

미분탄 연소 보일러용 전기집진기의 방전특성 및 집진특성에 관한 연구

論 文

49C-10-4

A Study on the Discharge Characteristics and the Collection Efficiency of the Electrostatic Precipitator for Pulverized Coal Boiler

李泰植* · 孫陳雲** · 南昌祐** · 李圭喆**

(Tae-Sik Lee · Jin-Woon Son · Chang-Woo Nam · Kyu-Chul Lee)

Abstract - The discharge and the collection efficiency characteristics of an electrostatic precipitator have been studied under various operating conditions. The specific resistivity of pulverized coal dust was about $1013 \sim 1014 [\Omega \cdot \text{cm}]$ and reached the maximum value of $6 \times 1013 [\Omega \cdot \text{cm}]$ at $150 [^\circ\text{C}]$. Back corona has been occurred as dust contents and gas temperature increase. In the case of back corona occurrence, collection efficiency decreased rapidly. This problem has been solved by increasing moisture contents. Experimental results showed that collection efficiency of the full wave voltage was higher than that of the pulse wave voltage. The modification parameter k of the collection efficiency equation was about 0.42.

Key Words : Collection efficiency, Back corona, Modified Deutsch equation

1. 서론

대형 발전소 등의 산업현장에서 미분탄 연소에 의해 대기 중으로 배출되는 분진은 자연환경에 치명적인 영향을 주고 있으며 이러한 분진을 제거하기 위해 국내외적으로 전기집진기에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 전기집진기에 대해서는 전기장내에서 하전입자의 운동[1], 분진의 습도와 온도에 따른 집진특성[2], 전기집진기의 최적제어를 통한 집진효율 개선 및 에너지 절감을 위한 연구[3], 분진 입자의 물성특성에 관한 연구 및 전기집진기의 역전리 및 분진층형성에 관한 연구[4] 등이 진행되고 있으나 전기집진기의 전기방전특성 및 분진의 물성변화에 따른 코로나 방전의 영향 등에 관한 연구는 아직 미미한 실정이다.

일반적으로 전기집진기의 집진 효율에 영향을 미치는 변수로는 분진의 입도 분포, 분진의 비저항, 가스 온도, 분진의 수분 함량, 가스의 유량, 인가전압 등이 있으며, 특히 분진의 비저항특성은 집진판 표면에 입자가 부착될 때 방전극과 집진판 사이의 전계분포에 큰 영향을 주게 되어 집진효율을 변화시키는 등 각각의 변수는 집진효율에 크게 영향을 미치고 있다. 또한 각 변수들의 특성이 복합적으로 전기집진기의 방전특성 및 집진특성에 영향을 미치기 때문에 각 변수의 영향을 구체적으로 규명하기 위해서는 전기, 화학적인 관

점에서 각각의 변수들이 코로나 방전에 미치는 영향과 집진 효율과의 상관관계 등에 관한 체계적인 연구가 이루어져야 한다[5].

본 연구에서는 산업용 미분탄 연소 보일러에서 포집된 분진을 이용하여 분진의 입도 분포 및 분진의 온도와 수분 함량 변화에 따른 비저항특성 등을 측정하여 비교·분석하고 분진의 물성특성을 규명하며, 전기집진기 방전특성을 관찰하기 위하여 미분탄 연소 보일러에서 포집한 분진을 실험설비용 전기집진기에 투입하고 분진의 농도, 수분함량 및 온도에 따른 초기방전 발생전압특성, 방전전압-방전전류특성, 역전리특성 등의 실험을 하였다. 또한 이러한 변수가 집진 효율에 미치는 영향을 분석하여 전기집진기의 최적 설계 인자를 도출하고, 최적운전을 통한 집진효율 향상 및 에너지 절감을 위한 자료를 제시하였다.

2. 실험방법

그림 1은 본 연구에서 사용된 전기집진기의 개략도를 나타내고 있다. 전기집진기는 길이가 15m이고 높이가 4.3m이며 2개의 집진실로 구성되어 있다. 집진기에서 방전극은 두께 2mm, 폭 20mm의 와이어로 구성되어 있으며, 첫 번째 집진실(first field)에서는 방전극에 길이 50mm, 직경 5mm의 와이어가 가로방향으로 부착되어 있고 두 번째 집진실(second field)에는 와이어가 없이 방전극만이 설치되었다. 전기집진기에서 분진 입자 및 집진기 내부를 통과하는 가스 입자는 방전극(discharge electrode)과 집진극(collecting electrode) 사이에 형성된 정전계에 의해 분리된다. 방전극은 고압정류변압기의 음극에 연결되어 있으며, 집진판은 양극에

* 正會員 : 現代重工業(株)

** 正會員 : 蔚山大工大 電氣工學科 博士課程

** 正會員 : 蔚山大工大 電氣工學科 助教授 · 工博

** 正會員 : 蔚山大工大 電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 2000年 3月 8日

最終完了 : 2000年 10月 18日

연결되어 접지되어 있다. 전기집진기의 방전은 집진판과 방전극 사이에 고전압을 인가하면 방전극 주위에서 코로나 방전이 발생하며, 이 때 발생된 전자는 중성 가스 입자를 이온화 시키거나 혹은 분진 입자에 부착되게 된다.

