技術資料

噴霧式 Scrubber 에 依한 公害防止 實施例

玉 正 檍*

1. 緖 論

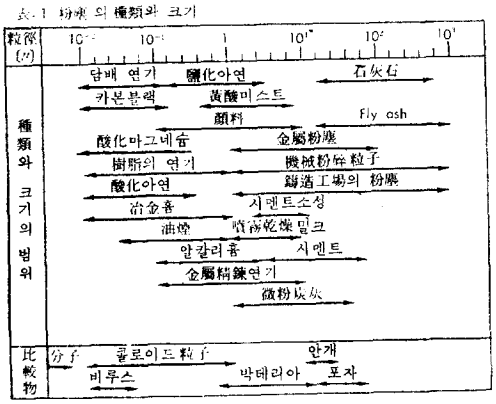
"불 안땐 굴뚝에 연기나랴"라는 속담이 있는 것으로 보아 옛날에는 불때는 곳에서만 연기가 났던듯 싶다. 그러나 近代에는 工業이 發達해 감에 따라 化學工場等에서는 불을 안땐 굴뚝에서도 各樣各色의 연기를 내고 있고 그 排出量 역시 막대하여 이들이 人體를 비롯한 動植物에 미치는 惡影響이 커서 때때로 生命을 앗아가는 原因이 되며, 또한 各種物體을 부식시키고, 汚染시킴으로써 오는 經濟的損失 역시 많아, 이들을 處理하는 問題는 심각한 社會問題로 되어있는 實情이다.

이들 排氣가스中에 含有된 粉塵및 有害가스를 分離除去하기 위한 裝置로서는 그 原理를 달리하는 많은 機種이 나와 있다. 本稿에서는 이裝置들중에 噴霧式 Scrubber에 依한 除去實驗 Data 및 實施結果들에 對해서 考察하며 그 理解를 돕기 爲한 範圍內에서 公害의 發生源과 그 處理裝置에 對한 一般的개념을 약간 添加하였다.

2. 公害의 發生源과 그 排出物

煤煙의 發生源에는 自然에 依한 것과 人工的으로 發生하는 것이 있고 公害對象으로되는 것은 人工에 依해 發生되는 것으로 이것은 製鐵工業, 化學工業, 窯業發電等에서 燃燒 또는 製造工程中에 發生하는 粉塵 또는 가스로써 그 種類, 粒度 및 性質等은 각가지이며 그 處理의 面에서도 極히 간단히 除去시킬 수 있는 것으로부터 무척 處理하기 어려운 것等 範圍가 무척 넓다. 表1은 排出粉塵들의 粒度를 나타낸다.

表 1 粒塵의 種類와 크기



*韓國綜合技術開發公社 化工部

그리고 燃燒가스 및 化學處理로부터 排出되는 有害가스에는 硫黃酸化物, 硫化水素, 窒素酸化物, 불화수소, 염소, 염화수소등으로 그 排出量은 一般的으로 少量이지만 亞黃酸가스를 포함하는 燃燒가스는 大容量의 것이 많아 公害에의 影響도 크다.

3. 公害의 處理裝置

粉塵除去裝置에는 많은 種類가 있으나 一般的으로 利用되고 있는 것으로는 Cyclone, Bag filter, 電氣集塵機, Scrubber 等으로 크게 나눌 수 있고, 어느것이나 長短點이있어 處理目的 對象粉塵의 性質 및 工場內의 特殊性等을 고려하여 適合한 것을 選定하여야 하며, 높은 精密度가 要求될 때에는 原理를 달리하는 2種類以上의 集塵機를 設置해야 하는 일도 때때로 있다.

排氣中의 粉塵을 除去함에 있어서 粒子의 慣性을 利用하는 것이 가장 一般的인 方法인데, 이 경우 實質的으로는 5μ 까지 밖에 除去안되며, 이보다 작은 粒子에 對해서는 音波, 凝縮 및 噴霧等을 利用하여 粒子를 凝集擴大시켜 그 粒徑을 5μ 以上으로 한 후 慣性分離하는 方法을 取한다.

