

저온플라즈마에 의한 배연 가스내의 미스트 처리기술

하상안 · *김일배 · **강신목

이우테크 환경과학기술연구소 · *동아대학교 환경공학과 · ** 동의공업대학 환경시스템공학과

The Technology of Mist Removal in Flue Gas by the Plasma of Impulse Streamer Corona

Sang-An Ha · *Il-Bae Kim · **Shin-Mook Kang

Ewoo Environmental and Technical Research Institut

**Dept. of Environmental Eng., Dong-A, University*

***Dept. of Environmental System Eng. Dongeui Institute of Techno*

Abstract

This research was carried out to investigate the characteristics of mist removal with the change of operating conditions in the plasma reactor of impulse streamer corona based on the distribution of particle size measured by laser diffraction spectrometers. The operating conditions in this experiment were power of impulse streamer corona, gas velocity, collection time, and SO_x/NO_x concentration. The collection efficiency T(d) was estimated by distribution of particle size in the collection zone through the advanced model.

Key Word : Plasma of impulse streamer corona, Distribution of particle size, Collection efficiency, Laser diffraction spectrometers

I. 서 론

입자상 물질인 먼지, 에어로졸, 콜로이드 물질과 가스상 물질 등에 함유된 미세한 입자들을 제거하기 위해서 고성능의 대기오염 제어장치들이 개발되어지고있다. 입자상 물질을 제어하는 플라즈마 기술 및 여러 제거시설을 이해하는데는 입자가 물리, 화학적으로 변화하는 기본적인 원리를 이해하는 것이 중요하다. 이들의 플라즈마 장치에서 실행되는 운전상의 특성과 제거율을 효율적으로 결정하는 것이 장치개발 보다 힘든 과제이다. 입자상 물질의 다양한 교환 작용에 따라 입자크기는 다양

하게 변형되므로 전처리과정을 거치지 않고는 입자크기를 정확하게 나타낼 수 없다. 입자들은 여러 공정을 거치는 동안 다양한 교환작용에 의해서 변화됨으로서 미세한 입자를 제어하는 과정의 효율을 정확하게 측정하기란 힘들다¹⁾. 본 연구에서는 플라즈마 장치에서 미세한 입자 제거효율을 평가하기 위한 새로운 모델개발과 운전특성을 위해서 입자분포경의 변화에 따라 분체공학적인 측면에서 실험을 수행하였다. 실험의 조건은 플라즈마 방전 시간, 가스속도, 충격식 코로나방전(Impulse Streamer Corona)의 변화에 따라 연구하였고, 집진 효율을 효율적이고 정성적으로 평가하기 위해서

새로 개발된 모델은 기존의 모델과 다른 매개변수를 이용하여 연구되어졌다.

II. 이론적 배경

플라즈마 장치내에서 제거효율을 정성적으로 평가하기 위해서 유입부, 유출부, 포집부의 입자분포의 변화를 측정하여 제거된 입자량이 계산되어졌고, 입자분포도를 나타내기 위해서 플라즈마 장치에 연결된 He-Ne 레이저회절장치를 이용하여 입자 크기 변화를 분석하였다. 실험에 사용된 분석장치는 레이저회절분석장치(Helos laser diffraction spectrometers)를 이용하였다. 플라즈마 장치의 운전조건에 따른 반응특성 관계를 효율적으로 평가하기 위해서 포집부의 입자크기의 분석을 위한 레이저회절 장치의 원리는 Fraunhofer 이론을^{2,3)} 적용하여 제작되었고, 입자분포도는 플라즈마 장치내에서 샘플링된 시료를 측정cell에 주입하여 분석된 입자수 분포에 따라 측정된 레이저강도에 의해서 계산되어진다. 레이저강도 $I(r, d)$ 는 측정cell내에 분포하는 입자수, 입사되는 레이저강도 I_0 , 렌즈의 초점거리 f , 빛의 파장 λ , Detector의 반경 r ,의 값에 따라 결정된다.

$$I(d) = \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} N_t q_0 I(r, d) dd \quad (1)$$

플라즈마 장치에 분석장치를 온라인 시스템으로 연결하여 입자분에 따라서 측정된 레이저강도 변화를 나타내는 식(1)을 이용하여 입자분포수 q_0 가 계산되어진다. 식(1)에 계산된 입자수분포도는 식(2)와 같이 질량분포도로 전환 할 수 있다.