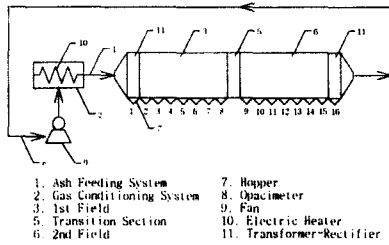


그림 1. 전기집진기의 개략도

Fig. 1. Schematic diagram of the electrostatic precipitator.

이렇게 전자가 부착된 분진은 전체적으로 음전하를 가지게 되는데 이러한 음전하를 띤 분진 입자는 전계의 영향을 받아 양극인 집진판쪽으로 이동되어 집진판에 부착되고, 이러한 분진입자는 입자 상호간의 부착력에 의해 분진층을 형성하며, 형성된 분진층은 추타장치에 의해 집진판에서 이탈한 후 중력에 의해 전기집진기 하부의 호퍼(hopper)에 쌓이게 되어 집진이 이루어진다. 표 1과 표 2는 본 연구에서 사용되어진 전기집진기의 기계적, 전기적 사양을 나타내고 있다.

표 1. 전기집진기 기계적 사양

Table. 1. Mechanical specifications of the electrostatic precipitator.

Plate height	1.33[m]
Plate spacing	400[mm]
Plate length	6.12[m/field]
Number of field	2
Nominal flow rate	15.96~79.8[m ³ /s]
Nominal velocity	0.5~2.5[m/s]
SCA	12.24~61.2[s/m/field]
Total SCA	24.48~122.4[s/m]

표 2. 전기집진기 전기적 사양

Table. 2. Electrical specifications of the electrostatic precipitator.

Input voltage	440[V], 1Phase
Input current	50[A]
Secondary voltage	105[kVp]
Secondary current	200[mA]
Electrical strength	5.25[kV/cm]
Current density	62.9[nA/cm ²]
Intermittent pulse frequency	83.3[ms]

전기집진기에 인가하는 전압은 직류정현파와 펄스를 각각 사용하여 전압인가방식에 따른 방전특성과 집진효율을 비교 분석하였다. 분진의 농도는 전기집진기의 후단에 설치된 분진측정기(opacity meter, Sick사, Model No. : RMD 41)를 사용하여 측정하였다. 분진의 화학적 조성은 습식원소분석법을 통하여 실험을 행하였으며, 분진의 입도 분석은 미국 COULTER사의 LS130 입도 분석기를 이용하였다. 분진 비저항 측정기를 이용하여 분진의 비저항을 측정하였고, 분진의 형상을 관찰하기 위하여 SEM을 사용하였다. 전기집진기의 방전특성을 측정하기 위해 제어기에 설치된 계기 및 신호전송기로 전압 및 전류를 각각 관찰하였다.

본 연구에 사용된 분진은 실 플랜트에서 포집된 분진을 사용하였으며, 분진의 물성변화를 방지하기 위해 채취한 분진을 밀폐된 용기에 넣고 건조한 곳에 보관하였다. 전기집진기 방전특성 및 집진효율특성 실험은 먼저 팬을 이용하여 분진을 전기집진기 내부로 유입시키고 연속적으로 순환되도록 한 후, 각각의 변수에 따른 집진기의 방전특성과 이 때의 집진효율특성을 분석하였다. 순환되는 가스의 온도는 전기히터를 사용하여 조절하였고, 온도측정용 센서(thermocouple) 및 온도 제어기를 설치하여 가스를 일정 온도로 제어하였다. 가스의 유동속도는 팬의 회전속도를 속도 제어기로 조절하며 제어하였다. 본 실험에서는 가스의 온도를 상온~150℃, 가스의 평균 유동 속도(V)는 0.5~2m/s, 분진의 농도(Dc)는 0~60g/Nm³, 가스의 수분함량(Hu)은 0~20Vol.%의 범위내의 조건하에서 인가전압을 가변하여 실험하였다. 또한 동일 조건하에서 직류하전 방식과 간헐하전 방식과의 집진 특성을 분석하였으며 이때, 간헐하전 방식에서의 인가 주기는 83.3[ms] 이다.