筆者의 實驗에 依하면, 音波를 利用한 凝集에는 1,200c/s, 147db 에서 약간의 效果가 있으나, 乾式의 경우, 再分散하지 않는 性質의 粉塵에 한하며 流速 1m/sec 以下로 해야 하는등, 適用範圍가 극히 제한되어 있다. 그리고 排氣中의 含有水分의 凝縮을 利用한 凝集分離에는, 極微小粒子까지 分離하는 方法이지만 低溫가스에 適用하자면 Steam을 使用해야 함으로 運轉費가 많이 든다. 그러나 排氣溫度가 400°C 이상의 경우는 가장적합한 方法이라 생각된다.

本稿에서 論하게 될 噴霧式 Scrubber란 排氣中의 粉塵 및 有害가스를 微粒子의 水滴으로서 捕捉하여 그 含塵水滴을 Mist Separator로 分離除去 함으로서 除塵하는 裝置를 말한다.

4. 噴霧式 Scrubber 에 依한 實施例

(1) 裝置 및 實驗方法

Fig. 1은 本裝置의 Flow Sheet를 나타낸다. Spray Chamber에서 氣流와 水滴과를 向流로 한것은 水滴의 동반으로 因한 效率의 低下를 피하며 壓力損失을 적게 하기 爲해서이다.

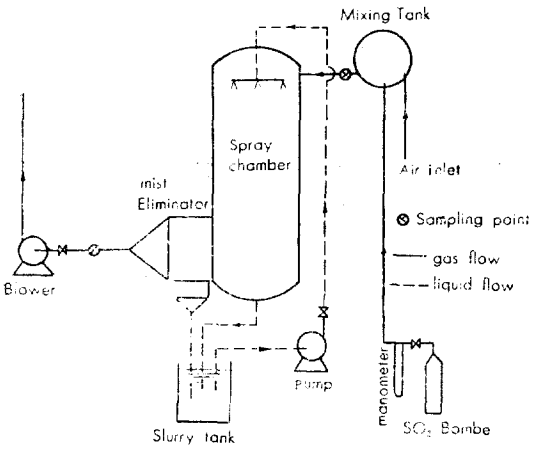


Fig 1 SO_2 除去裝置

噴霧노즐은 水壓에의한 旋回式노즐을 使用했고 水滴分離裝置로는 Zigzag의 金屬板을 使用했다.

粉塵除去實驗에있어서, 乾式의 경우라면 어떤 粒度分布를 아는 Standard Dust를 對象粉末로하여, 各實驗條件에 對한 除去率의 Data를 取함으로서 여러因子가 除去率에 미치는 影響을 簡單히 調査할 수 있으나, 이와는 달리 混式의 경우는 除去率이 너무 높아(0.2μ까지 제거) 各條件의 變化에 따른 除去率의 差가 적음으로, 體系的인 實驗을 通해, 各條件에 對한 영향력을 調査하기는 어려웠다. 따라서 粉塵에 對해서는, 實際裝置 및 Pilot plant에 依한 實施結果에 對해서 考察하기로 한다. Fig. 2는 5,000~20,000 m³/Hr의 容量을 갖는 大型의 研究實驗用裝置이다.

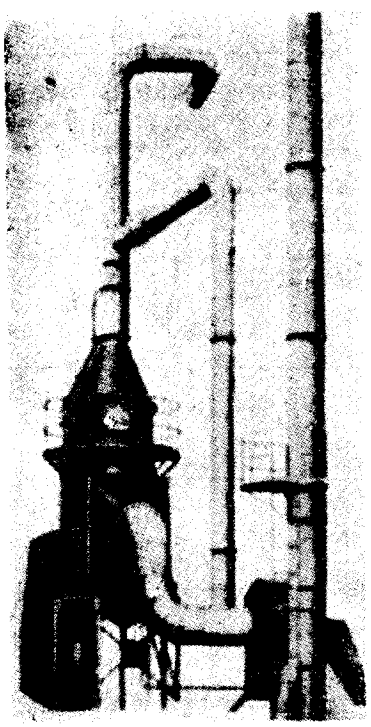


Fig 2 噴霧式 Scrubber의 研究實驗用裝置(容量5,000~20,000m³/Hr)

有害가스의 除去實驗에 있어서는, SO_2 가스를 對象으로 해서 알카리 용액에 依한 吸收除去實驗을 하여, 이때 Retention Time, Alkali의 소모量, 噴霧液量 및 排氣의 溫度等이 SO_2 除去率에 미치는 영향에 對해서 調査했다.