$$q_3(d) = \frac{d^{-3} q_0(d)}{\int_{d_{\min}}^{d_{\max}} d^{-3} q_0(d) dd} \quad (2)$$

여기서 $q_3(d)$ 는 입자무계분포경, $q_0(d)$ 는 입자수분포경을 나타낸다. 식(1)의 관계에 따라 측정된 입자분포경의 곡선의 변화에 의해서 플라즈마 장치의 운전조건에 따라 변화되는 제거율의 관계

를 정성적으로 평가할 수 있다. 플라즈마 반응과정에서 유입부, 유출부와 포집부의 입자분포경의 결과를 이용하여 장치의 포집효율을 정성적으로 평가하기 위해서 식(6)를 이용하여 입자 제거율을 정성적으로 나타내는 모델이 국내에서 처음 시도되었다.

$$Q_A(x) = g Q_G(x) + f Q_F(x) \quad (3)$$

여기에서 g 는 포집부 입경분포량이고, f 는 유출부의 입경분포량을 나타낸다. 공식(1)의 분포경에서 적분으로 치환하여 누적분포경의 형태로 치환하여 식(3)와 (6)에 사용되어진다.

$$g = \frac{Q_A(d) - Q_F(d)}{Q_G(d) - Q_F(d)} \quad (4)$$

$$f = \frac{Q_A(d) - Q_F(d)}{Q_F(d) - Q_G(d)} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} T(d) &= g \frac{Q_G(d)}{Q_A(d)} = 1 - f \frac{Q_F(d)}{Q_A(d)} \\ &= \frac{g Q_G(d)}{g Q_G(d) + f Q_F(d)} \end{aligned} \quad (6)$$

플라즈마 장치에서 제거율을 정성적으로 평가하기 위해서 적용된 모델식은 유입, 유출, 포집부의 입자분포경과 공식(4)과 (5)를 적용한 입자분포량의 관계에 의해서 제거량을 나타내는 식이 유도되어진다.

III. 실험장치 및 방법

본 연구를 위하여 사용된 실험장치는 전원공급 설비, 플라즈마 발생장치(Impulse Generator), 반응장치(Reactor), 포집부(Bunker) 등 주요 반응설비와 냉각기, 열 교환기, 전압계와 전류계, 레이저회절장치, 온도, 압력, 유량측정기 등의 설비가 구성되어 있으며, Fig. 1은 B화력발전소의 배연가스 속에 함유된 미세한 입자와 NOx/SOx를 동시처리하기 위한 플라즈마장치 개략도를 나타내었다. 실험에 사용된 배기가스는 B화력발전소에서 전기집진

장치의 유출부의 일부분의 실제 배기가스를 이용하였다. 실험장치내에 배기가스가 주입되기 전/후의 온도, 압력 및 유량, 충격코로나 전압, 전류 등의 전기적 특성에 따라 미스트 제거율을 포집부에서 미스트의 입경 크기를 측정하여 나타난 분포곡선의 변화로 분석하였다. 본 연구를 위해서 사용된 실험장치의 플라즈마를 발생시키는 충격식 발생장치는 회로내에 방전자를 설치하여 방전자 내부의 전압차를 이용한 방전이 발생하도록 하고 최저 10-35kV, 최고 50-80kV로 조정이 가능하고, 파장이 200~500nsec, 주파수는 0.5~2.3kHz의 범위로 조절이 가능하도록 제작되었다. 충격식 발생장치(Impulse Generator)에 의해 발생하는 충격코로나방전은 방전극으로 부터 반응장치 내벽으로 Positive Impulse Voltage를 공급해 줌으로써 발생되며 이때 최고 전압은 80kV에 이른다. 반응장치는 상·하단의 판에 고정된 밸브를 조절하여 처리용량을 조절함으로써 처리가스 속도를 조절할 수 있도록 설치하였다. 공급되는 온도의 조절은 냉각장치와 열 교환기를 이용하여 조절하였다. B화력발전소에서 배출되는 배기가스의 성분은 발전설비의 운전조건에 따라서 다양하게 배출되어진다.