3. 실험결과

분진의 화학적 조성은 분진발생원 및 공정에 따라 변화하며 이러한 분진의 화학적 조성은 분진의 물성특성에 영향을 미치는데 특히, 분진의 전기 비저항특성에 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[6]. 습식원소분석법으로 분석한 결과 미분탄연소보일러에서 발생한 분진은 전기전도도가 불량한 SiO₂가 45.21[wt%], Al₂O₃가 19.46[wt%]로 전기비저항이 비교적 높은 분진입을 알 수 있으며, 그 외 전기전도도가 양호한 Fe₂O₃, CaO, MgO 및 TiO₂ 등으로 구성되어 있다.

분진 비저항측정기로 측정된 결과 미분탄 연소보일러 분진은 1010~1013[Ω·cm]의 비교적 높은 비저항을 갖는 것으로 나타났다. 일반적으로 분진의 비저항 값이 1012[Ω·cm] 이상인 경우에는 집진판에 누적된 분진층과 집진판간의 역전리 현상이 발생되어 집진효율이 낮아지며 비저항이 104~1011[Ω·cm]의 분진의 집진효율이 가장 양호한 것으로 알려져 있다.

SEM으로 관찰한 입자의 형상은 주로 구형이나 분진의 성분에 따라 다양한 형태로 나타남을 알 수 있으며, 다양한 입도 분포를 나타내고 있다(그림 2). 미분탄연소보일러 분진은 입도분석기로 질량평균직경(MMD)을 측정된 결과약 31.6[μm]으로 비교적 큰 입자들로 구성되어 있으며, 이러한 입자의 입도만을 고려할 때 전기집진기의 집진효율이 양호할 것으로 예상할 수 있다.

표 3. 분진의 화학적 조성 (단위 : WT %)
Table 3. Dust chemical composition(Dry base)

Species	Rate,Wt.%	PC
SiO2		45.21
Al2O3		19.46
Fe2O3		13.63
CaO		3.83
MgO		0.76
K2O		0.84
Na2O		0.67
TiO2		10.44
P2O5		0.36
H2O,115℃		0.06
Unburned Caborn		4.74
Etc		0.45

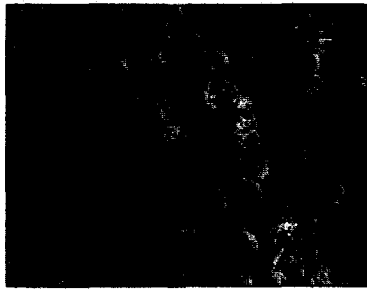


그림2. 미분탄연소 보일러 분진의 300배 확대 사진
Fig. 2 .Photographs of pulverized coal combustion dust, (x300).

일반적으로 분진의 입도가 큰 경우 집진효율은 양호한 특성을 나타내는 것으로 알려져 있으나, 전계장 하에서의 전기적 이동도는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\omega = \frac{qE}{6\pi\mu d} \quad (1)$$

여기서, ω :이동도, q :입자의 대전 전하량, E :인가전계, 6π :상수, μ :점성계수, d :입자의 직경

식(1)에서 알 수 있듯이, 전계의 세기와 전하량에 비례하며 기체의 점성계수와 입자의 직경에 반비례하는 특성을 가지고 있으며, 입자에 대전된 전하량은 입자의 직경에 비례하는 특성을 가지고 있다. 따라서, 분진의 입도가 큰 경우 분진 입자에 대전된 전하량이 증가하고 또한 분진의 입도가 작은 경우 포집된 분진층의 재비산 현상 등으로 인해 집진효율이 낮아지는 것으로 알려져 있다[6].

그림 3(a)와 (b)는 가스중의 수분 함량을 H=0[%], 전기집진기에 유입되는 가스의 유동 속도를 V=1[m/s]로 일정하게 한 후, 가스의 온도와 분진함량에 따른 방전전류특성을 나타내고 있다. 그림 3(a)는 첫 번째 집진실에서의 인가전압에 따른 방전전류 특성을 나타내고 있으며, 그림 3(b)는 동일한 조건하에서 두 번째 집진실에서의 방전전류특성을 나타내고

있다. 그림 3(a)의 첫 번째 집진실에서는 분진의 함량이 10[g/Nm3]인 경우 방전전류는 비교적 안정된 방전특성을 보이고 있으나 가스의 온도가 150[℃]인 경우 인가전압이 약 34[kV]가 되면 역전리(back corona) 현상이 발생함을 알 수 있다. 분진의 함량이 30[g/Nm3]인 경우 가스의 온도가 150[℃]에서는 38[kV]의 인가전압에서 역전리 현상이 발생하며, 가스의 온도가 100[℃]에서는 인가전압이 34[kV]일 때 역전리 현상이 발생하는데 이는 온도에 따른 분진의 전기비저항 특성과 분진층에 의한 전압강하로 전리 및 집진에 필요한 유효전계가 감소한 것으로 판단된다. 일반적으로 역전리 현상은 고저항 분진의 경우 흔히 발생하는 특성으로 집진판에 부착된 분진층이 전자의 흐름을 방해하여 분진층에 누적된 전자가 공간상의 이온과 결합하여 재비산하는 특성으로 역전리 현상이 발생하면 인가전압은 감소하고 방전전류는 증가하며, 집진효율은 감소한다.

