

비열 플라즈마를 이용한 NOx, SOx 제거에 대한 연구

선상권 · 우인성 · 이병기 · 성낙진 · 박동화

인천대학교

A study about NOx, SOx removal using non-thermal plasma

Sun Sang-Kweon · Woo In-Sung · Lee Byung-Ki · Sung Nak-Jin · Park Tong-Wha

Inchon University

Abstract - This study is an experiment using the non-thermal plasma for removal of NOx, SOx. This experimental setup is made up the superposing discharge electrode in order to increase the removal. Both electrode are plate and middle electrode, back of plate installed the lower electrode making pure silver. The result of the superposing discharge is thought that the rate of removal increase by means of rising effect. This is studied the property to the U.V irradiation and temperature dependence of the flue gas.

1. 서론

오늘날 세계는 산업화, 공업화의 발전으로 인해 인류에게 풍요로운 삶을 누릴 수 있게 많은 혜택을 주었지만 그 반대로 우리가 살아가고 앞으로 우리 후손들이 살아가야 할 이 곳이 많은 오염물질로 인해 환경오염문제를 일으키고 있다. 환경오염원을 살펴보면 화석 연료를 연소시켜 발전하는 발전소, 공장, 자동차 등으로써 이것에서 발생하는 SO₂, NO_x, CO₂ 등과 같은 가스가 대기오염을 일으키는 오염원이 되고 있다. 이것으로 인해 온실효과, 산성비, 도시 스모그, 오존층 파괴 등이 발생하는데 이에 대한 환경문제에 대처하기 위해 여러 가지가 연구되고 있다.

비열 플라즈마를 형성하는 방법은 전자 beam 조사식과 전기 방전법이 있다. 이 두 방법의 공통점은 고 에너지의 전자를 생성하여 플라즈마를 발생시킨다는 것이다. 가스 분자의 전자충돌과 이온화에 의해 고 에너지는 free radical과 O₃, 전자를 증가시킨다. 이것은 가스 분자를 결합시키고, 분해한다는 것이다. Penetrante에 의하면 전자 beam 조사법이 유해 가스 제거에 대해 많은 전자와 이온을 생성하고 에너지 소모 측면에서도 더 좋은 방법으로 제시하고 있다.¹⁾

전기 방전법은 종류면에서 구분해보면 Masuda와 Ito는 연면방전(Surface Induced Plasma Chemical Processing, SPCP)방식에 의한 방향족화합물의 제거에 대해 연구하였으며²⁾ Mizuno는 Ferro electric packed bed corona 방전을 이용하여 SO_x, NO_x제거에 대한 방향을 제시하였고³⁾ 이탈리아의 Civitano는 Pulsed corona 방전을 이용하여 화력발전소에서 나오는 배기가스제거에 대한 연구를 하였다⁴⁾. 최근에는 Oda에 의해 단일 방전에 의한 실험보다는 전기 방전과 함께 촉매를 이용한다든가, 첨가제를 사용하는 방법도 시도되고 있다⁵⁾. 그리고 Okubo에 의하여 Corona radical shower system이라는 새로운 리액터로 NO_x제거를 하고 있다⁶⁾. 배리어 방전과 연면 방전을 결합한 중첩 방전이 Ito에 의해 활발하게 연구되고 있다⁷⁾.

본 실험은 U.V조사효과와 방전시 배가스의 제거를 각각 실험하였으며 이 두가지에 대해 어느 것을 먼저 선행시켰느냐에 대한 분해율을 조사하였다. 그리고 중첩 방전인 리액터의 방전 특성을 알아보기 위해 코로나방전+연면방전 그리고 배리어방전+연면방전의 상태로 하여 실험을 행하였다. 배가스의 온도를 달리했을 때에 분해율도 실험하였다.

