

廢黃酸 回收範圍의 擴大

〈Sulphur NO.221 July-August 1992〉

環境에 관한 法規가 더욱 엄격하게 되므로서 過去에는 中和處理하여 폐기했던 묽은 廢黃酸의 流出物을 다시 處理할 需要가 있게 되었다. 再處理를 한 酸에는 本來의 廢酸에서 발생되지 않았던 不純物이 含有될 수도 있다.

環境立法이 強化됨에 따라 製鍊所들은 濕式 가스洗滌시스템으로 부터 나오는 묽은 酸의 流出物을 處理하는 方法을 研究開發하여 汚染物質의 排出을 防止하려는 運動이 전개되고 있다. 이러한 排出物들을 處理하는데는 여러가지 選擇的인 工程의 代案들이 있다.

각 製鍊所에 대한 적절한 工程의 選擇은 工場이 位置하고 있는 現場의 特性이나 그 地域의 環境法規에 의존하게 되는 것이며 流出되는 묽은 酸의 品質과 回收된 酸을 販賣하거나 또는 自體的으로 사용할 수 있는지의 여부에 따라 다르게 된다.

케메틱스社는 본래 2酸化티타늄工場의 廢酸을 回收하기 위하여 試驗開發된 蒸氣相技術(Vapour-Phase technology)을 한 단계 더 개발하여 工程가스를 洗條하고 블로우다운 되어 나오는 流出物을 직접 販賣하거나 製鍊所의 酸工場에서 稀釋水로 사용하도록 하였다. 이 技術은 獨立型의 裝置基準으로 사용하거나 需要에 따라서는 眞空濃縮裝置와 연계하여 사용될 수 있다.

블로우다운酸

冶金용 黃酸工場의 成績은 가스洗滌部門의 成績에 의존된다. 만일 가스洗滌시스템으

로 들어오는 가스중의 不純物이 효과적으로 除去되고 있다면 이 接觸시스템의 成績은 向上된 것이다. 濕式가스洗滌시스템의 設計는 들어오는 가스스트림중에 있는 汚染物質의 정도나 성격에 의존되기 때문에 여러가지로 다를 수 있지만 그들은 모두 통상적으로 다음과 같은 요구조건을 가지고 있다.

(1) 가스중의 固體汚染物質은 모두 제거되어 최종 가스의 品質은 固體汚染物質의 含量이 $1-2\text{mg}/\text{Nm}^3$ 정도까지 洗滌되어야 한다.

(2) 가스중의 3酸化黃은 $15-25\text{mg}/\text{Nm}^3$ 정도로 감소되어야 한다.

(3) 弗化物이나 鹽化物은 下流塔의 벽돌구조물 및 轉化觸媒의 損傷을 방지하기 위하여 除去되어야 한다.

(4) 이 가스는 酸工場의 水量밸런스를 유지하기 위하여 약 $35-40^\circ\text{C}$ 의 溫度로 冷却되어야 한다.

가스스트림은 비록 冷却되기 前이라 할지라도 斷熱적으로 飽和되므로 가스는 항상 飽和상태로 洗滌部門에서 나오게 된다.

洗滌液은 가스洗滌시스템에서 3酸化黃이 吸收되었기 때문에 黃酸酸性으로 된다. 이 洗滌液은 再循環되기 때문에 가스로부터 分離된 다른 不純物들도 蓄積하게 된다. 가스洗滌시스템의 성능을 유지하기 위하여 축적된 不純物의 濃度を 制限할 필요가 있는데 이것은 洗滌시스템으로 부터 퍼지스트림을 빼내는 방법에 의해서 制限된다. 관습상 “블로우다운酸”이라고 칭하는 이 퍼지液(purge liquor)은 전형적으로 1-10%의 黃酸(H_2SO_4)을 含有하고 있는 묽은 酸인데 冶金가스를 生産하는 金屬鑛物의 成分造成에 따라 여러가지 할로겐化合物과 重金屬이온도 含有되어 있다.

과거 블로우다운酸은 전혀 再循環을 하지 않고 여러가지 방법으로 처리한다음 폐기되었다. 製鍊所들은 더욱 엄격해진 環境法令에 의해서 이러한 流出物을 줄이거나 제거하도록 더욱 더 壓力을 받고 있다. 特殊한 일 廢酸은 본래 2酸化티타늄의 處理工程에서 나오는 廢酸을 處理하기 위하여 開發되었던 蒸氣相技術로 處理하였는데 현재 은타

리오州的 마크햄에서 밴쿠버로 再配置되고 있는 캐나다의 한 會社인 케메텍스인터내쇼날의 酸工業部가 이 특수폐산의 處理工程을 좀더 좋은 마무리처리를 할 수 있는 工程으로 開發하였다.

