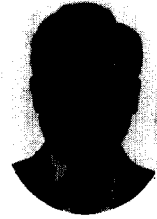


# 우리나라에 있어서 전기집진 장치의 현황과 전망



李 達 雨  
韓國코트렐工業(株)  
대 표 이 사

## 차 례

1. 서 언
2. 전기집진장치의 원리와 효율
3. 분진의 고유전기저항
4. 전 망

物質로 變換하여 處理하고 있으며 따라서 그 防止 施設의 內容은 一種의 小規模 化學Plant를 形成 하고 있습니다.

우리나라에 있어서 大氣汚染 防止施設은 아직, 粉塵에 對한 集塵裝置에만 局限되고있는 實相이어서 오늘은 集塵裝置 中에서도 電氣集塵機에 對한 이야기를 重點的으로 하고져 합니다.

## 1. 序 言

우리나라 工業이 70代以來 急激히 伸長됨에 따라 各種産業Plant에서 排出되는 廢Gas로 因한 大氣 汚染이 여러곳에서 發生하여 環境保全에 對한 國民的 關心이 高調되어 왔읍니다.

大氣公害는 廢Gas에 內包된 粉塵에 依한 汚染과 廢Gas의 組成 中 有害Gas成分에 依한 汚染으로 大分할 수 있으나 이 兩者가 復合的으로 發生하는 境遇가 頻繁하여 多樣한 樣相을 띄고 있습니다.

粉塵은 集塵裝置(Dust Collector)로서 捕集하여 防止할 수 있으며, 各種 有害Gas는 中和, 燃燒 또는 吸收등 여러가지 化學的方式으로서 有害치 않은

(註) 본고는 1987년 과학의 날 기념식에서 강연한 내용을 게재한 것임. (1987. 4. 24. 연세대학교)

## 2. 電氣集塵裝置의 原理와 效率

曲率半徑이 작은 導體인 放電極(Discharge Electrode : D. E)의 表面에 電界強度를 漸次 높여갈때 放電極 周圍에 氣體分子의 電離(Ionization)가 旺盛하여지며 마침내 Corona放電現象이 發生합니다(Fig 1 참조). 이 때 發生한 多量의 +ion과 -ion 中 +ion은 -極인 放電極 D. E에 即刻 吸着되고 -ion과 電子는 集塵電極 C. E를 向하여 移動하므로 D. E와 C. E 사이의 空間은 -電荷(Charge)로 充滿된 空間電荷(Space Charge)를 이루고 이 空間內에 存在하는 Gas中에 內包된 粒子(粉塵)에 電荷를 付與 帶電시키고 兩極間에 形成된 電場(Electric Field)에 依한 쿨롬의 힘(Columb Force)이 粒

## 전기집진장치의 현황과 전망

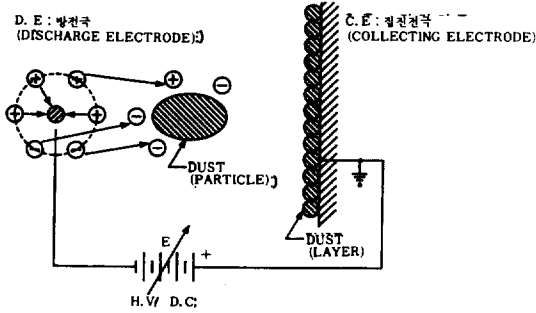
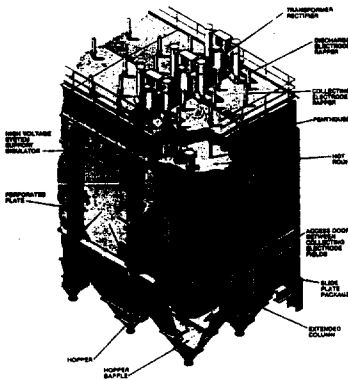


FIG. 1. : E. P.의 원리

자에 作用하여 集塵電極을 向하여 走行케하여 이곳에 集積합니다. 集塵極에 加해지는 脫塵裝置의 衝擊力(Rapping Impact)에 의해 脫着 落下하여 Hopper에 貯藏된 후 搬出됩니다.