2. 실험 및 분석

2.1 실험장치 및 방법

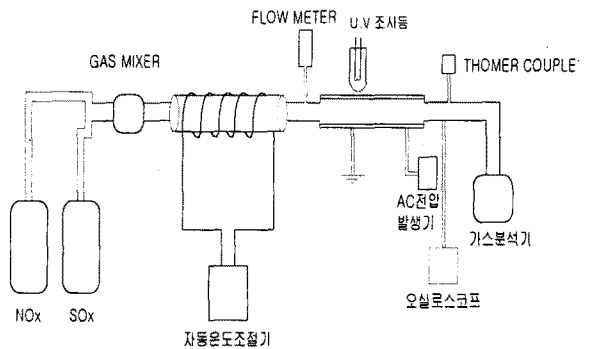


그림 1 실험장치 개략도

그림 1은 본 실험장치의 개략도로서 flow meter를 통과한 가스는 온도 변환장치를 거쳐 리액터를 통과하게 된다. 자동 온도 변환장치에 의해 온도는 상온에서부터 50℃, 80℃, 120℃ 150℃로 변화시켰다. 온도 변환장치를 통과한 가스는 U.V램프를 거치게 된다. 이 U.V램프는 자외선 조사량을 달리했을 때 NO_x, SO_x의 제거율을 측정하였다. U.V램프를 거친 가스는 리액터를 통과하게 된다. 이 리액터의 상부 전극은 침전극으로 되어 있으며 재질은 stainless steel이다. 그림 2는 상부 전극을 나타내고 있으며 크기는 한변의 길이가 70mm인 정사각형으로 되어 있다. 유량은 0~10(l/min)으로 하였으며 주파수는 5 (kHz), 10(kHz), 15(kHz)로 인가하였다.

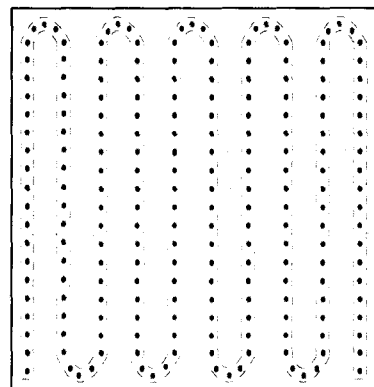


그림 2. 상부 전극(침전극)

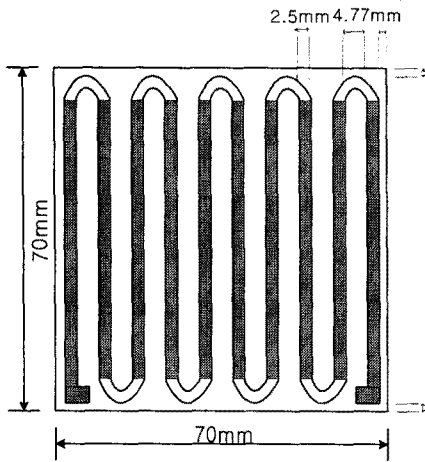


그림 3. 중심 전극(평판 전극)

그림 3은 중심 전극으로, 열적으로 안정한 텅스텐을 사용하였으며 크기는 상부 전극과 같다. 그리고 그 뒷면에는 silver paste를 도포하여 하부 전극으로 사용하였다. 중심전극을 접지하여 상부전극과 중심전극간의 코로나방전과 중심전극과 하부전극간의 연면방전을 결합한 중첩방전과 하부전극을 접지하여 상부전극과 하부전극간의 배리어방전과 중심전극과 하부전극간의 연면방전을 결합한 실험을 하였다.

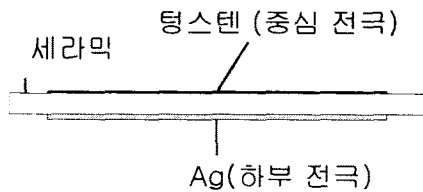


그림 4. 중심 전극과 하부 전극

2.2 분석 및 고찰

그림 5는 주파수에 따른 NO의 분해율을 나타내는 그래프로 주파수를 5kHz, 10kHz, 15kHz로 증가시켰을 때 분해율은 10~95(%)까지 분해되며, 10[W]정도에서 세가지 모두 포화되고 있음을 보이고 있다. 그리고 방전전력이 커질수록 분해율에 대한 차이는 감소하고 있다.