Table I 은 銅製鍊所에서 나오는 混合블로우다운酸의 分析置를 나타낸 것이다.

Copper smelter blowdown acid	Component	Lead/zinc smelter blowdown acid
20.00 %	H ₂ SO ₄	13.90 %
77.92 %	H ₂ O	78.94 %
1200 ppm	Fe	-
40 ppm	Al	-
180 ppm	Cr	-
250 ppm	Ni	-
2100 ppm	Cu	-
1500 ppm	Zn	4130 ppm
140 ppm	As	5160 ppm
400 ppm	Cd	-
70 ppm	Bi	-
-	Hg	4130 ppm
-	Se	80 ppm
-	Pb	520 ppm
-	Te	.20 ppm
1800 ppm	F	5680 ppm
410 ppm	Cl	5.16%
2000 ppm	SO ₂	-
1000 ppm	Other	-

工程의 選擇

과거 블로우다운酸의 스트림은 전형적으로 中和處理하였는데 저장했다가 中和하여 얻은 副産物은 값이 싸고 아직도 버려야 할 부담성이 있다는 것을 알게 된 것이다.

流出物의 부피를 줄이기 위하여 改良된 가스洗滌장치를 사용하거나 또는 眞空濃縮裝

置를 사용하여 濃度가 묽은 블로우다운酸의 濃度를 40-50%정도로 濃縮하려는 시도를 자주 하였다.

眞空濃縮技法으로 改善된 한 방법은 中間洗滌단계와 여러간계를 가진 몇가지 연속스 테이지로 구분되어 있다.

砒素나 水銀등의 不純物을 沈澱시키기 위하여 化學處理를 하는 이 眞空濃縮技法은 블로우다운酸을 處理하여 비교적 濃度가 높고 깨끗한 副産物製品을 生産하는데 效率的인 技術이다. 이 副産物製品에는 아직도 溶解度水準의 不純物이 함유되어 있지만 地域的 사정에 따라 自社에서 사용하거나 販賣도 가능한 것이다. 케메텍스社는 이 技術을 사용하도록 提案하였다.

1990年度 케메텍스社는 銅製鍊所에서 나오는 블로우다운酸을 工業용이나 또는 최소한 酸工場에서 직접 제조한 酸과 섞어서 사용할 수 있는 等級의 品質로 만들고자 하는 美國의 고객으로 부터 교섭을 받았다. 여기서 케메텍스社가 본래 黃酸處理방법의 2酸化티타늄工場에서 나오는 廢酸을 工業용 等級으로 回收하기 위하여 開發한 “蒸氣相” 酸回收工程을 적용할 수도 있다는 것이 분명하게 되었다. 실제로 蒸氣相 酸回收工程이 블로우다운酸을 處理하는데 적용될 수 있는지를 확인하기 위하여 벤치스케일이나 파일럿스케일의 여러가지 開發프로그램을 가지고 시험을 실시하였다.

蒸氣相工程의 開發

케메텍스社는 同社가 걸프+웨스턴社를 위해서 사용할 수 있는 주요 工程을 비교검 토했던 1982-83년에 2酸化티타늄工場에서 나오는 廢酸의 處理에 참여하게 되었다. 이 研究의 결과로서 케메텍스社는 自體의 工程을 考案하여 特許를 받게 되었다. 1985年度 英國 런던에서 開催된 國際會議에서 브리티쉬 설퍼社의 설퍼誌에 提出된 報告書에 나타난 이 回收工程의 設計는 廢酸을 모두 蒸發하여 蒸氣相으로 부터 固體金屬의 黃酸鹽을 分離하고 93-96%의 정제된 濃黃酸은 新部分凝縮法(Novel Partial condensation)에

의해서回收하는 것으로 되어 있다. 이 과정에서 放出되는 熱에너지는 湯은 黃酸을 豫備濃縮하는데 사용하도록 되었다.

이 工程이 최초로 工業的 사용을 하게 된 것은 Tioxide Canada社, NC Chem Canada社 (現 Kronos Canada社), QIT Ferret Titane社 및 Chemeties社등이 구성하고 있는 컨소시엄을 위해서 케메틱스社가 1987年度 퀘벡州의 소렐에 110t/d규모의 示範工場을 建設한 것이다. 1987年 가을부터 1990年初까지의 운전에서 이 工場은 試作工程의 有效性을 확인하게 되었으며 예상한바와 같이 주요 經驗을 배우게 되고 특히 建設資材와 주요 裝置등에 대한 많은 工程의 最適化를 얻어내게 되었다. 이 工場의 運轉이나 技術挑戰의 對決에서 그들이 克服했던 方法에 대한 來歷은 1990年度 멕시코의 칸쿤에서 개최된 國際會議때 誌에 提出된 報告書에 어느 정도 자세하게 記述되어 있다.