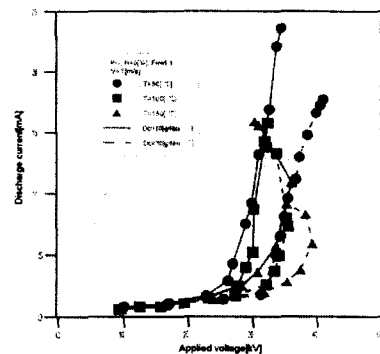


그림 3(a). 첫 번째 집진실의 온도와 분진함량에 따른 인가전압-방전전류 특성

Fig. 3(a). Voltage-Discharge current characteristics at different temperature and different dust contents in the first field.

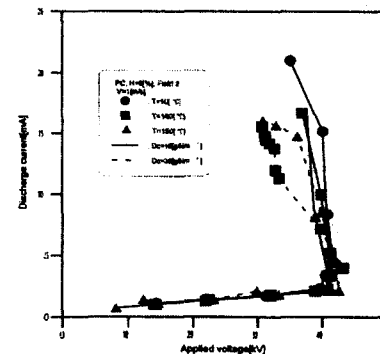


그림 3(b). 두 번째 집진실의 온도와 분진함량에 따른 인가전압-방전전류 특성

Fig. 3(b). Voltage-Discharge current characteristics at different temperature and different dust contents in the second field.

그림 3(b)의 결과에서 방전전류특성은 모두 약 40[kV] 부근에서 급격한 전류의 증가현상을 나타내고 있으며, 분진의

함량에 관계없이 약 42[kV] 부근에서 역전리 현상이 발생함을 알 수 있다. 집진현상은 1st 집진실과 2nd 집진실의 방전극 형상에 따라 다른 특성을 나타내게 되는데 1st 집진실의 경우 비교적 낮은 방전전압 하에서 대량의 방전전류를 흘릴 수 있도록 방전극에 가로방향으로 와이어가 설치되어 있으며, 2nd 집진실의 경우 와이어가 설치되어 있지 않아 비교적 높은 전압 하에서 상대적으로 낮은 방전전류를 흘리게 된다. 이러한 이유로 투입된 분진중 비교적 저항이 낮은 분진과 입자의 직경이 큰 분진이 첫 번째 집진실을 통과하면서 대부분 포집되었기 때문에 역전리 전압이 상승한 것으로 사료되며, 역전리 현상은 첫 번째 집진실에 비해 고저항 분진이 포집되기 때문인 것으로 판단된다. 두 번째 집진실에서의 방전전류는 첫 번째 집진실에서보다 낮게 흐르는 특성을 나타내는데 이러한 현상은 방전극의 형상에 따른 특성으로 판단된다.

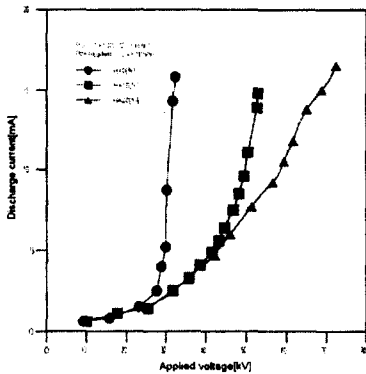


그림 4(a). 첫 번째 집진실에서의 분진의 수분함량에 따른 인가전압-방전전류 특성

Fig. 4(a). Voltage-Discharge current characteristics in the first field at different moisture contents of dust.

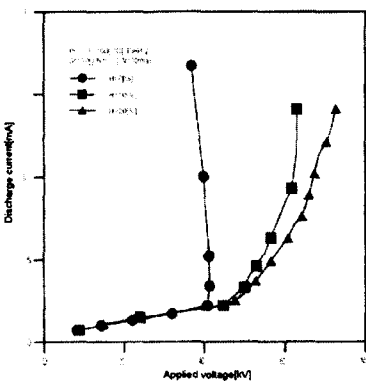


그림 4(b). 두 번째 집진실에서의 분진의 수분함량에 따른 인가전압-방전전류 특성

Fig. 4(b). Voltage-Discharge current characteristics in the second field at different moisture contents of dust.