따라서 배연가스에 함유된 NOx와 SOx의 성분상태가 미세한 입자상물질이 미스트로 형성되어서

제거에 미치는 영향을 나타내기 위해서 가스분석기(모델명: France Seres)로 배연가스 내에 NOx와 SOx의 함유량을 분석하였고, 배기가스 속에 함유된 NOx와 SOx의 농도가 플라즈마 특성변화에 따른 미스트의 제거에 미치는 영향을 실험하였다. 본 연구의 실험에 사용된 인자나 충격식 코로나방전을 이용한 실험장치에 실험된 운전조건은 Table 1의 조건에 따라서 행하였다. 실험에 사용된 배기가스의 농도는 B화력발전소에서 배출되는 배연가스의 농도 중 SOx와 NOx가 상대적으로 최대와 최저치가 되는 대표적인 배출 상태를 선택하여 실험결과를 분석하였다.

Table 1. Experimental conditions in this study

Type of Experiment	Impulse Streamer Corona
Exp. Conditions	
Operating Time	30~210 min
Voltage of Impulse Streamer Corona	10~80 kV
Gas Speed	1.4~2.0 m/s
Temperature	40~140 °C
Condition of Flue Gas	SO ₂ 323 ppm / NO 178 ppm SO ₂ 230 ppm / NO 157 ppm SO ₂ 100 ppm / NO 167 ppm SO ₂ 25 ppm / NO 212 ppm

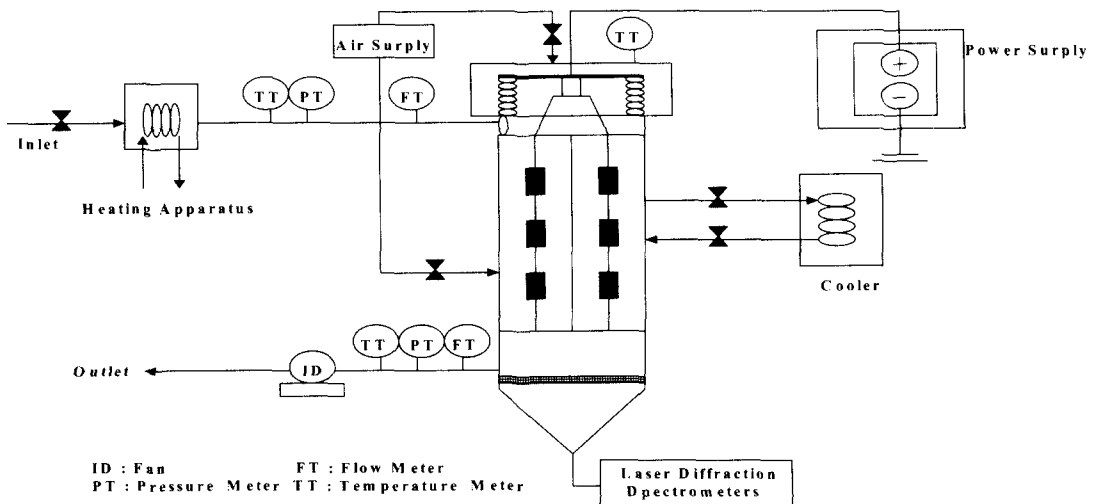


Fig. 1 Schematic diagram of plasma reactor.

IV. 결과 및 고찰

1. 운전조건 변화에 따른 결과

플라즈마 운전조건인 플라즈마 공급시간, 가스 공급속도, 충격코로나방전전압의 변화에 따른 포집부에서 제거된 입경분포 결과에서 보면 플라즈마 공급시간의 증가에 따라 입경분포의 결과에서 40분 보다 240분 조건에서 큰 입자분포수가 많은 이유는 플라즈마 공급시간의 증가에 따라 발생하는 플라즈마 반응에 의해서 형성된 라디칼로 활성화된 화학종의 결합에 의한 입자간의 점착력 증가로 배기가스 내에 함유된 미세한 입자의 부착력 증가로 큰 입자분포수가 운전 시간증가에 따라서 증가함을 볼 수 있다¹⁾.

Fig. 2의 결과에서 보면 플라즈마 발생시간의 증가에 따라 벽면에서 플라즈마와 반응하지 않은 상태의 입자가 실험 장치에 축적되는 수가 더 많이 발생하기 전까지는 큰 입자분포수가 증가하는 이유는 점착력을 가진 라디칼로 활성화된 화학적 결합이 증가함으로써 미세한 먼지 입자의 부착력의 증가에 따라 입자가 응집되는 량이 증가함을 추정할 수 있다.