주로 문제가 되는 점은 酸미스트의 放出 및 가스와 固形物質에 대한 分離의 難點이 있으며 凝縮裝置의 材質 및 스프레이드라이어의 벽이 젖는 것등이었다. 1990年度에 실시한 試驗運轉프로그램이 완료되므로써 파일럿試驗의 프로그램에 대한 당초의 모든 目的이 달성된 것으로 간주되었으며 그 결과는 다음과 같다

(1) 이 工程은 2酸化티타늄工程으로 再循環하기에 적합한 93%이상의 黃酸을 回收할 수 있다는 것이 확인됨

(2) 전체적인 工程에너지의 요구량이 확인됨

(3) 固形物質의 回收試驗 및 焙燒試驗(Roasting trials) 그리고 焙燒殘査에 대한 폐기시험을 위한 固形物質의 試料를 얻어냄

(4) 工程에서 나오는 가스流出物의 성질이 확인됨

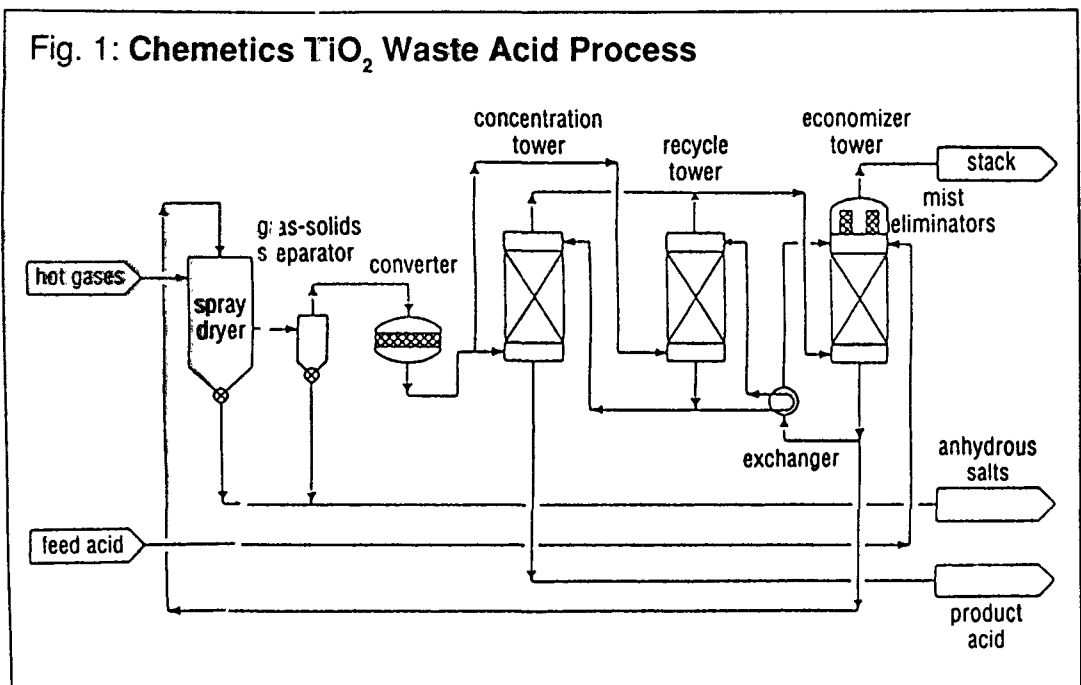
(5) 本格的인 規模의 工場을 設計하고 建設하는데 필요한 化學工學的 데이터가 마련됨

(6) 本格的인 規模의 工場이 運轉될 수 있는지를 확인할 수 있는 데이터가 마련됨.

최종적으로 開發된 형식으로 2酸化티타늄工場에서 나오는 廢酸의 回收工程에 관한

工程圖는 Fig. 1에 나타낸바와 같다. 黃製品과 직접 熱交換에 의해서 豫熱된 淸은 酸은 에코노마이저塔에서 放出된 凝縮熱을 가지고 나오는 뜨거운 氣와 직접 接觸하여 豫備濃縮된다. 豫備濃縮된 淸은 酸은 스프레이드라이어를 통과하는데 여기서 淸은 酸은 1000°C이상의 매우 뜨거운 氣스트림속으로 微分化된다. 淸과 黃酸이 모두 蒸發되고 나면 氣로부터 分離된 固體金屬의 黃酸鹽이 버캐형 金屬濾過裝置(Sintered metal filter)위에 남게 된다.

