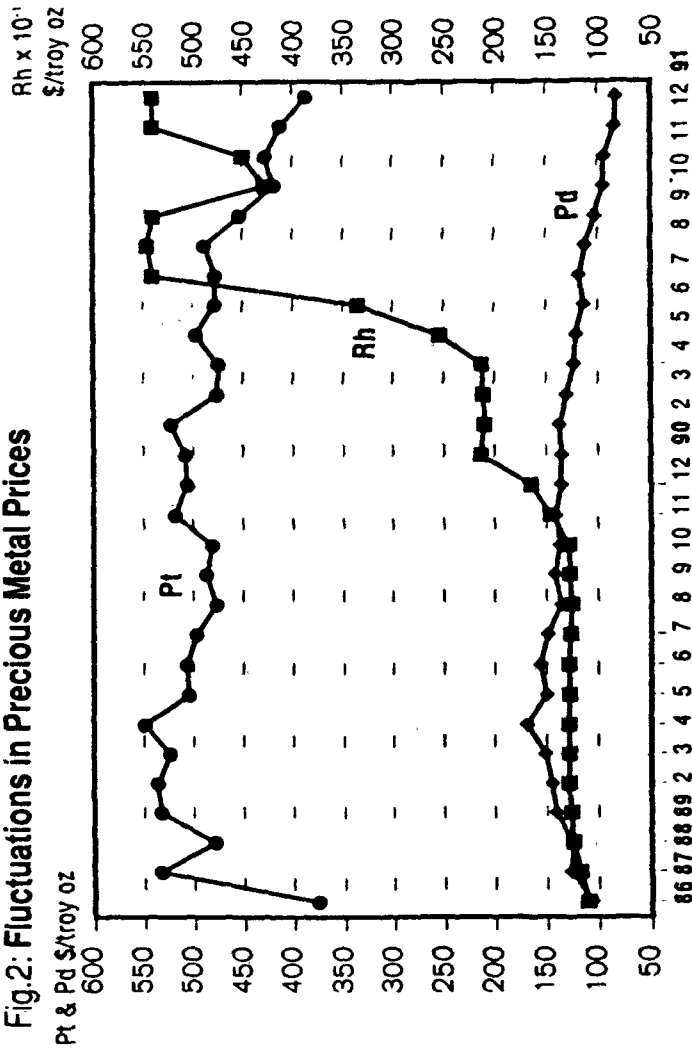




Fig.2: Fluctuations in Precious Metal Prices



Approximate values: European free market \$/troy oz in Warehouse min 99.9%

---

것이다.

○ 로듐 함유

編織觸媒의 概念은 오늘날 공급자나 사용자 모두가 適期經營技術法을 選好하기 때문에 觸媒의 在庫나 貴金屬의 저장으로 인한 費用을 줄이고자 하는 해결방법의 일례라 할 수 있다.

前述한바와 같이 觸媒中の 로듐함량은 白金에 대한 상대적인 로듐값의 상승계수가 약 2에서 10 또는 지난 2년동안은 그 이상( Fig 2 )으로 상승한 이후 세밀한 檢討를 필요로 하게 되었다.

로듐값의 상승과 기타 요인때문에 로듐함량이 적은 觸媒가 더 보편화 되고 있으며 觸媒供給者는 窒酸生産業者가 그들의 요구사항에 대하여 주의깊게 생각하도록 相談을 하고 있다.

예를 들면 1회 충전용량에 90/10 合金觸媒 25 kg 의 1991年 6月の 값은 60,000 \$인데 이와 같은 量의 95/5 合金觸媒의 값은 475,000 \$의 운전자금이 소요됨으로 125,000 \$가 절약된다. 貴金屬의 상대적인 값은 변동이 매우 잘 되는 것이며 이러한 費用의 要因은 무시될 수 없는 重要한 것이다. 그러나 供給者의 어려움은 賣物로 나와 있는 觸媒의 가지數가 증가되고 이와 관련된 많은 在庫增加가 문제이다.