가스흐름 조건은 공급되는 속도에 따라 영향을 미친다. 장치에서 유속은 흐름관계를 통제하는 변수이다. 이들 관계는 $Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$ 로 계산할 수 있다. 모든 장치공학에서 흐름의 상태는 유속에 큰 영향을 미친다. 여기에서 유속은 1.0-2 m/s로 변화시켜 공급하였고, 플라즈마 발생 과정에서 가스흐름은 온도조건이 90°C일 때 ν 가 22.5×10^{-6} 에서 레이놀드수는 12000-27890범위로 계산되었다. 이 결과에서 흐름관계는 난류 상태로 정의할 수 있으며, 흐름의 저항은 유속이 증가할수록 증가하고, 가스흐름은 동역학적 에너지를 가지게 된다¹⁴⁾.

유속의 증가는 플라즈마 장치에서 미세한 입자가 충격코로나방전에 의해 발생된 Gel상태의 플라즈마와 반응할 수 있는 면적을 결정함으로써 미세한 입자를 함유한 배기가스의 체류시간이 감소함으로써 미세한 입자가 플라즈마 반응에 의해서 발생하는 점착력이 감소하게 된다.

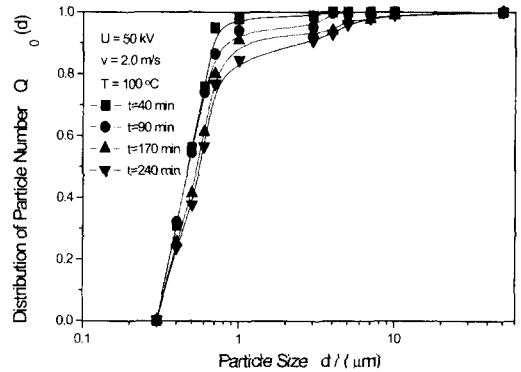


Fig. 2. Variation of distribution of particle number by the impulse generation time at the discharge process of impulse streamer corona.

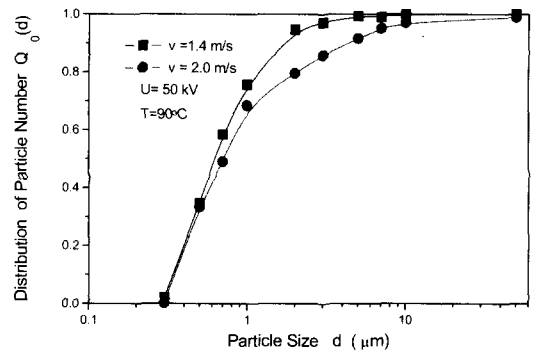


Fig. 3. Variation of distribution of particle number by the gas speed at the discharge process of impulse streamer corona.

Fig. 3에 나타난 바와 같이 가스공급 속도의 변화에 따른 입자수분포정의 변화를 보면 입자크기가 0.3 μm 이상의 입자크기 범위에서 흐름속도의 감소에 따라 강하게 증가함을 볼 수 있다. 이 결과에서 보면 충격코로나 방전전압이 같은 조건에서 공급속도가 낮은 상태에서 입자의 응집상태가 양호하게 나타나는 효과를 Fig 3의 결과에서 보면 0.5 μm이상의 입자수의 분포도에서 가스속도가 1.4m/s일 때는 10 μm이상의 입경분포율은 100%이고, 2 m/s의 공급속도에서 60 μm이상의 입자수분포도가 100%로 나타났다. 따라서 공급속도가 낮은 경우가 플라즈마의 반응에 효과적임이 증명되었다.

코로나 방전전압이 낮은 상태에서 발생하는 플라즈마 형성과정에서 입자밀집현상과 부착력의 방해효과에 따라 플라즈마에 의해서 입자가 부착할 수 있는 힘이 감소함으로 큰 입자 보다 미세한 입자수가 증가함을 추측할 수 있다¹⁾.

충격식 코로나 방전에 의해서 발생하는 이온강도는 전압이 증가할수록 높아져 집진 효율이 증가하나, 일정 전압 이상에서 운전될 경우 방전의 전리현상에 의한 전류흐름의 저하 현상이 두드러져 전체적으로 감소현상이 일어날 수 있다. 따라서 전계강도가 증가하면 이온형성이 증가하지만, 이와 동시에, 전압을 증가시키면 전류의 전리현상이 증가된다. 이 현상은 전류흐름의 돌진현상이 발생함으로 잠시동안 전장이 쇠약해짐으로 코로나방전 전압은 플라즈마 발생을 위한 반응과정에 영향을 미친다. 최적효율을 얻기 위한 전압 조건은 이온강도의 증가를 위해 부착력의 방해효과에 따라 집진 효율에 큰 영향을 미치지 않는 한계까지 충격 코로나전압을 증가시키게된다.