버캐형 金屬濾過裝置를 거처나온 사실상 固形物이 들어 있지 않은 氣는 스프레이드라이어에서 黃酸第1鐵의 黃化에 의해서 형성된 2酸化黃을 3酸化黃으로 轉化하기 위하



여 5酸化바나듐觸媒가 들어 있는 轉化塔으로 送入된다. 轉化塔에서 나온 氣는 두 부분으로 分離되어 일부분은 濃縮塔으로, 나머지는 再循環塔으로 들어 간다. 再循環塔에서 回收된 60%이상의 酸은 스프레이드라이어에서 나온 氣와 다시 接觸하게 되는 濃縮塔으로 送入된다. 결과적으로 氣에서 凝縮된 酸은 水分이 蒸發되어 96%의 黃酸으

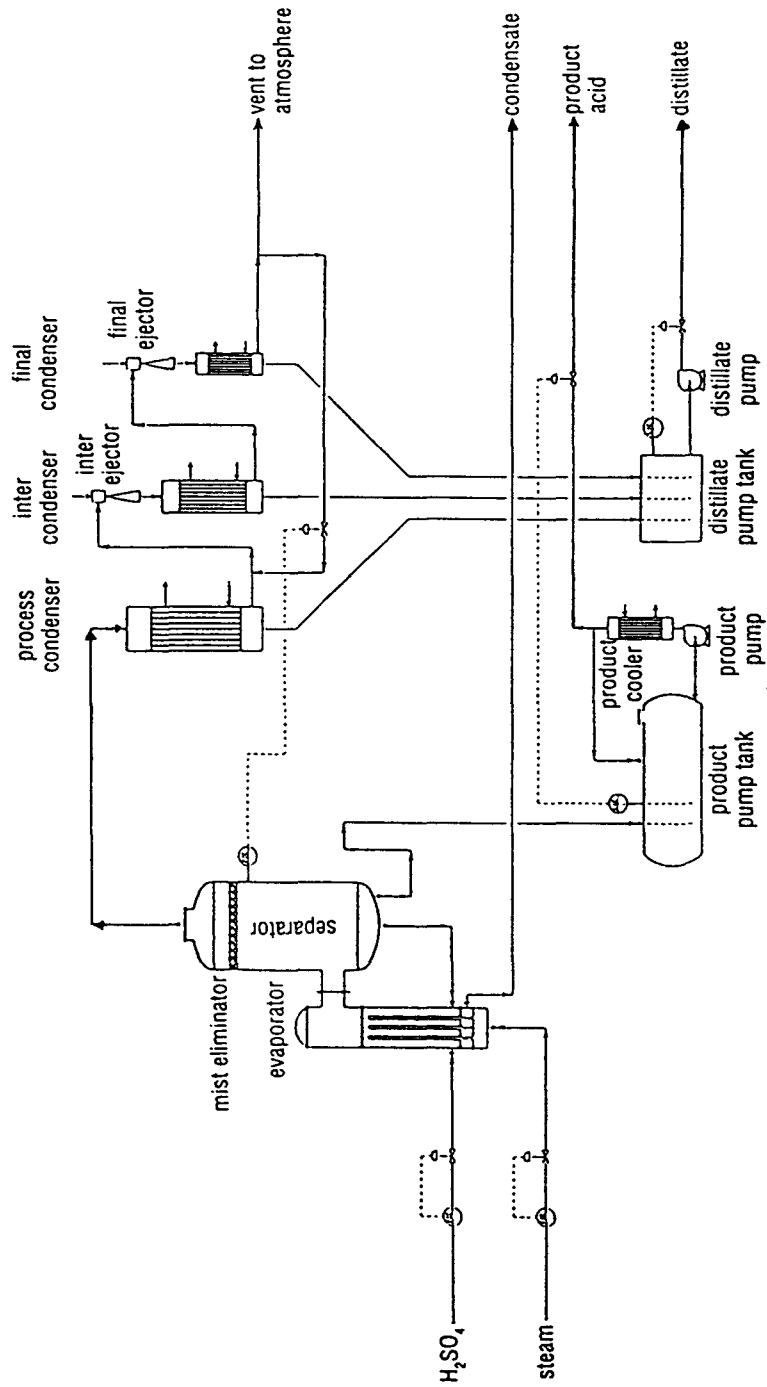
로回收되는 것이다. 再循環塔과 濃縮塔에서 나온 오프가스는 熱에너지를 더回收하기 위하여 에코노마이저塔으로 送込된 다음 미스트제거장치를 거쳐서 굴뚝으로 나가게 된다.