觸媒거즈의 表面에 酸化로듐이 生成되는 주요 이유는 시간이 지나면서 觸媒의 活動性이 低下되기 때문이라고 생각되며 이것은 觸媒거즈중의 로듐함량이 줄어드는 또 다른 이유가 된다. 白金라 로듐의 捕集시스템을 觸媒거즈자체의 감소된 로듐함량과 결부시켜 더욱 效果的으로 開發하는 것이 綜合的인 해결책이 될것이다.

○ 浦集裝置의 開發

특히 高壓버너와 관련된 白金損失의 문제는 1960年代에 이미 技術開發의 초점이 되었다. 이 개념은 간단하다. 즉 첫째 문제는 觸媒거즈로 부터 損失된 白金을 뒤

---

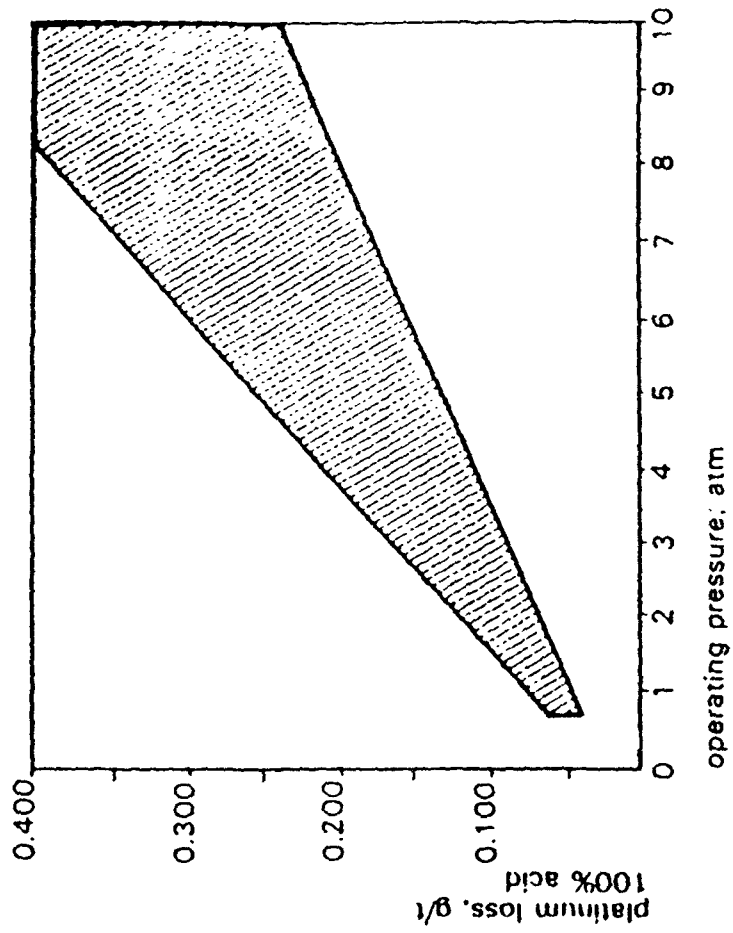
에回收할 수 있는 한 이와 관련된 損失金額은 환수할 수 있는 것이다. 이에 대한 간단한 아이디어는 1個 또는 數個의 捕集裝置를 사용하는 것이다. 특히 분명한 것은 初期에 제안된 捕集시스템으로서는 損失된 白金을 모두 回收할수는 없다는 것이다. 둘째로 回收作業과 관련된 精製費用인데 이 費用은 回收되는 白金(로듐포함) 값보다 적어야 하는 것이다. 셋째로 기타 高價의 材料로 만든 觸媒거즈의 사용과도 관련하여 特別히 效率이 좋은 捕集裝置를 開發하는 것이다.

지난 30 여년간에 이루어졌던 매우 실질적인 捕集시스템의 發展狀況은 記錄的인 것이었다.