그림 4(a)와 (b)는 가스 중의 분진 함량을 $D_c=10[g/Nm^3]$, 전기집진기에 유입되는 가스의 유동 속도를 $V=1[m/s]$, 유입되는 가스의 온도를 $T=100[^\circ C]$ 으로 일정하게 한 후, 유입되는 분진의 수분함량을 각각 $H=0[\%]$, $10[\%]$ 및 $20[\%]$ 으로 하였을 때 각각 첫 번째 집진실과 두 번째 집진실에서의 인가전압에 따른 방전전류의 변화 특성을 나타내고 있다. 그림 4(a)에서 수분함량 변화에 따른 방전전류의 변화는 수분의 함량이 증가할수록 안정된 방전특성을 나타내고 있으며, 방전전류는 수분함량의 증가에 따라 감소하는 특성을 나타내고 있다. 이러한 특성은 수분의 함량이 증가하면 분진의 전기비저항이 감소하여 역전리 발생을 억제하게 되며, 또한 높은 점성계수를 갖는 분진이 집진판에 부착되어 형성된 분진층에서의 전압강하로 인하여 유효전계가 감소하고 따라서 방전전류는 감소하는 특성을 나타내는 것으로 판단된다.

그림 4(b)는 동일한 조건하에서 두 번째 집진실에서의 방전특성을 나타내고 있다. 방전특성은 첫 번째 집진실에서의와 같이 안정된 방전특성을 나타내고 있으나, 수분의 함량 $H=0[\%]$ 인 경우에 있어서는 인가전압이 39[kV]에서 역전리가 발생하고 수분이 함유된 경우에는 역전리 현상이 나타나지 않고 있다. 이러한 결과에서 집진효율을 높이기 위해서는 분진중의 수분함량을 조절하여 안정된 방전특성을 얻고, 또한 역전리 현상을 감소시켜야 함을 알 수 있다. 고저항 분진의 경우 집진효율은 역전리 현상, 순간단락 현상 및 집진판의 추타불량 등에 깊은 관계가 있으며, 이러한 집진불량 특성을 개선하기 위해서는 분진의 비저항제어가 중요하다. 또한 하전방식의 제어를 통해 집진판에 부착된 전자를 효율적으로 제거하고, 또한 전자의 누적을 방지하기 위한 인가전압의 세기 및 주기의 제어가 중요하며, 또한 적절한 추타주기의 설정도 필요하다.

그림 5는 수분의 함량 $H=0[\%]$, 유입 가스의 분진 함량 $D_c=10[g/Nm^3]$ 으로 한 후 전기집진기에 유입되는 가스의 온도를 각각 $50[^\circ C]$, $100[^\circ C]$, $150[^\circ C]$ 로 하였을 때, 가스의 유동 속도에 따른 전기집진기의 집진효율 특성을 하전방식에 따라 비교하여 나타낸 것이다. 그림에서 집진효율은 유동속도 $V=0.3[m/s]$ 에서 온도 조건에 관계없이 98[%]의 최대 집진효율특성을 보인 후 유동속도가 증가하면 점차 감소하는 특성을 나타내고 있다. 이러한 특성은 가스의 유동속도가 증가하면 집진기 내부에서 유동가스의 체류시간이 짧아지므로 분진이 충분히 대전되지 못하여 집진효율이 감소하며, 또한 가스의 유동속도 증가에 따른 포집분진의 재비산과 비산 분진에 의한 유효전계감소 및 역전리현상에 기인한 것으로 사료된다. 그림 5에 의하면 낮은 온도에서 분진의 집진효율이 증가하는데 그 이유는 온도가 높으면 분진의 전기비저항이 증가하여 집진판에 누적된 분진층과 집진판간의 역전리 현상이 발생하기가 쉬우며 분진층에서의 전압강하가 증가하여 유효전계가 감소하기 때문이다. 하전방식에 따른 집진효율특성은 직류정전압하전의 경우보다 펄스하전의 경우가 더욱 양호한 집진특성을 나타내고 있는데 이는 고저항 분진에 의한 역전리 현상을 강한 전계를 인가하므로써 감소시키며, 또한 하전시간을 제어하므로써 역전리를 제어하기 때문으로 사료된다.

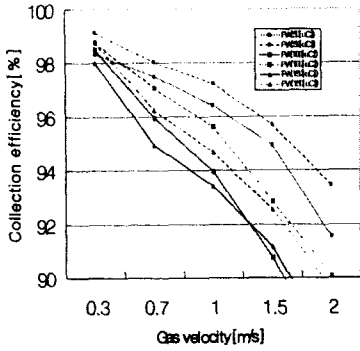


그림 5. 온도에 따른 전기집진기의 집진특성(DC=10g/Nm3)
 Fig. 5. Collection efficiency characteristics at various temperatures (DC=10g/Nm3).