SO_2의 濃度는 3% H_2O_2 溶液을 Impinger에 넣어, SO_2를 吸收시킨후 NaOH 溶液으로 滴定하는 방법과 眞空式 檢知管에 依해 測定하는 방법을 병용했다.

粉塵의 濃度는, Dust Tube에 Glass Wool 또는 Quartz Wool을 넣어 一定量의 含塵가스를 吸引하여 秤量하는, 重量法에 依해 測定했다.

排氣의 處理量의 測定은 Pitot Tube 또는 Anemomaster(流速, 溫度 및 靜壓을 電池式으로 測定하는 計器)로 測定했다.

(2) SO_2 가스의 除去實驗結果

① CaO Slurry에 依한 SO_2 除去

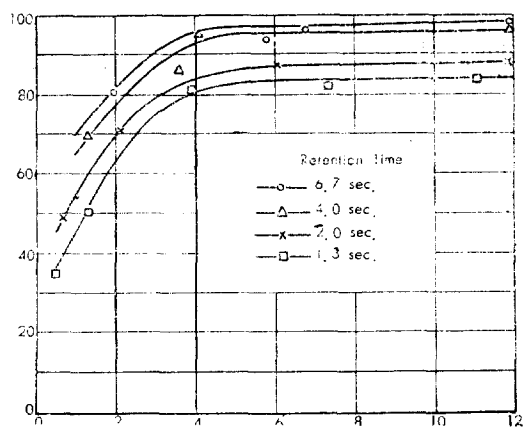
SO_2 濃度는 重油燃燒가스中의 SO_2 濃度인 1,500 P.P.M. 에 對해서 除去實驗을 했다.

이때의 反應式은 다음과 같다.

$$CaO+H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

$$Ca(OH)_2+SO_2 \rightarrow CaSO_3+H_2O$$

Fig. 3은 CaO의 使用量이 SO_2의 除去率에 미치는 영향에 對해서 調査한 實驗 Data를 點綴한 것이다. 이 graph로 부터 CaO는 理論量의 4倍를 使用해야 됨을 알 수 있다.



SO_2 除去率 CaO 量(使用量/理論量)

Fig 3 CaO의 量이 SO_2 除去에 미치는 영향

Fig. 4는 Retention Time(時間當處理量/噴霧塔의 體

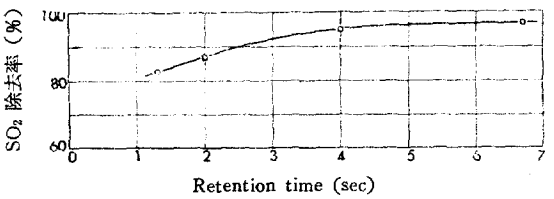


Fig 4 Retention time(1秒當 處理量/噴霧塔의 體積)이 SO_2除去率에 미치는 영향)