충격식 코로나 방전에 따라 미세한 입자는 전기대전에 따라 충전된 입자들의 압착(Compaction)현상이 발생됨과 동시에 배기가스 속에 함유된 입자상 물질이나 가스상 물질은 코로나방전에 의해서 2차 물질인 Gel상태의 플라즈마가 동시에 형성되어진다. 따라서 집진 효율은 입자들간의 압착현상이 크고, 하전된 미세한 입자와 결합할 수 있는 플라즈마 발생 량이 많을수록 향상된다.

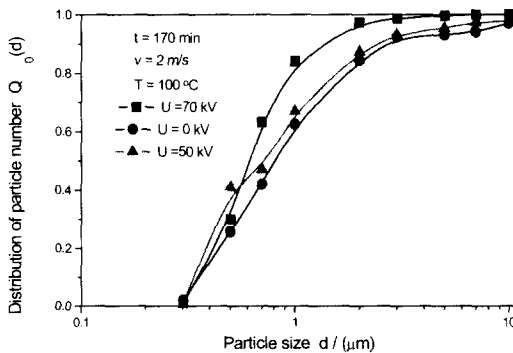


Fig. 4. Variation of distribution of particle number by the high voltage at the discharge process of impulse streamer corona.

Fig. 4의 결과에서 보면 충격코로나 방전전압이 증가할수록 입자분포곡선에서 보면 큰 입자분포가 증가함을 볼 수 있다. 이는 플라즈마 발생을 위한 충격코로나 방전전압이 높을수록 단위 입자당 전압이 충전되는 량이 증가하고, 이온강도의 증가에 따라서 이온 증배현상의 증가로 인하여 플라즈마 발생도 많아지므로 미세한 입자의 부착력이 증가함을 볼 수 있다.

Fig. 4의 결과에서 보면 일정한 전류흐름, 먼지저항계수 등의 동일한 조건에서 재비산량은 고전압의 증가에 따라 증가하고, 70 kV와 50 kV의 조건에서 제거된 입자수분포경에서 전체적인 제거율은 70kV에서 우수하지만 0.5 μm이하의 미세한 분포경이 50 kV에서 증가하였다. 이들의 결과는 충격코로나발생 고전압의 증가에 따라 전계력의 변화로 입자의 움직임은 편향이 발생하고, 이온강도에 의해서 입자들의 부착에 의한 응집체의 견고성이 손실된다. 또는 전압의 증가는 전계력의 강화로 전체적인 집진 효율은 증가하나 전계 내에서 플라즈마 반응을 위한 일정하게 발생하는 입자층의 밀집효과를 방해하는 전단용력의 감소로 인한 입자 파괴의 증가로 전압이 50 kV 보다 70 kV일 때가 미세 입자수가 상대적으로 증가함으로서 제거되는 량보다 미세한 입자가 증가하였음 볼 수 있다. 이 결과에서 충격코로나 발생 방전전압은 70kV보다 낮게 50 kV를 전후로 해서 공급하는 것이 효과적임을 볼 수 있다.

2. 배연가스 중 SOx와 NOx가 함유된 배기상태의 영향

플라즈마 발생장치에서 미세 먼지입자의 제거율을 정성적으로 평가하기 위해서 제안된 Ha-Pahl모델의 적용은 본 연구에 사용된 플라즈마 장치를 수용모델로 하여 식(6)의 관계에 의해서 계산되어졌다. 플라즈마 장치에서 제거 효율을 평가하기 위해 적용된 모델은 포집부의 입자분포량 g와 유출부의 입자분포량 f는 레이저 회절장치를 이용하여 측정된 유입부의 입자분포경 Q_A(d), 포집부의 입자분포경 Q_G(d), 유출부의 입자분포경 Q_F(d) 관계에 따라 계산되어졌다. 이 들 관계를 적용하여 식

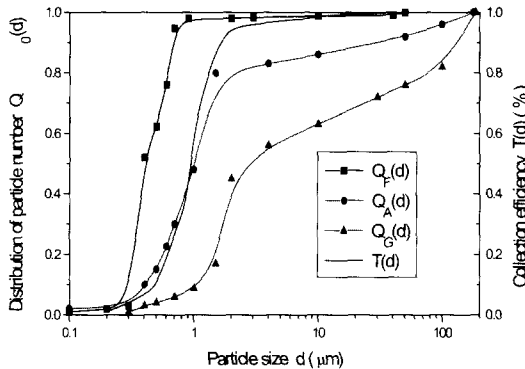


Fig. 5. Comparisons of new model results and distribution of particle number at the discharge process of impulse streamer corona.