그림 6은 가스의 온도가 T=100[°C], 분진의 수분 함량 H=0[%]이고 가스의 유동 속도 V=0.5[m/s]인 경우 전기집진기에 유입되는 가스의 분진 함량에 따른 집진효율특성을 나타내고 있다. 그림에서 집진효율은 분진의 함량이 Dc=30[g/Nm3]일 때 집진효율은 98[%]의 최대 집진효율을 보이고 있으나 이후 분진의 함량이 증가하면 집진효율이 낮아지는 특성을 보이고 있다. 이러한 이유는 처리가스중의 분진의 함량은 집진기 설계에 있어 중요한 인자로, 분진의 함량이 처리 가스량에 비해 상대적으로 낮은 경우 입도가 작은 분진의 재비산이나 고저항 분진 등으로 인해 집진효율은 낮게 나타나며, 이후 분진의 함량이 점차 증가할수록 집진효율은 증가하는 특성을 나타내지만 이후 분진의 함량이 임계값을 지나면 감소하는 경향을 나타내는데 이는 분진함량증가에 따른 입자의 이동도 저하, 분진층의 전압강하에 따른 유효방전전류 감소 및 분진함량에 따른 비집진면적(specific collecting area) 변화 등에 따른 것으로 사료된다.

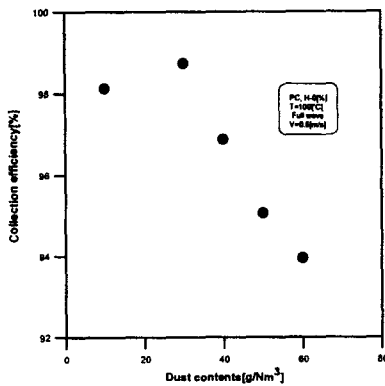


그림 6. 가스중의 분진함량에 따른 전기집진기 집진특성
 Fig. 6. Collection efficiency characteristics at different dust contents.

그림 7은 분진의 함량이 Dc=10[g/Nm3], 가스의 온도 T=100[°C]이고 가스의 유동 속도 V=0.5[m/s]일 때 분진중의 수분함량에 따른 집진효율특성을 나타내고 있다. 그림의 결

과에서 수분함량이 증가하면 집진효율은 급격히 증가하여 분진중의 수분함량이 H=20[%]에서 집진효율은 99.8[%]로 나타난다. 분진의 수분함량이 증가하면 분진의 전기비저항이 감소하고 또한 분진의 점성이 증가하여 집진효율이 증가한다. 일반적으로 분진중의 수분 함량이 많으면 입자간의 점성이 증가하여 집진효율을 개선할 수 있지만 수분함량이 과다한 경우 집진판과 분진층의 결합력이 증가하여 추타시 분진층의 분리가 어려운 경우가 있으므로 수분을 이용한 분진의 가스 조절은 전체 프로세스에 대한 종합적인 검토가 필요하다.

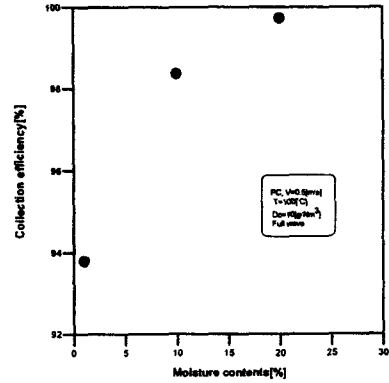


그림 7. 가스중의 수분 함량에 따른 전기집진기 집진특성
 Fig. 7. Collection efficiency characteristics at different moisture contents.

집진효율에 미치는 비집진면적(SCA, specific collecting area)의 영향을 고찰하고 이를 통해 전기집진기의 집진효율을 예측하기 위하여 각각의 조건하에서의 실험결과를 Deutsch식 및 수정된 Deutsch식에 대입하여 각각 비교하였으며, 또한 수정계수 k의 값을 유추하였다. 실험적인 결과를 토대로한 Deutsch의 집진효율식은

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{A}{V} \omega\right)$$

으로 표현되며 이 때, η 는 집진효율, A는 집진면적, V는 체적유량, ω 는 입자 이동속도를 나타내며, Matt가 제안한 수정된 Deutsch의 집진효율식은

$$\eta = 1 - \exp\left(-\left(\frac{A}{V} \omega_k\right)^k\right)$$

로 표현되며, 여기에서 ω_k 는 수정된 입자의 이동속도, k는 수정계수 이다. 일반적으로 수정된 Deutsch의 수정계수 k는 0.4~0.7의 값을 가진다고 알려져 있다[7].