白金觸媒의 損失을 回收하기 위한 初期의 試圖에는 機械的濾過法 또는 物理的吸收法이 포함되었다. 섬유여과장치와 石炭床의 사용방안도 提示되었는데 이것은 壓力降下를 가급적 最少로 유지해야 하는 문제점을 제거한다면 가장 좋은 방법이라 할 수 있다. 몬산토 브린크 필터 (Monsauto Brink filter)와 같은 세라믹 섬유필터는 1960 年代初에 특히 美國에서 사용하였는데 이 장치는 사용중 관련된 壓力降下가 낮게 유지되었으나 지금은 1960 年代末에 전진적으로 開發한 “게터거즈”(Getter gauges)의 補充裝置로 볼 수 있는 것이다. Brink형 필터는 壓力降下가 2-3 Psi를 초과하면 그의 主機能인 燃燒部門직후에서 白金증기를 回收하는 것 보다는 오히려 工場의 廢열보일러 다음에 있는 冷却部門에서 白金粉을 回收하는 것으로 바꾸는 것이 좋았다. Fig 3은 白金의 損失量과 運轉壓力의 관계를 나타낸 것이다.

最初의 “게터거즈”는 1968 년에 獨逸의 金銀精練會社인 Degussa에 의해서 소개되었다. 놀랍게도 이 거즈는 80%의 팔라듐과 20%의 金を 함유하는 合金으로 만든 것이다. 捕集原理는 白金蒸氣가 捕集거즈에 함유되어 있는 팔라듐과 치환하는 것인데 白金값의 1/4인 팔라듐은 損失되고 값이 더 비싼 白金은 捕集되어 回收할수 있도록 하는 것이다. 이 게터거즈는 觸媒裝置의 바로 뒤에 設置할 수 있으며 金合金

Fig.3: Relationships Between Platinum Losses and Operating Pressure



---

을 사용하는 것은 팔라듐와이어의 機械的 強度를 높이는데 必要한 것이다.

效率이 대단히 좋은 이 捕集시스템의 결점은 金값이 1960 年代末에도 비쌌지만 오늘날에도 비싸다는 것인데 研究를 始作할때 부터 값이 싼 材料로 제공할 수 있는 시스템의 成分構成은 開發할 수 있을것으로 생각되었다. 세월이 지나면서 合金中에 들어있는 20%의 金은 10%로 낮추었으며 최근에는 크롬, 망간, 붕소 및 카본등의 成分을 含有하는 팔라듐合金을 開發함으로써 金은 전혀 사용하지 않게 되었다.

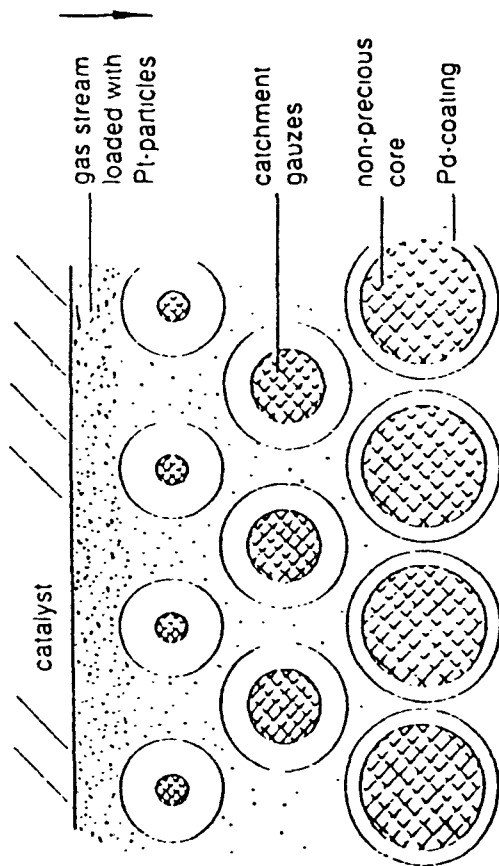
Degussa는 최근에 팔라듐으로 피복한 니켈와이어로 만든 捕集거즈를 開發하였다 고 발표하였다.( Fig 4 )