이 試作工程은 여러가지 면에서 立證이 되었으며 모든 엔지니어링문제나 사용되는 機械裝置의 材質문제가 깊이 있게 研究된 것이다. 따라서 Tioxide社의 工場에 設置할 상업적 規模의 工場에 대한 완벽한 프런트엔드 설계패키지(Frontend design package)가 완성되었다. 그러나 이 프로젝트는 마지막 단계에서 취소되었다. 그후 케메틱스社는 技術의 改善에 挑戰하여 2酸化티타늄工場에서 나오는 廢酸을 處理하는 技術을 블로우다운酸을 處理하는 技術로 改作하게 되었다.

블로우다운酸의 回收에 대한 適用

前述한바와 같이 酸工場에서 나오는 블로우다운스트림의 酸濃度는 전형적으로 10% (H_2SO_4) 이하이다. 蒸氣相回收工程에 送込될 묽은 酸의 濃度는 最適에너지 回收을 위하여 대략 20%(H_2SO_4) 정도가 되어야 한다. 어떤 경우에는 가스洗滌시스템의 運轉條件을 조절하여 블로우다운酸의 濃度를 20% 정도로 되게 할수가 있다. 또 다른 경우에는 묽은 酸을 蒸氣相回收工場 送込하기 前에 水分의 제거가 필요할수도 있다. 묽은 酸을 豫備濃縮하는 것은 標準眞空식 蒸發技術을 사용하므로써 해결될수가 있다. 통상적으로 弗化物을 含有하고 있는 특수한 블로우다운酸의 경우에는 유리로 라이닝을 한 鋼材보다도 良質의 材料인 플라스틱을 사용하여 裝置를 製作하므로써 弗化物이 含有되지 않은 酸을 生産하는데 표준이 될수 있는 單一蒸發裝置에서 豫備濃縮을 할수 있다. 케메틱스社의 대표적인 蒸發시스템에 대한 工程圖는 FIG. 2에 나타낸바와 같다. 케메틱스社는 製鍊所의 블로우다운酸에 관한 파일럿工場의 試驗을 하는 프로그램을 완료한 후 蒸氣相處理工程에 液相의 眞空식 濃縮시스템을 추가하였다.

Fig. 2: Typical Single-Stage Sulphuric Acid Vacuum Concentrator



顔料工場에서 나오는 廢酸과 冶金工場용 酸의 가스洗滌部門에서 나오는 블로우다운 스트림間的 類似性을 판단하기 위하여 Table II에 제시된바와 같은 두 酸의 스트림을 비교하였는데 그들은 매우 類似하였으나 주요 차이점은 다음과 같았다. :

(1) 블로우다운酸에는 2酸化티타늄工場에서 나오는 廢酸보다 無機黃酸鹽의 含有量이 매우 적었다.

Table II
Acid Quality Comparison

TiO ₂ waste acid	Component	Blowdown acid
21.44 %	H ₂ SO ₄	20.00 %
65.52 %	H ₂ O	77.92 %
14,400 ppm	Fe	1,200 ppm
6,550 ppm	Mg	-
2,630 ppm	Al	40 ppm
590 ppm	V	-
210 ppm	Cr	180 ppm
250 ppm	Mn	-
2,500 ppm	Ti	-
80 ppm	Ni	2,100 ppm
- Cu	2,100	ppm
- Zn	1,500	ppm
- As	140	ppm
- Cd	400	ppm
- Bi	70	ppm
- SO ₂	2,000	ppm
3,600 ppm	Cl	410 ppm
- F	1,800	ppm
2,000 ppm	Other	1,000 ppm

(2) 블로우다운酸에는 잠재적 揮發性 金屬(As, Cd, Bi)이 소량 含有되어 있으나 2酸化티타늄工場の 廢酸에는 含有되지 않았다.

(3) 블로우다운酸에는 弗化物이 含有되어 있으나 2酸化티타늄工場の 廢酸에는 含有되지 않았다. 그러나 鹽化物은 더 적게 含有되어 있었다.

(4) 블로우다운산에는 2酸化黃이 함유되어 있으나 2酸化티타늄工場の 廢酸에는 2酸化黃이 함유되지 않았다.

2酸化黃은 블로우다운산을 蒸氣相處理工場으로 送入하기 전에 스트립핑에 의하여 쉽게 제거될 수 있다. 그러나 揮發性金屬이나 弗化物의 存在는 잠재적인 문제점이 있는데 그 이유는 다음과 같다. :

(1) 揮發性金屬은 스프레이드라이어에서 揮發될 수도 있으므로 버캐형 金屬濾過裝置를 통과하여 최종적으로 나오는 回收된 酸製品에 함유될 수 있다.