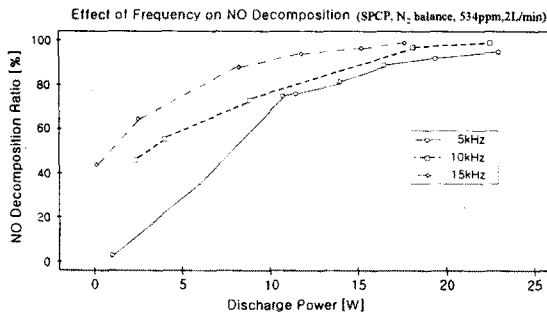


그림 5. 주파수에 대한 NOx분해율

그림 6은 유량의 변화에 대한 NO의 분해율을 나타내는 그래프로 low power의 연면방전만을 인가한 경우와 그것에 코로나방전을 중첩한 것, high power의 연면방전만을 인가한 경우와 코로나방전을 중첩한 4가지 경우에 대하여 실험을 행하였다. 어느 것이나 유량이 작을수록 분해율은 높아져 80~95(%)까지 분해되고 있다. 하지만 유량이 커

질수록 high power의 연면방전에 코로나방전을 중첩한 경우가 상승효과가 있어 단일방전보다 분해율이 커짐을 알 수 있다. 여기서 각 점에서의 수치는 연면방전시의 방전전력을 의미한다.

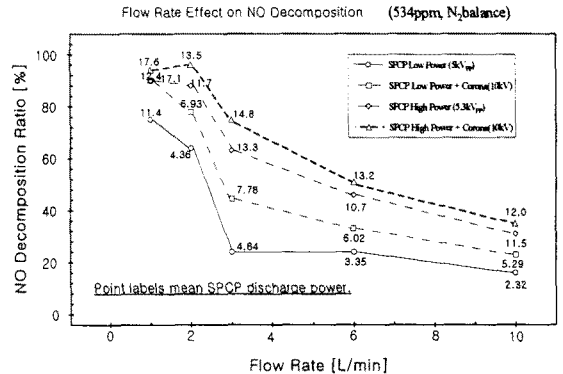


그림 6. 유량에 따른 NO분해율

3. 결론

본 실험은 스트리머방전과 연면방전을 결합한 중첩방전에 의한 배가스를 분해·분석하였다.

- ① 본 실험에서 주파수를 변화시켰을 때 주파수가 높을수록 분해율이 상승하였다.
- ② 중첩방전에 의한 상승효과가 있어 10[%]정도 단일방전보다 높은 분해율을 얻을 수 있었다.

(참고 문헌)

1. B.M Penetrante, M.C. Hsiao et al "Basic energy efficiency of plasma production in electrical discharge and electron beam reactors" Proceedings of NEDO Symposium on "Non-thermal Discharge Plasma Technology for Air pollution Control 1996 pp69~84
2. S.Masuda T.Oda et al "Decomposition of gaseous organic contaminants by surface discharge induced plasma chemical processing-SPCP" in conf.Rec. '92 IEEE/IAS annual Meeting. 1992, pp1570~1574
3. A.Mizuno, H.H.Kim et al "Experimental Approach to Enhance Efficiency of Non-thermal Plasma Process in Flue Gas Cleaning" Proceedings of NEDO Symposium on "Non-thermal Discharge Plasma Technology for Air pollution Control 1997 pp 1~14
4. L.Civitano "Industrial Application of Pulsed Corona Processing to Flue Gas" NATO ASI Series p103~130
5. T.Oda "NOx Treatment Using Non-thermal Plasma, Catalyst, and Addition of Hydrocarbon" Proceedings of NEDO Symposium on "Non-thermal Discharge Plasma Technology for Air pollution Control 1997 pp122~131
6. T.Ohkubo, J.S.Chang et al "Time Dependence of NOx Removal Rate by a Corona Radical Shower System" IEEE Trans IAS 1996 vol.32 NO.5 pp1058~1062
7. 伊藤泰郎, 浦島邦子 et al "NOx의 분해에 있어서의 放電重疊効果" T.IEE Japan, vol.116-A NO.8 1996 pp 67 8~683