(6)의 모델에 따라 입자들이 플라즈마 장치에서 제거될 수 있는 입자경의 변화를 정성적으로 평가할 수 있다. Fig. 5는 배기가스 온도 90°C와 배기가스의 유속 1.4m/s, 충격코로나 방전전압 60 kV를 공급한 조건에서 유입, 유출, 포집부의 입자분포경의 분석치를 이용하여 Ha모델을 적용하여 제거율의 변화를 나타내었다. 이 결과에서 보면 입자크기가 0.8 μm는 50% 이상 제거됨을 볼 수 있고, 1 μm 이상의 입자크기는 90% 이상 제거됨이 증명되었다.

저온 플라즈마 공정은 충격식코로나방전에 의하여 배기가스 속에 함유된 화학종이 Ion, 활성종(Radical)등의 활성화된 입자들의 변환에 따라서 미스트의 제거율이 결정된다. 본 연구에서는 배기가스에 포함된 SO₂와 NO_x의 농도변화에 따른 미스트 제거율 관계를 실험하였다. 배기가스 속에 함유된 SO₂와 NO_x는 충격식코로나방전이 일어나면서 인가된 에너지에 의해서 O₂, N₂, H₂O 등이⁵⁾ 높은 에너지를 갖는 라디칼로 변환하여 형성된 플라즈마 반응기를 통과하여 SO₂와 NO_x와 반응하여 활성화된 입자들과 반응하여 첨가된 수증기와 결합하여 제거가 되어진다⁶⁾.

Fig. 6의 결과는 배연가스의 상태가 미스트로 형성되는 과정을 입자크기 변화로 나타내었다. 배연가스 중에 함유된 SO_x/NO_x의 혼합상태가 플라즈마 반응에 의해서 생성된 라디칼에 입자가 반응하여 SO_x/NO_x가스 성분이 분해되는 동시에 미세

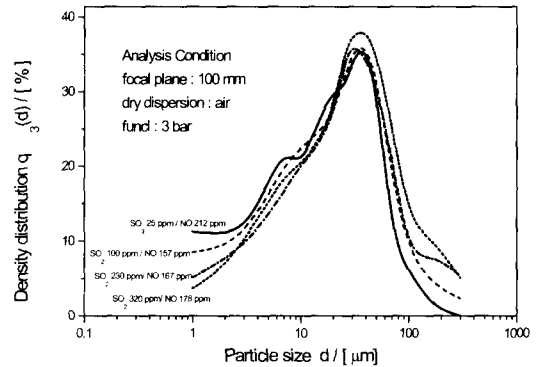


Fig. 6. Variation of density distribution of particle size by SO₂/NO concentration in impulse streamer corona discharge.

한 입자가 큰 입자형태로 변화함으로서 동시에 입자가 응집효과로 침강하거나 집착현상이 발생하게 되어진다. 이 들의 효과에 의해서 미세한 입자는 큰 입자군의 미스트로 형성되어져서 제거율이 증가되어진다. 배연가스에 함유된 SO_x/NO_x의 혼합상태에 따른 입자변화 과정을 나타내기 위해서 B 화력 발전소 배연가스 중에 SO₂와 NO_x 혼합상태가 상대적으로 최대치로 배출되는 조건에서 미스트의 분포 상태를 입자크기로 나타내었다. 입자크기 변화를 레이저회절 장치를 이용하여 분석조건이 3 bar, 렌즈의 초점거리 f는 100mm, 분산상태는 공기를 함유한 상태에서 입자크기 변화를 분석하였다.