오늘날 2매 또는 그 이상으로 構成된 게터거즈의 組立은 耐熱性網總만으로 觸媒와 間隔을 떼어 놓는다. 이 게터거즈는 白金과 로듐을 회수하는데 1980 年代初에는 주로 白金損失量의 75-85%를 回收할 수 있었던 반면 현재는 85%이상은 회수할수 있다고 주장하나 高壓工程에서는 回收率이 낮은 것으로 예상된다.

獨占의 特殊 捕集시스템중 설치하기 편리하게 하기 위하여 들쭉꾸로 접을 수 있게 만든 金을 含有하지 않은 Johnson Matthey 社의 PLUSPAC거즈는 1983 年경에 소개되었으며 한편 Engelhard社의 MTL시스템( 당초 팔라듐 플러스라는 이름으로 1970 年代에 나온것임)은 최근에 改補修되었는데 이 회사는 壓力降下가 적은 獨特한 設計라고 記述하고 있다. LPMTL이라고 알려진 새로운 시스템은 壓力降下를 70%이상까지 效果的으로 줄일 수 있다고 한다. 흥미롭게도 원래 팔라듐捕集거즈를 開發했던 Degussa는 金을 사용하지 않은 게터거즈의 면허를 Engelhard로 부터 받았다.

가스流量의 특징에 대한 捕集거즈의 크기는 현재 完全하게 研究되었으므로 더 開發할것은 별로 없으나 값이 더 저렴한 材料는 계속해서 찾아내야 할 것이다.

Fig.4: Preferred Gauze Arrangement Using Composite Wires



## ○ 廢熱回收方法의 開發

窒酸工程의 觸媒에 의한 燃燒部門과 酸化/吸收部門 사이의 가스스트림은 效果的으로 冷却되어야 할 必要가 있는데 이것은 廢열보일러와 熱交換器를 사용하여 열을 회수할 수 있는 機會를 제공해 주는 것이다. 여기에는 設計者들이 고려해야 할 두가지 주요 사항이 있는데 첫째, 工程의 어떤 部分은 腐의 위험성이 있으므로 가스스트림의 溫度가 露點이하로 내려가지 않도록 해야하며 둘째, 良費의 熱을 많이 回收할 수록 더 가치가 있다는 것이다. 이 目標은 최소의 資本費를 들여서 熱을 最大로 回收할 수 있도록 하는 것이다.

버너에서 나온 가스스트림이 冷却되면 2酸化窒素의 生成(空氣의 존재하에 酸化하여)이 始作되며 이 가스스트림중에는 水分이 존재하여 窒酸도 生成되고 露點이하에서 응축하게 된다. 窒酸은 가스상태에서는 腐蝕性이 없지만 응축이 일어날 수 있는 곳에서는 耐蝕性材料가 必要하다.

실제로 熱回收裝置끝의 가스溫度는 露點보다 높은 溫度인 20℃이상으로 유지된다. 버너直後의 高溫에서는 실제적인 腐蝕問題는 없을지라도 鋼의 窒化가 일어날 수 있다. 가스는 궁극적으로 물에 吸收되는 것이므로 이와 같은 吸收條件과 같은 低溫에도달되는 部門의 運轉은 露點이하의 溫度를 피할수가 없다. 窒酸과 접촉이 일어나는 곳에는 耐蝕性材料의 사용이 必要한 것이다.

최신 窒酸工場에서 방출되는 反應熱의 量은 약 6.9 MJ/t( $\text{HNO}_3$ )인데 이중 50%이상인 약 3.6 MJ은 버너부문에서 良費의 熱로 生産된다. 이것은 충분한 高壓스팀을 生産하여 工場內에 필요한 모든 壓縮機를 운전하고도 약간의 스팀을 工場밖으로 내보낼 수 있는 것이다. 실제로 配壓터바인은 이용가능한 低級熱로 재가열한 테일가스로 부터 動力을 회수하여 壓縮에 요하는 주요 動力의 일부로서 사용한다.