(2) 弗化物은 送入酸으로 부터 쉽게 제거될수 없는한 해결되어야 할 2가지 문제점이 제기될 수 있다. 첫째 弗化物은 回收된 酸製品의 品質을 劣化시킬 수 있다. 둘째 2酸化티타늄工場の 廢酸工程중에 있는 酸을 處理하는 塔의 벽돌 라이닝이나 세라믹팩킹의 材料들이 弗化物에 침식될 수 있다.

이들 문제점을 해결하기 위하여 顧客社와의 協助로 揮發性 元素를 완전히 제거하고 브로우다운산중의 弗化物을 제거하는 방법을 開發하기 위한 目標을 設定한 광범위한 실험실과 파일럿트規模의 시험프로그램을 실시하였다.

파일럿트工場の 試驗

케메틱스社는 온타리오州의 미시소가와 퀘벡州의 맥매스터빌에 實驗室과 파일럿트 공장시설을 가지고 있다. 蒸氣相處理工術의 潛在的 重要性을 알아내기 위하여 1989年에 맥매스터빌의 工場에 소형 파일럿트식 蒸氣相處理工場을 建設하기로 결정하였다. 이 파일럿트工場은 스프레이드라이어와 버캐형 金屬濾過裝置 및 酸濃縮유니트를 포함하고 있는데 블로우다운산의 回收試驗을 할 때 광범위하게 사용되었다.

이 開發프로그램의 주요 目的은 다음과 같다.

- (1) 블로우다운산으로 부터 弗化物을 除去할 수 있는 工程의 開發
- (2) 2酸化티타늄工場에서 나온 廢酸중의 鹽化物除去에 관한 處理工程에서 얻은 데이

타의 확인.

(3) 블로우다운산을 스프레이드라이어로 處理하므로써 버캐형 金屬濾過裝置로 부터 건조된 自由流動性 固形物로 부터 건조된 自由流動性 固形物의 스트림을 얻을 수 있는지의 확인.

(4) 顧客社가 評價하기 위하여 필요로 하는 固形物의 試料를 버캐형 金屬濾過裝置로 부터 획득.

(5) 揮發性 金屬成分이 스프레이드라이어, 버캐형 金屬濾過裝置, 酸吸收시스템에 潛在적으로 분포되어 있는 상황의 확인.

할로겐化合物의 除去

2酸化티타늄工場의 廢酸에 들어 있는 鹽化合物은 에코노마이저塔에서 豫備濃縮을 할 때 쉽게 제거된다는 것이 2酸化티타늄工場의 廢酸을 處理하는 示範工場의 運轉結果로 부터 알게 되었다. 實驗室과 파일럿工場에서의 試驗은 블로우다운산의 경우에도 鹽化合物이 쉽게 제거된다는 것이 확인되었다. 그러나 弗化合物은 에코노마이저塔内の 효율적인 條件下에서만 부분적으로 제거되었다.

벤치스케일의 反應試驗을 실시한후 廢酸을 에코노마이저塔內로 送入하기 전에 실리카와 함께 處理하면 揮發性 物質인 SiF_4 가 형성되므로써 대부분의 弗化合物은 에코노마이저塔에서 제거된다는 것이 발견되었다. 이것은 後續 파일럿工場試驗에서 확인되었다.

이 研究結果를 기초로 블로우다운산을 回收하기 위하여 蒸氣相工場에 대한 工業的 生産規模의 試作設計를 하였는데 에코노마이저塔의 앞에 실리카-反應스테이지를 포함시켰다. 비교적 낮은 溫度에서도 에코노마이저塔을 惡化시키는 條件을 改善하기 위하여 에코노마이저塔의 材料를 벽돌대신 적절한 플라스틱으로 변경하였으며 2酸化티타늄工場 廢酸의 경우에는 세라믹을 사용하였다. 그리고 再循環塔의 材料은 고급화하여 카본브릭으로 라이닝을 하였다.

가스-固形物의 濾過

2酸化티타늄工場の 廢酸을 回收하는 工場の 經驗으로 보면 모든 金屬黃酸鹽의 粒子는 버캐형 金屬濾過裝置에서 99.99%이상 제거된다는 것이 입증되었다. 그런데 블로우다운酸은 潛在的 揮發性元素인 砒素, 카드뮴 및 비스머스를 함유하고 있으나 顏料工場の 廢酸에는 이와 같은 揮發性 元素가 없다.(Table II 참조). 揮發性이 높은 이들 金屬流는 버캐형 金屬濾過裝置를 통과할수도 있기때문에 回收된 酸製品의 品質이 惡化된다는 報告에 관심을 가질 필요가 있었다. 따라서 블로우다운酸을 스프레이드라이어로 건조하는 몇가지 파일럿트工場試驗을 실시하였는데 이때 정확한 매스밸런스(Mass balance)를 유지하였다. 이 試驗에서 얻은 結果는 다음과 같다.