Fig. 6은 배연가스에 함유된 SO_x/NO_x의 혼합상태에 따라서 플라즈마 반응에 의해서 배기가스 속에 함유된 입자들의 변화를 나타내었다. 이 결과에서 보면 SO₂의 농도가 높은 경우 플라즈마 장치의 포집부에서 포집된 미스트의 크기변화를 측정 한 결과 포집된 미세한 부분의 질량분포량은 감소하였고, 큰 입경분포는 증가하였다. 미스트 제거는 저온 플라즈마 반응에 의해서 생성된 라디칼에 의해서 산화되는 율이 SO₂가 NO_x 보다 빠르기 때문에 미스트와 결합하는 하는 율이 증가함에 따라 SO₂농도에 따라 큰 영향을 미치게 된다. SO₂의 농도가 NO_x 보다 미세한 입자가 미스트로 형성될 때 SO₂성분이 플라즈마 반응에 의해서 분해되어 SO₃로 전환되는 것 보다 발전설비에서 배출된 NO

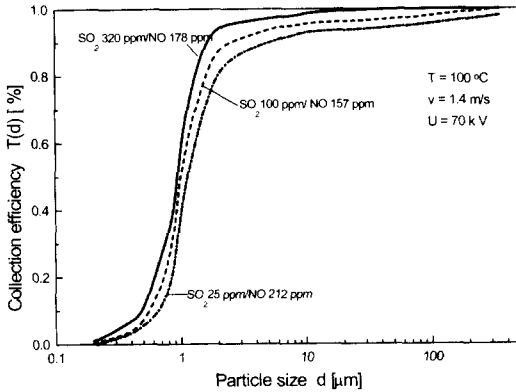


Fig. 7. Variation of collection efficiency by SO_2/NO concentration in impulse streamer corona discharge.

가 NO_2 로 전화되는 속도가 느리기 때문에 배연 상태에서 SO_2 의 농도가 미세한 입자를 미스트로 형성되는 과정에 더 큰 작용하게 된다.

Fig. 7은 배연가스에 함유된 SO_x/NO_x 성분조건에 따라서 플라즈마 반응에 의하여 입자상물질이 제거되는 량을 추정하기 하기 위해서 입자크기 변화를 측정하여 식(6)를 적용하여 나타낸 실험결과이다.

운전조건이 일정한 상태에서 배연 가스농도 중 각각 SO_2 와 NO 가 최대일 때 대표적인 배기상태를 선정하여 플라즈마 반응에 따라서 입자가 제거되는 변화를 보면 SO_2 농도가 높고 NO 농도가 낮은 상태의 배기 조건일 때 $1 \mu m$ 이하 입자의 제거율이 90% 이상인 반면 NO 농도가 높고 SO_2 농도가 낮은 조건에서 80% 제거율로 나타났다.

3. 배기가스의 온도영향

일반적으로 충격식 코로나방전(Impulse Streamer Corona)에 의한 반응장치 내부의 온도변화에 따라 플라즈마에 의해 생성된 라디칼에 의한 화학반응이 일어나고, 동시에 전자자극을 받지 않는 분자의 에너지 전달과정에 의한 가스의 온도상승으로 반응온도가 상승되어 활성에너지의 변화에 따라서 에너지 인가량이 변화되는 것으로 추정된다⁷⁾.

Fig. 8의 결과는 인입 온도를 45에서 140°C로

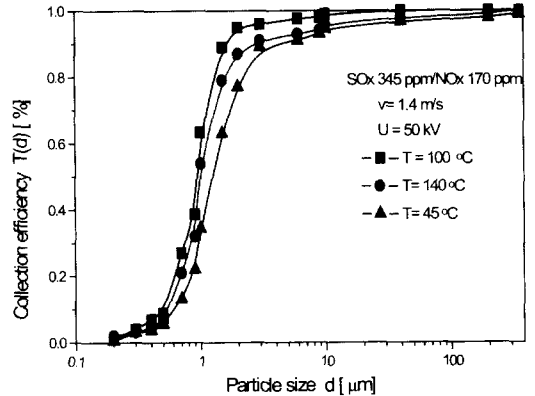


Fig. 8. Variation of collection efficiency by gas temperature in impulse streamer corona discharge.

변화시켜 실험하였다. 반응온도에 따라서 플라즈마 반응에 미치는 영향인자를 정확하게 확인할 수 없지만, 인입 온도가 상승되면 반응온도가 상승되고, 이 현상에 의해서 플라즈마에 의한 화학종의 화학반응과 전자자극을 받지 않는 분자의 에너지 전달과정을 촉진 시키게된다.