熱回收施設, 스팀시스템의 構成, 壓縮機계통 및 보일러의 設計는 모두 各개 工場의 필요조건에 맞는 여러가지 방법으로 배열할 수 있으며 800 bar, 500 °C의 과열스팀 을 발생할수가 있다.

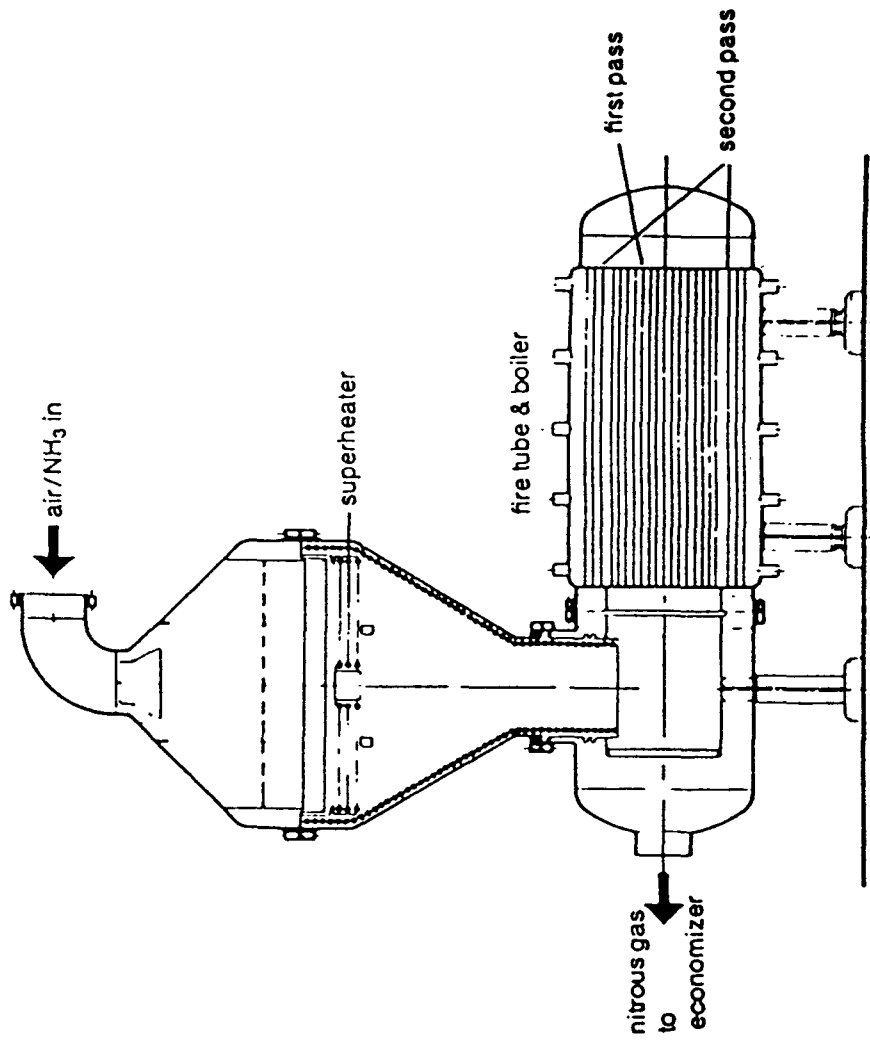
대표적인 窒酸工場에 있어서 熱回收系統은 스팀수퍼히터, 스팀발생장치 ( 보일러자 체), 燃燒用空氣 및 보일러 給水用豫熱器 그리고 테일가스 재가열장치등으로 構成되 어 있다. 최대의 效率를 얻기 위해서 여러가지 이들 장치는 버너아래쪽의 觸媒거즈 및 捕集장치의 직후에 단일조립으로서 배열될수가 있다.