(1) 블로우다운酸은 건조하고 自由流動性의 固體로 생산될수 있도록 스프레이드라이어로 건조될수 있다.

(2) 블로우다운酸중의 重金屬 汚染物質은 버캐형 金屬濾過裝置만이 固形物로 제거시킬수 있다고 알려져 있다.

(3) 潛在 揮發性 物質중 특히 카드뮴과 비스머스는 모두 버캐형 金屬濾過裝置에 의해서 固形物로 제거되므로 酸의 凝縮시스템으로 들어가지 않는다는 것이 알려졌다. 砒素는 평균 90%가 버캐형 金屬濾過裝置에 의해서 제거되며 나머지는 回收된 酸製品으로 들어가게 되는 것으로 알려졌다. 그러나 스프레이드라이어의 運轉條件을 잘 조절하면 버캐형 金屬濾過裝置로 99%이상의 砒素를 包集할수 있다는 강력한 지적이 있다.

工業的 生産規模의 設計

이러한 廢酸을 回收하는 경우 顧客社는 回收工場에서 96%의 酸을 직접 生産하는 대신 主黃酸工場の “稀釋水”로 사용하기 위하여 약 70%의 濃度를 가진 黃酸으로 回收하

기를 원하고 있다. 主黃酸工場の 製品에 대한 品質의 惡化를 피하기 위하여 70%濃度의 回收酸에 대한 分析値의 基準을 Table III에 나타낸바와 같이 設定하였다.

파일럿트工場の 試驗結果 이러한 酸의 品質은 砒素의 含量을 제외하고 쉽게 달성될 수 있다는 것을 알았다. 그러나 추가로 실시한 實驗室試驗의 결과 만일 필요하다면 化學處理에 의해서 砒素의 含量을 좀더 줄일수 있다는 것을 밝혀 냈다.

파일럿트工場の 試驗結果를 가지고 開發한 工程圖는 Fig.3에 나타낸바와 같다. 이것은 濃縮塔이 없어지고 실리카處理施設이 추가된 것을 제외하고 Fig.1에 나타낸 工程圖와 본질적으로 같은 것이다. 이 工程圖는 본래 工業용으로 생산되는 96%의 酸製品을 生産할수 있도록 쉽게 濃縮塔을 추가시키는 변경을 할수있다.