그림 8과 그림 9는 입도 분석기(LS130, Coulter社, USA)를 이용하여 분석한 분진의 입도 분포를 나타내고 있다. 분진의 입도 분포는 전기집진기의 설계에 큰 영향을 미치는데 분진입자의 직경이 적을수록 응집성이 증가하며, 분진의 겉보기 비중과 비표면적등에 영향을 주어 집진 및 방전에 영향을 미치게 된다. 입자의 비중은 입자상호간의 공간을 무시한 순수 입자만의 비중(진비중)과 이자간의 틈새를 고려한 겉보기 비중이 있는데 겉보기 비중은 입자의 직경 및 형상에 따라 달라진다.[8] 또한 분진입자의 직경은 분진의 비표면적에도 영향을 미치는데 입자의 비표면적은 단위 질량중에 차지하는 입자 전체의 총면적을 나타내는 것으로 입자

의 직경이 적을수록 비표면적은 증가하는 경향을 나타내고 있다.

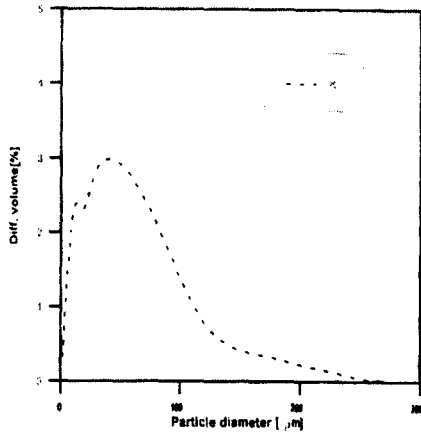


그림 8. 분진의 입도분포(Diff. vol %)

Fig. 8. Differential partical size distribution(Diff. vol %)

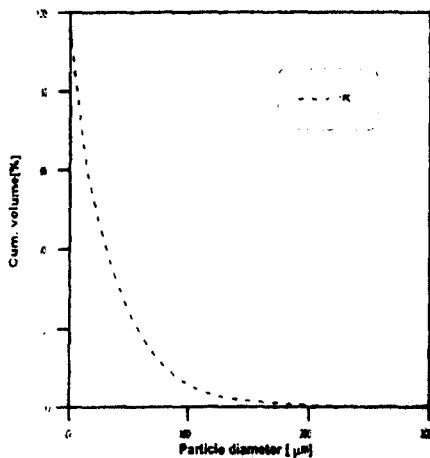


그림 9. 분진의 입도 누계분포(Cum. vol %)

Fig. 9. Cumulative partical size distribution(Cum. vol %)

실험의 결과에서 보여주듯이(그림10, 그림11), Deutsch의 집진효율식은 상당한 오차를 가지고 있다. 이러한 결과는 Deutsch 식이 분진 입자의 직경이 균일하며 가스 흐름에 대한 수직 단면의 가스 중 분진농도는 일정하고 부식, 재비산, 불균일 가스 유동 분포 또는 역전리현상과 같은 교란 요소는 전혀 없다는 아주 이상적인 가정을 전제로 하였기 때문에 많은 오차를 가지고 있지만 집진효율에 미치는 각 변수들의 상호작용에 의한 총괄적인 영향을 고려한 수정된 Deutsch 집진 효율식은 실험치와 잘 일치하는 것을 볼 수 있어 집진효율결과는 Deutsch의 집진효율식 보다 Matt에 의해 제안된 수정된 Deutsch의 집진효율식에 더 근접한 분포를 나타내고 있다. 실 플랜트에서의 집진효율을 예측하는 데는 Matt에 의해 제안된 집진효율식이 더 타당한 것으로 판단된다. 실험의 결과에서 수정 계수 k 의 값은 미분탄식 연소보일러용 분진에서 발생한 분진의 경우 약 0.42 이었다.

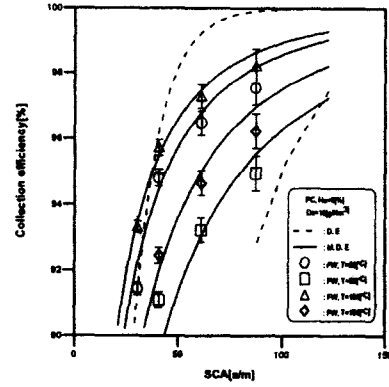


그림 10. 온도와 하전방식에 따른 SCA - 집진효율 변화 특성.(Dc=10g/Nm3)

Fig. 10. Collection efficiency characteristics at various SCA's at different temperature and voltage wave form(Dc=10g/Nm3).