Fig. 8의 결과에서 온도가 너무 낮은 경우 플라즈마 반응에 의해서 생성되어 라디칼로 활성화된 입자들과 NO_x 성분의 화학종이 결합할 수 있는 활성에너지의 감소로 미스트 제거율이 감소하였고, 다시 온도가 140°C로 높은 경우 NO_x 는 증가하지만, SO_x 의 성분이 플라즈마 반응에서 생성된 활성화된 라디칼 입자와 결합할 수 있는 인가 에너지가 감소하기 때문에 미스트 제거율은 감소함을 볼 수 있다.

V. 결 론

본 연구결과 플라즈마 장치에서 운전조건에 따른 제거율 변화와 공급되는 가스농도와 온도조건에 따라서 다음과 같은 결론이 도출되었다.

운전시간의 증가에 따라서 포집부에서 탈진된 미스트의 분석과정에서 나타난 입경분포도를 분석한 결과 플라즈마 반응에 따라서 미세한 입자의 점착력이 증가함으로써 포집부에서 분석된 입경분포 중 큰 입자로 분포하는 량이 증가하였다. 가스

속도 변화에 따른 운전조건에서는 가스속도가 증가할수록 $0.5 \mu\text{m}$ 이상의 입자들이 크게 증가하였다. 가스속도 증가는 일정한 운전조건에서 플라즈마 반응이 진행될 수 있는 체류시간이 감소하기 때문에 인입속도가 효율에 큰 영향을 미쳤다. 충격 코로나방전의 증가에 따른 이온강도의 증가는 전체 미스트 제거율은 증가하였지만, 미세한 입자포집은 50kV가 70kV보다 상대적으로 약간 높게 나타났다. 그 이유는 일정한 전압의 증가는 플라즈마 발생은 증가하지만, Break-down현상이 더 많이 발생하기 때문에 플라즈마를 발생시킬 수 있는 전압 이상이 되면 플라즈마 반응을 둔화시키기 때문이었다.

배연가스에 함유된 SOx와 NOx의 농도비율에 따라 미스트가 형성과정을 입자크기를 분석한 결과에서 보면 SOx의 농도변화가 NOx의 변화 보다 미스트 형성과정에 크게 작용하였고, 미스트 제거율도 약간 효율적으로 영향을 미쳤다. 배연가스에 함유된 미세한 입자는 배기가스속에 함유된 SOx/NOx의 농도변화에 따라서 황산염과 질산염 형태로 전환되는 것을 막기 위해서 산화제인 O₃, H₂O₂와 환원제인 NH₃, C₂H₄의 첨가에 따른 플라즈마 반응시 SOx나 NOx 다른 부산물로 생성시키게 하는 선행연구가 전제되어져야한다. 배기가스의 인입 온도는 플라즈마 반응에 의해서 활성화된 입자와 여러 화학종 간의 화학결합을 위해서 필요한 반응 온도에 큰 영향을 미치게 된다. 이 결과에서 450C

와 1400C에서는 제거율이 낮았고, 90-100℃의 범위에서 제거율이 높게 나타났다.

참 고 문 헌

1. 허상안 외 1인 : 코로나방전극의 구조에 따른 입자상물질의 집진효율에 관한 특성연구, 대한환경공학회, 24(4), 677-685, 1999.
2. Loeffler, R. : Staubabscheiden, Georg Thieme VerlagStuttgart, New York, p. 1-10, 1988.
3. Pahl, M. : Mechanische Verfahrenstechnik fuer Volesung 1, University Paderborn, Germany, WS. 1992/93.
4. Zhu, Y. and Wang. N. : Optimization ogf pulsed corona discharge for flue gas treatment, 7th conference on ICESP, p. 207-210, 1998.
5. V.F. Denisov외 5인 : 고주파 스트리머 방전을 이용한 산업폐가스 중의 황산화물, 질소산화물, 기타 유해성분 정화, Russia, 비철금속, 8, 1993.
6. R. H. Amirov : Investigation of NOx, SO₂ Oxidation and Co Formation in Flue Gas by Nanisecond Streamer corona, All-Russian Thermal Eng. Inst, P. 230-236 8. 1998.
7. 최병선 : The Technology of simultaneous removal of SOx and NOx in flue gas, 3차 환경부 보고서서 71-88.1999.