Hi-R™ Electrostatic Precipitator (with Dura-Trode™ rigid discharge electrodes)



粒子的 移動速度(Migration Velocity) W는 電氣集塵裝置를 論하는데 重要な Factor이며 아래의 式 (1)과 같습니다.

$$W = K \frac{a E_o E_p}{6 \pi \mu} \quad (1)$$

여기서, W : 移動速度, m/sec

k : 定數

$E_o$  : 放電域 電界強度, Kv/m

$E_p$  : 集塵電界強度, Kv/m

a : 粒子徑, Micron

$\mu$  : 氣體의 粘性係數, Kg. s/m<sup>2</sup>

$E_o \times E_p$ 는 印加電壓 E의 自乘에 大體의으로 比例하므로(Back Corona現象이 發生하지 않은 正常

常態에 限함) W는 印加電壓의 自乘에 比例하고, 粒子的 크기에 比例하며, 氣體의 粘性係數에 反比例하는 事實에 注目하여야 합니다. 氣體粘性係數는 粒子的 氣體로 부터의 分離를 妨害하는 要素로서 溫度의 上昇과 더불어 增加하므로 移動速度 W는 氣體의 溫度가 높아질수록 減少합니다.

電氣集塵裝置의 集塵效率(Collecting Efficiency)에 對한 最初의 基本的인 式은 Deutsch-Anderson Equation으로 알려진 다음 (2)式입니다.

$$Y = 1 - e^{-\frac{A}{V} W} \quad (2)$$

여기서, Y : 集塵效率

A : 集塵面積, m<sup>2</sup>

V : 處理 Gas量, m<sup>3</sup>/sec

W : 粒子的 移動 速度, m/sec

앞에서 A/V는 單位風量을 處理하는데 必要的인 集塵面積을 意味하며 比集塵面積(Specific Collecting Area : SCA)이라 稱하고, sec/m 또는 SF/KACFM의 單位를 實用하고 있으며, 電氣集塵機의 크기(Sizing)를 基本的으로 規定하는 重要な 數值입니다.

이式에서 注目하여야 할것은 SCA와 Migration Velocity W가 集塵效率에 對하여 對等한 位置에 있다는 事實입니다.

式(1)에서 檢討된 바와같이 W는  $E_o$ ,  $E_p$ , a,  $\mu$ 와 같은 運轉條件을 反映하는 要素들에 의하여 規定되고 있으며, 이들은 實地運轉에 있어 간단없이 變化하는 變數들입니다.

예를 들어 說明하면 Particle Diameter a는 定數가 아니며 一般的으로 0.1에서 100Micron까지 廣範圍하게 分布되고 있고 Case마다 그 分布가 特異함으로 代表的인 粉子分布(Particle Size Distribution)로서 取扱되어야 합니다.

W는 印加電壓 E의 自乘에 比例하므로 E를 最大로 維持하는 것은 큰 W의 값을 獲得하기 위하여 가장 重要な 要點이기는 하나 E의 最大値는 實地運轉에서 電氣集塵裝置에 관한 모든 Factor가

강연/1987년 과학의 날 기념강연

종합된 결과로서 나타나는 값으로서 人爲적으로 調整될 수 없습니다. 또한, W에 크게 影響을 미치는 Gas의 温度, 濕度, 性分등도 實地的으로 相當한 幅을 가지고 變動합니다.

이와같은 點을 勘案할 때 電氣集塵裝置의 效率은 確率의 要素가 커서 經驗工學的인 取扱이 重要하다는 點을 理解하게 됩니다.

1922년에 理論的으로 誘導된 上述한 Deutsch-Anderson Equation은 그 后實地應用에서 精確性이 欠か되어있음이 判明되었고 1957년에 Particle Size Distribution이 ESP Efficiency에 미치는 影響을 考慮한 Modified-Deutsch Equation(3)이 C. Allander와 S. Matts에 의해 作成되어 廣範圍하게 利用되기 始作했습니다.

$$E = 1 - e^{-\left(\frac{A}{V}\right) W_k^k}$$

$$E = 1 - e \tag{3}$$

Wk : Modified Deutsch Constant

k : 0.5 - 0.6

P. C Boiler와 Cement Plant등 많은 應用에 있어 k의 값을 0.5로 擇할때 充分히 精確한 結果를 얻을 수 있습니다.

近來에 이르러 Computer의 計算 能力과 Data Bank를 利用한 統計學的方法으로 더욱 精確한 效率策政이 可能하여 졌습니다.