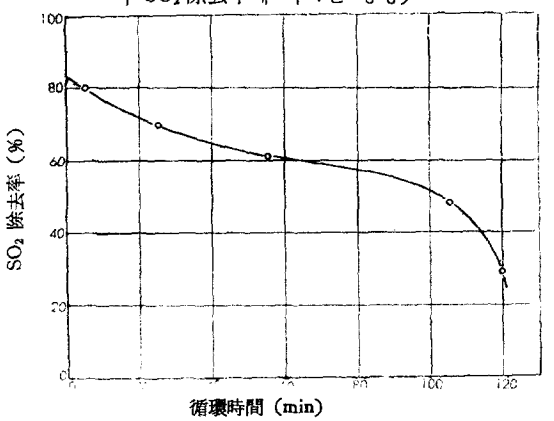


Fig 5 CaO Slurry의 循環에 의한 SO_2除去

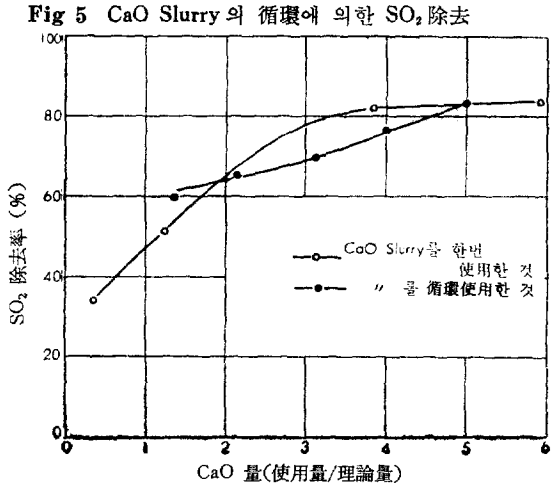


Fig 6 CaO Slurry의 循環使用과 一回使用과의 比較

積)을 調査하기 爲한 Graph이다. 이로부터 대개 4sec의 Retention Time의 必要함을 알 수 있다.

Fig. 5는 Retention Time이 1.3 sec, CaO使用量이 理論量의 5倍인 條件에서 噴霧液을 循環使用했을 때의 運轉時間에 對한 除去率을 點綴한 것이다.

Fig. 6은噴液의 循環使用과 單回使用을 比較하기 爲한 graph 이다. 여기서 알 수 있듯이 CaO Slurry의 경우 循環使用보다 어떤 濃度의 Slurry를 單回使用하는 편이 有利하다.

處理가스의 溫度가 SO_2除去率에 미치는 영향을 調査하기 爲해서 11~120°C의 範圍에서 Data를 取했으나 눈에 띄는 變化는 볼 수 없었다.

CaO Slurry의 噴霧에 依하여 SO_2를 除去할 때에는 몇가지의 難點이 있다. 즉 CaO는 水中에서 $Ca(OH)_2$의 Slurry로 되어 實質的으로 噴霧에는 支障없으나, 純度가 낮은 CaO의 경우 그 不純物로 因해 노즐이 막힐 염려가 있고, 長期間實驗을 한후 Mist Separtor의 Element를 보면 그表面에 포도狀의 白色固形物質이 成長付着되어있는데, 이것은 $CaSO_3$ 및 $CaCO_3$等으로 무척 단단한 것으로서 Mist Separator의 壓力損失을 增加시키는 原因이 된다.