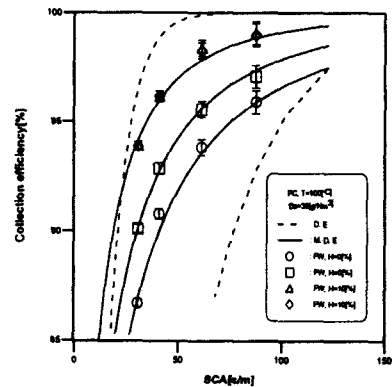


그림 11. 수분함량에 따른 SCA - 집진효율 변화 특성 (Dc=30g/Nm3)

Fig. 11. Collection efficiency characteristics at various SCA's at different moisture contents (Dc=30g/Nm3).

4. 결론

본 연구에서는 전기집진기의 최적 설계조건 및 집진효율 제어를 위해 포집된 분진을 실험용 전기집진기에 적용하여 분진의 유량, 수분함량, 온도에 따라 방전전압·전류특성 및 집진효율의 변화를 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 포집된 미분탄보일러 분진의 주 구성요소는 CaO, SiO₂, MgO, Al₂O₃ 등으로 이루어져 있으며 질량평균 직경(MMD)은 미분탄연소보일러에서 발생한 분진의 경우 약 31.6[μm]이었으며, 분진의 형상은 거의 구형이었다.

2. 전압-전류관계는 가스의 속도보다는 온도에 더 큰 영향을 받으며 분진농도가 높을수록 동일한 인가전압에서 낮은 전류값의 역전리 현상이 쉽게 일어나는 것을 볼 수 있었다.
3. 가스의 유속 및 온도변화가 집진효율에 미치는 영향은 본 실험의 영역에서 가스 유동의 유속이 적을수록, 온도가 낮을수록 집진효율이 증가하였다.
4. 분진에 따른 집진효율 예측은 Deutsch의 식보다 수정된 Deutsch의 식이 적당한 것으로 판명되었으며, 수정계수 k 의 값은 약 0.42였다.

참 고 문 헌

[1] ICESP VII Proceedings, "7th International Conference on Electrostatic Precipitator" in Kyong-Ju, Korea, 1998.

[2] Korea, "대기환경보전법, 시행령 및 시행규칙", 1996

[3] 李鳳勳, "廢棄物燒却爐 計劃과 設計", 圖書出版 世和, Korea, 1993

[4] JAMES L. DAVIS and JAMES F. HOBURG, "Wire-Duct Precipitator Field and Charge Computation Using Finite Element and Characteristics Methods", pp 187-199, Journal of Electrostatics. 14, 1983

[5] C. A. J. Paulson and J. S. Vale, "Electrostatic precipitation for both fluidized-bed and pulverized-coal flyash from the same coal", Proc. of the 2nd Int. Conf. on Electrostatic Precipitation., 1984

[6] T. S. Lee, C. S. Mun, C. W. Nam, K. C. Lee, "A study on the electrostatic precipitation characteristics of cement dust", Trans. KIEE. Vol. 47. No. 6. Jun. 1998

[7] "Electrostatic Precipitation of Fly Ash", SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES. LTD, JAPAN, 1978

[8] 中央技能啓發編輯部, "電氣集塵裝置", 中央技能啓發研究所, Korea

저 자 소 개



이 태 식 (李泰植)
 1965년 12월 15일생. 1992년 울산대 공대 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사) 1994년~2000년 현재 현대중공업(주) 근무

Tel : 052-252-3976, Fax : 052-259-1686
 E-mail :



남 창 우 (南昌祐)
 1958년 2월 19일생. 1984년 연세대 공대 전기공학과 졸업. 1989년 Univ. of Florida 전기공학과 졸업(석사). 1994년 Penn. State Univ. 전기공학과 졸업(공학박사) 현재 울산대 공대 전기공학과 교수

Tel : 052-259-2863, Fax : 052-259-1684
 E-mail : cwnam@uou.ulsan.ac.kr



손 진 운 (孫陳雲)
 1969년 6월 6일생. 1993년 울산대 공대 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년~현재 울산대 공대 전기공학과 박사과정

Tel : 052-259-1625, Fax : 052-259-1684
 E-mail : jinwoon@hanmail.net



이 규 철 (李圭喆)
 1947년 11월 21일생. 1973년 연세대 공대 전기공학과 졸업. 1975년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1983년~1984년 Virginia State Univ. 객원연구원. 1994년~1995년 Pennsylvania State Univ. 교환교수. 1996년~1998년 울산대 지역공동 연구소장. 1998년~2000년 현재 울산대 산경대 학장. 현재 울산대 공대 전기공학과 정교수. 현재 대한전기학회 울산지부 부회장.

Tel : 052-259-2184, Fax : 052-259-1684
 E-mail : kcllee@uou.ulsan.ac.kr