一 例를 들어보겠습니다. (↓)

$$E = 1 - e^{-K(SCA)^\alpha (PC/A)^\beta F(\bar{X}, \sigma_g) G(t)} \tag{4}$$

CONFIDNCE LEVEL

PARTICLE SIZE EFFECTS

POWER DENSITY  
(ENERGIZATION LEVEL)

ESP SIZE

여기서 Pc : Power Input (watt)  
 $\bar{X}$  : Mean Particle Size  
 $\sigma_g$  : Geometric Median Size

### 3. 粉塵의 固有電氣抵抗 (Resistivity)

電氣集塵裝置에 있어 粉塵의 固有 전기저항은 集塵效率과 E. P Sizing의 檢討에 있어 大端히 重要한 項目입니다. 荷電되어 集塵極에 到達한 粉塵은 電極表面에 附着하여 얇은 層을 形成하고, 이때 固有抵抗이 大體로  $5 \times 10^{10} \Omega\text{-cm}$  以下の 粉體에 있어서는 荷電된 Charge를 Dust 層을 通하여 順調롭게 放電하여 電氣的으로 中和가 되어 靜電力을 喪失한다는 說明은 이미 드린바와 같습니다.

Resistivity가  $5 \times 10^{10} \Omega\text{-cm}$ 의 範圍를 벗어나 漸次的으로 그 값이 增加할 때 極板에 있어서의 粉塵層의 放電은 이에따라 더욱 困難해지며 마침내  $1 \times 10^{13} \Omega\text{-cm}$ 를 超過하는 경우, 電極은 마치 絶緣體로 둘러쌓인것과 同一한 結果가 되어 電荷의 Discharge가 전혀 不可能한 狀態에 이릅니다. 이에 이르면 +極인 集塵極이 -Charge로 包圍되어 空間에 形成된 靜電場의 電界強度가 顯著히 弱화되어 集塵性能을 抵下시킬 뿐만아니라, 甚한경우에는 누적된 -Charge에 依한 Dust表面의 電界強度가 Corona를 發生하기에 充分한 값에 到達하여 所謂, Back Corona現象을 發生합니다. 이리하여 電氣集塵의 機能을 完全히 喪失하게 되는 것입니다.

이와같이 電氣集塵에 있어 重要한 要素인 Dust의 Resistivity는 Dust自體의 化學成分(Cemical Co-

전기집진장치의 현황과 전망

mposition of Dust) 과 Dust를 둘러싸고있는 雰圍氣인 氣體의 溫度, 濕度, SO<sub>3</sub>와 같은 一部 Gas의 組成 等에 影響을 받읍니다.

一般적인 境遇에 있어 Dust는 여러가지 化學成分으로 組成되고 있으며 그 中 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO 等은 電氣의 흐름을 妨害하는 要素들이며 Na<sub>2</sub>O, Li<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O, 및 C 等은 導電의 役割을 하는 要素들로서 兩 要素의 混合比率에 의하여 Resistivity를 算定하고 있습니다.

Dust의 Chemical Composition과 못지않게 Gas의 溫度, 濕度 및 SO<sub>3</sub> 等의 Dust를 둘러싼 雰圍氣가 Dust의 Resistivity에 미치는 影響은 廣範圍합니다.

Cement Dust의 Resistivity와 Gas溫度 및 濕度와의 關係를 Fig. 2에 例示하였으며 石炭煙燒Boiler의 Fly Ash Resistivity와 Gas溫度 및 SO<sub>3</sub>의 關係는 Fig. 3에 表示하였읍니다.

이 溫度特性曲線에서 어떠한 一定溫度에서 最高의 Resistivity를 나타내며 이 點을 分界點으로하여 溫度가 낮아지거나 높아질때 Resistivity는減

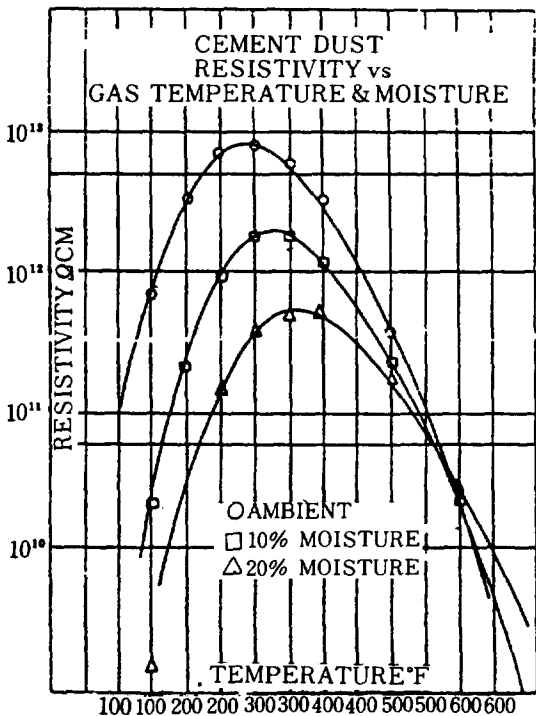


FIG. 2.