② NaOH溶液에 依한 除去

이것은 어떤 製鐵工場에서 排出되는 SO_2를 除去하기 爲한 기초실험으로서 濃度 15,000 P. P. M. 에 對해

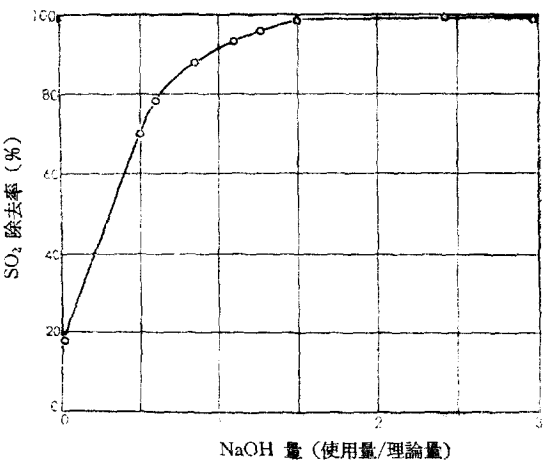


Fig 7 NaOH量이 SO_2除去에 미치는 영향

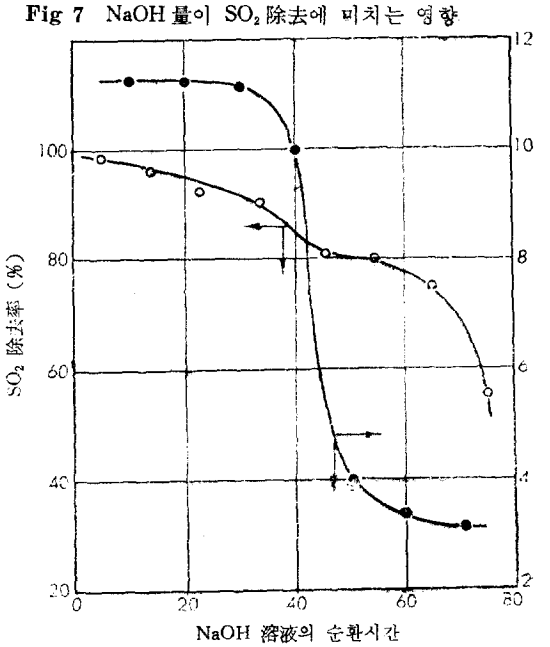


Fig 8 NaOH溶液의 순환에 의한 SO_2除去

서 行해진 實驗결과이다.

Fig. 7은 NaOH의 使用量이 OS_2 率去除에 미치는 영향을 調査한 實驗 Data이다. 理論量의 1.5倍가 좋다는 것을 이로부터 알 수 있다.

Fig. 8은 NaOH 溶液을 循環使用했을 때의 除去率에 對한 檢討를 爲한 實驗結果로서, 吸收熔液의 PH도 同時에 測定한 것이다. 이 graph에서 PH 曲線의 變曲點까지는

$$2NaOH+SO_2 \rightarrow Na_2SO_3+H_2O$$

의 反應이 끝나는 것을 나타내며(NaOH의 投入量과 SO_2 除去量의 總和로부터 算出한 中和時間은 이 變曲點까지의 時間과 거의 일치했다). 以後는

$$Na_2SO_3+SO_2+H_2O \rightarrow 2NaHSO_3$$

의 反應임을 나타낸다.

따라서, CaO에 依한 SO_2 除去의 경우와는 달리, NaOH의 경우는 循環使用하는 便이 SO_2 分離의 面에서는 有理하다.

그리고 運轉操作面에서도 CaO를 使用한 경우 보다 問題點이 적고 運轉費도 적게 든다.

噴霧量은 0.44~8.3l/m^3의 範圍內에서 SO_2 除去率에 미치는 영향을 調査했지만 아무런 變化도 認定할수 없었다.

表 2. 各種對象物에 對한 實施結果

除去對象의種類	使用液量[l/m^3]및種類	入口濃度[g/m^3]	出口濃度[g/m^3]	除 去 率[%]	發 生 源
S_2Cl_2	1.87(2% NaOH) 6.40(이 하전부水)	98.0 136.0	3.09 15.00	96.8 89.0	사 브 제 조 〃
$ZnCl_2$	2	3.92	0.66	83.4	活性炭製造
SO_2	31.5 10.5	8,000p. p. m. 8,000 〃	500p. p. m. 1000 〃	94.0 88.0	燒成爐가스 〃
觸 媒 粉 塵	0.16	18.05	0.06	99.7	乾 燥 器
포 도 당 粉 末	0.37	2.02	0.008	99.6	乾 燥 器
酸 化 鐵	0.71	2.41	0.25	89.4	電 氣 爐
Si-Mn 爐	1.76	2.06	0.184	91.1	〃
Ca-Si 爐	6.4	0.695	0.258	74.3	〃
Si-Cr 爐	6.25	2.57	0.39	84.6	〃
SO_2	〃	100p. p. m.	6p. p. m.	94.0	〃
MgO	0.86	4.64	0.018	99.5	燒 成 가 스
Urea	9.5	1.685	0.0034	99.8	시이늘산제조
Cement	0.19	6.10	0.02	99.7	
$Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$	2.24	12.2	0.0185	99.8	glass

(3) 各種粉塵에 對한 實施結果 및 考察

各種對象物에 對한 實施結果를 表 2에 나타낸다.