보일러의 構成에 煙管 (Fire-tube) 을 설치할 것인지 또는 水管 (Water-tube) 을 設置할 것인지는 設計者가 선택할 중요한 사항이다. 工程가스의 容積이 그다지 크지 않은 工場, 예를 들면 어떤 容量을 감당할 수 있는 高壓의 工場에서는 연관식보일러 (뜨거운 가스가 보일러 튜브내로 통과하는 보일러) 가 自然循環式이던 지 또는 強制循環식이던간에 통상적으로 더 좋다. Fig.5 에 나타난 煙管式보일러는 中央管束을 통하여 블라인드헤더로 들어간 가스가 外側튜브의 環帶 (Annulus) 를 逆으로 통과하는 集中的인 2-通路 (還流式) 의 設計로 된 것이다. 가스쪽의 傳熱特 性は 高壓일때가 더 좋다. (Fig.5). 그러나 가스의 容積이 크면 중간압력의 버너 설계와 大容量, 단일工場의 高壓시스템에 관련된 가스의 단위 처리용량이 재래식 煙 管設計에 대하여 너무 크고 직경이 큰 容器에 내장한 斷熱材의 安定性이 불안하게 됨으로 통상 水管式보일러를 선택하는 것이 더 좋다. Steinmuller, Oschatz, Fives Cail Babcock 및 Struthers Wells와 같은 대부분의 보일러 供 給者들은 다양한 특정운전조건에 따라 각기 더 좋아하는 것을 선택할 수 있도록 두 가지 타입을 모두 공급하고 있다.

„ Lamont “社의 強制循環型 水管式보일러組立은 거의 “標準” 형의 設計가 되 었는데 이 보일러의 水管은 수렁나선형으로 工程가스의 흐름에 교차하여 배열되었다.



**Fig.5: Application of Fire-Tube Boiler in Evaporator Stage**



---

容器的 벽에 근접하여 부착된 蒸發管列은 가스틱트로서 作用하여 壓力셀 (Shell)의 窒化侵蝕을 방지하여 준다. 본래의 Lamont 형 보일러라 할지라도 각 튜브사이로 뜨거운 가스가 침투되어 壓力셀에 高溫斑點 (Hot spots) 이 발생할 수가 있다. 대부분의 보일러제작업자들은 氣密保護膜을 형성하기 위하여 견제닥트에 튜브를 용접함으로서 이 문제점을 극복하였다.

Fives Cail Babcock의 계승자인 Babcock企業과 Struthers社는 그의 최신 技術革新에서 強制循環型 水管式보일러를 開發하였는데 蒸發 및 過熱用 코일은 Lamont의 재래식 편평한 나선형 코일과 對比하여 U字型의 수직면 (Vertical Plane) 으로 제작되었다. Babcock에 의하면 수직코일은 모두 같은 量의 熱을 吸收함으로 熱負荷의 損失에 따른 配水用 다이어프램이 필요하지 않기 때문에 設計와 整備를 크게 간소화 할 수 있다.

今年에 Babcock企業의 강제순환형 水管式보일러는 Porsgrunn에 있는 2,000 t/d容량의 최신 工場設備과 Ambes에 있는 1,500 t/d容량의 工場에 설치되었는데 이것은 단일버너의 工場으로서는 세계에서 가장 큰 것이다.

Babcock企業은 800 bar까지의 스팀壓力 (改質가스에 대한 冷却시스템의 경험에 기준함) 에서 運轉할 수 있는 煙管式보일러도 제작하며 觸媒거즈의 직경이 3.5 m이하인 工場에서는 水管式보다는 煙管式이 더 경쟁력이라고 추천하고 있다. 前述한 煙管式보일러는 觸媒바스켓이 수퍼히터코일로 支持된 수직단위로 되어 있다. 테일가스히터도 代案으로서 사용될 수가 있다.