少하며 또 濕度나 微量의 SO<sub>3</sub>의 增加에 따라 Resistivity는 顯著하게 低下되고 있음을 알 수 있습니다.

分界點의 左側 低溫 領域에서 Resistivity가 溫度低下와 더불어 減少하는 原因은 表面漏洩電流(Surface Leakage Current)가 溫度低下에 따른 Condensate의 增加로 因하여 더욱 容易하게 흐를수 있기때문이며 右側 高溫領域에서는 溫度의 上昇에 따른 Dust分子의 運動Energy의 增加가 體積導電(Volumatic Conduction)을 促進하기 때문입나다. 잘 알려진 高溫電氣集塵機(Hot E.P)는 바로 이 高溫領域에서의 낮은 Resistivity를 利用하여 低溫側에서 集塵하기 困難한 Dust를 集塵하고자 하는 目的에서 設計된 것입니다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 Gas의 溫度를 내리는 同時에 濕度を 增加하였을때 Cement Dust의 Resistivity가 顯著히 低下되어 集塵可能한 狀態로 改善되었음을 알았읍니다. 實地로 Cement Plant에 있어서 Evaporative Spray Cooler를 써서 이와같은 目的을 達成하고 있으며 調濕(Stabilization)이

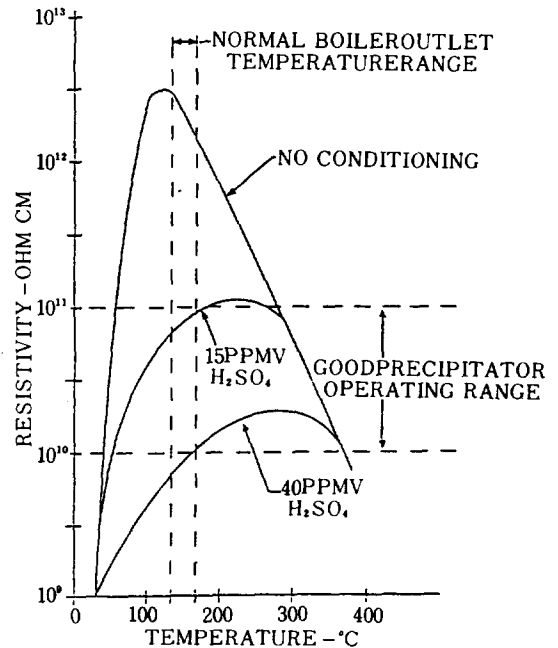


FIG. 3. Coal Ash Resistivity V.S Gas Temperature & SO<sub>3</sub>

# 강연/1987년 과학의 날 기념강연

라 불리우며 자주 쓰이는 방법입니다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이發電所 P. C. Boiler의 High Resistivity Fly Ash를 Gas의 溫度를 變化시키지 않고 微量의 SO<sub>2</sub>를 注入하므로 集塵可能케하는 方法을 Flue Gas Condition(FGC)라 稱하며 頻繁히 利用하고있는 手段입니다.

## 4. 展 望

1963年 馬山火力에 最初의 電氣集塵機가 輸入되어 設置된이래 24年이 境過하였습니다. 그간 우리나라는 눈부신 工業發展을 成就하여 到處에 各種産業Plant가 稼動되어 環境保全의 問題는 높은 國民的 認識과 함께 重要的 國家的 施策으로 確立되었습니다.

大氣公害防止 施設中 重要的 位置를 占有하고 있는 電氣集塵에 關한 技術도 그간 꾸준히 伸長하여

大部分의 國內需要를 國産으로 供給하기에 이르렀으나 아직도 獨自의 技術의 確立까지는 未洽하다고 할 수 있습니다.

電氣集塵에 關한 技術이 經驗工學的 要素가 크다는 事實은 獨自의 技術確立에 長時日의 經驗의 蓄積과 自體의 實驗을 통한 技術開發을 必要로 합니다. 아울러 先進技術 情報에 敏感하여야 하고 이의 取入에 果敢하여야 함은 勿論입니다.

韓國에 있어서 電氣集塵分野에 있어 當面한 新技術의 課題는 아래와 같다고 展望되고 있습니다.

1. E. P Sizing의 電算化
2. Flue Gas Conditioning
3. Micro Processor Type T/R Control
4. Wider Spacing E. P
5. Intermittent Energization System
6. Pulse Energization System
7. Energy Management System