一般的으로 電氣爐로 부터 排出되는 粉塵은 그 量이 많은 반면, 무척 除去하기 어려운 部類에 屬한다. 그리고 이 경우 爐의 操業條件 및 過程에 따라 粉塵의 粒度, 性質 및 成分等이 變함으로 일율적인 Data를 取하기는 容易한 일이 아니다. 이 表에서는 그 代表的인 例를 실었다. 電氣爐排氣處理와 같이 粉塵이 極度로 乾燥되여 있고 소수성이어서, 水滴에 잘 捕捉되지 않는 경우는 噴霧液에 약간의 活性劑를 添加함으로써 粉塵의 除去率을 多少 높일 수는 있다.

Fig. 9는 산화마그네슘을 除去할 때의 Data로써 噴霧液量은 산화마그네슘量의 100倍로 足함을 나타낸다.

포도당粉末의 경우는, 乾燥工程中에 排出되는 것으로서, 물에 對한 溶解度가 높기 때문에 噴霧液을 循環

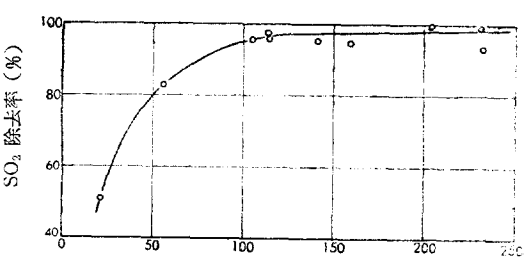


Fig 9 酸化마그네슘燒成가스處理時의 噴霧液量

使用하여 回收도 겸한 公害防止가 되기 때문에 集塵機를 設置한 후 6個月만에 設置費用이 回收 되었다는 實例가 있다. 이경우 水滴分離部에 雜菌이 繁植하여 圧損이 增加하는 難點이 있는바, 集塵機의 設計時는 그 解決策을 考慮하여야 한다.

그리고 表2 中에서, 活性炭製造工程中에 發生하는 $ZnCl_2$ 및 시아늘酸(Cyanuric Acid)製造時의 암모니아 排氣中의 Urea 除去等은 다른 어떤 集塵機로도 이以上의 除去率을 낼수 없었다.

5. 結　言

대개의 混式集塵機는 圧力損失이 큰 것이 通例이지만, 噴霧式 Scrubber는 壓損이 가장 작은 集塵機에 속한다. 그리고 다른 集塵機에 比해서 適用範圍가 넓고 安定된 效率을 내는 利點등이 있다. 한편 噴霧노즐을 使用하는 關係上 噴霧液의 循環使用에 問題點이 있고, Mist를 完全分離하는 問題도 簡單하지는 않다. 이렇게 여러長短點이 있으나 그 使用目的에 따라 適選使用하면 좋은 效率을 내며 全般集塵機中에서도 業績이 있는 便에 속한다. 設備費用은 普通인 편이다.

物體를 汚染시켜 經濟的 損失을 초래하게 하는 粉塵은 그 粒徑이 비교적 큰 것이며, 한편 肺內에 축적되는 것은 0.03μ 前後의 粒徑의 것이 가장 많다는바 人體에 害를 주는 것은 超微粒子에 속한다. 그런데 대개의 集塵機는 그 效率이 99%(重量法)라 해도 汚染防止의 目的만을 滿足시키는데 지나지 않는다. 經濟的으로 超微粒子까지 處理할 수 있는 集塵機가 開發되어 廣範圍하게 使用되는 때에 비로소 完全한 公害防止가 이루어지는 것으로 생각된다.

어떤 集塵機를 選定할 경우 어떠한 條件下에서도 最高의 效率을 내는 萬能集塵機는 없음으로 各機種의 長短點및 除去對象物의 性質을 考慮하여 適選使用하지 않으면 안된다. 本稿에서는 噴霧塔에 의한 實施例를 紹介해 드렸는바 本學會員 및 關係者 여러분에게 조금이라도 도움이 된다면 감사하겠읍니다.

參 考 文 獻

1) 三浦貢, 脇本章 : Chemical Engineering (日本) 37, DEC. 1966
2) Miura Chem. Equip. Co., Technical Data Sheet
3) W. L. Faith; Air pollution Control(1959)
4) 井伊谷鋼一 : 集塵裝置(1963)