**Table III
Client Quality
Requirements for
Recovered Acid**

Strength	=	70% H ₂ SO ₄
Cl ₂	=	<10 ppm
F	=	<120 ppm
Me ⁺⁺	=	<35 ppm
As	=	<20 ppm

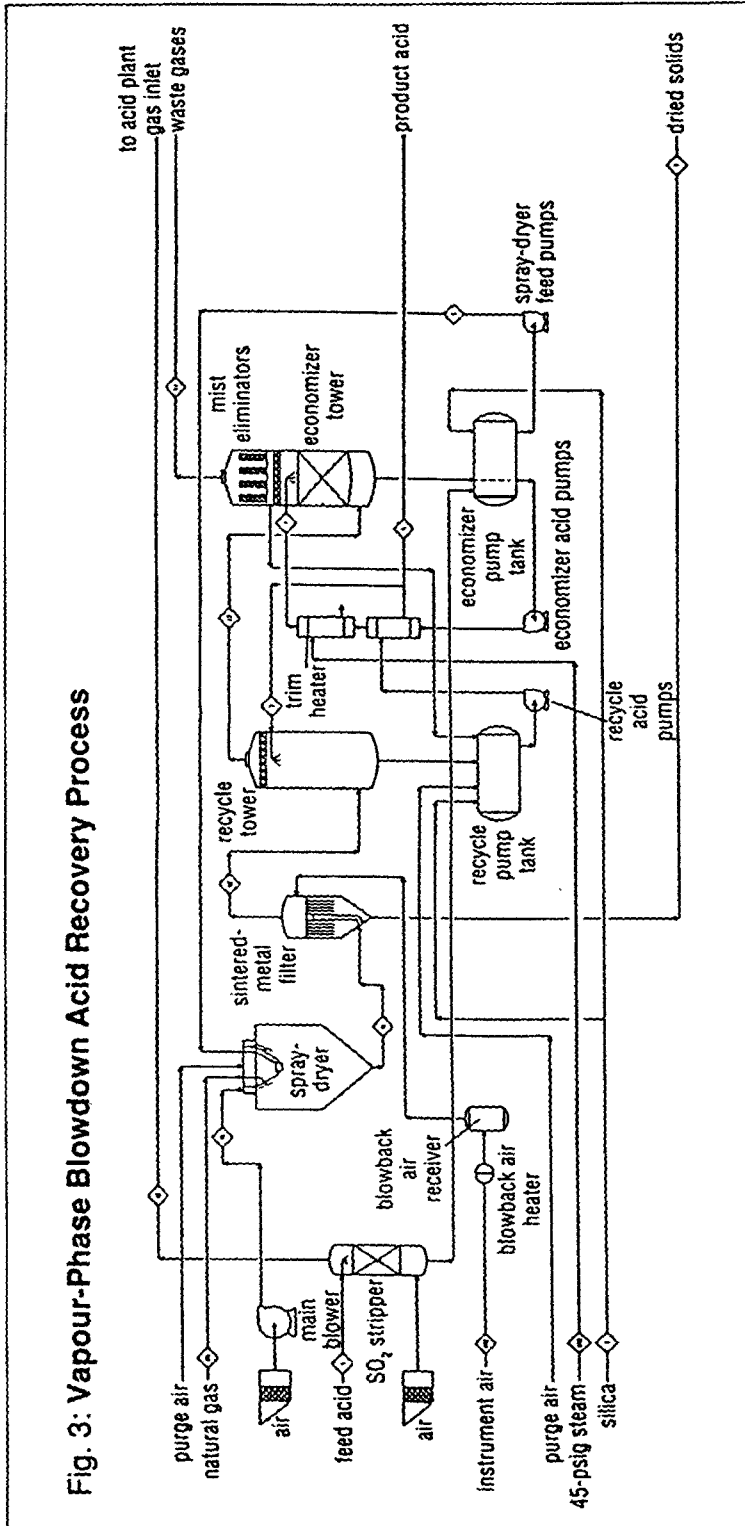
廢棄物

工程에서 産出되어 나오는 두가지 廢棄物이 있는데 그 하나는 건조하고 自由流動性이 있는 金屬黃酸의 스트림이고 다른 하나는 弗化物과 鹽化勿을 함유하고 있는 氣體스트림이다. 주어진 條件下에 있는 이들 廢棄物을 다시 處理하는 문제는 特定場所의 사정에 따라 의존하게 되는 것이며 概괄적인 말로 이 문제를 논의하는 것은 적절하지 못한 것이다.

固形物의 스트림은 量이 적고 유용한 金屬을 回收할수 있는 潛在性이 있으며 쉽게 취급을 할수 있는 것이다.

氣體스트림은 그 地域의 環境法規에 따라서 大氣에 排出할수도 있다. 그러나 이것은

Fig. 3: Vapour-Phase Blowdown Acid Recovery Process



좀더 洗滌을 하는 것이 바람직한 것이며 성능이 좋은 스크러버시스템을 사용하면 製鍊용으로 이용할수 있는 固體弗化物의 副産物을 생산할수 있고 鹽化物은 水溶液으로 만들어 排出할수 있다.

經濟性

眞空식 豫備濃縮裝置와 蒸氣相 處理技術에 의한 包括的인 블로우다운酸의 回收工程에 대한 단순한 經濟性을 Table IV에 제시된바와 같다. 이 단순 經濟性의 例는 100% H₂SO₄로 100t/d용량의 黃酸工場이 있고 入口의 SO₃ 濃度가 0.3%인 製鍊所를 기준으로 하여 얻은 것이다. 가스洗滌回路는 10%의 濃度로 運轉되고 있으며 蒸氣相유니트에서

Table IV
Blowdown Treatment Plant Economics

DESIGN BASIS		
<i>Vacuum Concentrator</i>		
Feed strength	10% H ₂ SO ₄	
Feed rate	11,900 lb/h	
Product strength	20% H ₂ SO ₄	
Steam requirement	7,700 lbs/h @ 150 lb/in ² g	
<i>Vapour-Phase Unit</i>		
Feed rate	5,950 lb/h	
Product strength	68% H ₂ SO ₄	
Natural gas consumption	6.7 GJ/h	
OPERATING COSTS		Can \$/a
VPOD + SAC		
Labour	31,000	
Steam	305,000	
Electricity	100,000	
Natural gas	280,000	
ACID CREDIT		
100% H ₂ SO ₄ basis		5000 s.tons/a
CAPITAL COSTS		
<i>Concentrator</i>	Single-stage SAC	Can \$<1.0 million
<i>Vapour-Phase Unit</i>		Can \$4-5 million

나오는 酸製品의 濃度는 68%인데 稀釋水로서 酸吸收塔의 펌프탱크로 再循環된다. 眞空式 濃縮裝置는 블로우다운酸을 蒸氣相處理工程으로 送入하기 전에 20%로 濃縮하는데 사용된다.

