

선대 평판형 플라즈마 반응기에서 NOx 제거에 미치는 자계의 영향

박 재운*, 손 성도*, 한 상보*, 이 동훈*, 김 종달**, 문 영훈***
 경남대학교*, 동명정보대학**, 대한페인트***

Effect of Magnetic Field on NOx Removal for Wire-Plate Plasma Reactor

J.Y.Park*, S.D.Son*, S.B.Han*, D.H.Lee*, J.D.Kim**, Y.H.Mun***
 Kyungnam Univ*, Dongmyung Information College**, DaeHan Paint***

Abstract - In this paper, the effect of magnetic field was measured on NOx removal characteristics for wire-plate plasma reactor with magnetic field applied to electric field vertically. NOx from simulated diesel engine flue gas are decomposed by the corona discharge of DC, AC and Pulsed voltages in wire-plate reactor.

Consumption power increased with increasing discharge voltage. When magnetic field was applied to electric field vertically, consumption power decreased.

NOx removal rate and arc transition voltage of plasma reactor with magnetic field were higher than those of plasma reactor without magnetic field.

1. 서 론

최근 문제시되고 있는 심각한 대기 환경 문제는 산성비(acid rain), 지구 온난화(global warming), 오존층 파괴(ozone layer depletion) 그리고 스모그 등을 유발하여 지구환경과 지구생명체를 위협하는 수준에까지 도달하게 되었다. 대부분의 대기오염 물질은 화석 연료를 사용하는 자동차와 화력발전소로부터 배출되며, 대기오염의 주된 물질은 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 탄소산화물(COx) 및 분진 등이 있고, 이들은 산업의 발전과 더불어 날로 증가되고 있다.

이들 문제에 대한 해결 방안으로 최근 선진국에서는 비열 플라즈마(non-thermal plasma) 기술을 활발히 연구·발전시켜 왔으며, 다양한 형태의 플라즈마 반응기(plasma reactor)가 대기오염물질의 처리를 위해 개발되었고, 기존의 반응기도 그 성능이 크게 개선되었다.¹⁻²⁾

질소산화물은 연료의 연소과정에서 고온에 의해 공기중의 질소(N2)와 산소(O2)가 반응하여 생성되고 배기가스의 약 95[%] 정도가 NO이며 반응성이 낮기 때문에 제거가 상당히 어렵다. NO는 대기로 배출되면 대기중의 O3, O2, 수분 등에 의하여 NO2, NO3, N2O4, N2O5 등으로 산화되고, 이들 중의 대부분은 NO2 이다. 또한 이들은 공기중에 에어로졸 상태로 녹아서 산성비가 되거나 태양광선에 의하여 광화학 스모그를 형성하여 미연소 탄화수소(HC)가 존재할 경우 태양광선 중 자외선에 의해 광화학반응이 일어나 2차 오염물질인 산화물(O3, Formaldyde, Acrolein, PAN)을 생성시킨다.³⁾ 지금까지 질소산화물 제거기술로는 공기/연료의 혼합과 습식 공정에서의 수세법, 알카리 흡수법 그리고 액상 환원법, 건식공정으로 접촉환원법과 무촉매 환원법 등이 화력발전소와 같은 대형 고정 발생원의 배기가스 정화장치에 이용되어 왔다. 또한 전기방전기술을 이용하는 방법은 반응기의 전극 형태와 전원의 종류에 따라 여러 가지로 분류되며 다양한 오염가스의 처리에 적용될 수 있으며,

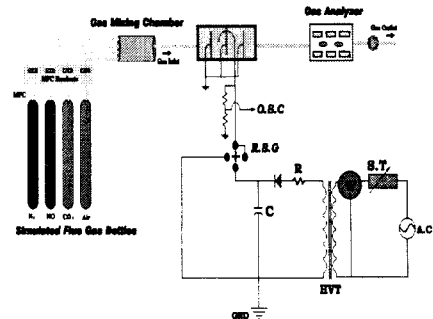
특히 공존하는 여러 가지 오염물질의 동시 제거특성이 우수하다.

반응기 전극구조는 강한 전계를 발생시켜 코로나 방전 발생을 용이하게 하기 위해 작은 직경의 방전선, 바늘 혹은 날카롭게 처리된 금속 전극을 사용하며, 공급전력은 직류, 교류 및 펄스전원이 사용된다. 펄스 전원에 의한 처리기술은 고전압 펄스 방전을 이용하여 반응기 내부 전체를 넓게 전리시켜 플라즈마화하여 생성된 OH 등의 라디칼에 의한 화학반응을 이용한 것으로 질소산화물 제거에 새로운 제거 대책기술로서 유망시 되고 있다. 이러한 방법에 의한 방전의 형태로는 코로나 방전(corona discharge)⁴⁾, 부분방전(partial discharge in ac ferroelectric pellet layer)⁵⁾, 펄스 스트리머방전(pulse streamer discharge)⁶⁾, 연면방전(surface discharge) 및 무성방전(silent discharge)⁷⁾ 등이 있으며, 이들 방법들은 주로 2차적 환경오염을 발생시키지 않는 첨단인 방법이다.

본 연구에서는 선-평판형 전극구조의 플라즈마 반응기에서 자계가 질소산화물(NOx) 제거에 미치는 영향을 조사하기 위하여 코로나 방전장치를 제작하고 자계가 인가된 경우와 자계가 인가되지 않는 경우에 NOx 제거 특성을 조사하였다. 그리고 각각의 경우에 전압의 종류 및 펄스전압의 반복 주기에 따른 질소 산화물의 제거 특성을 조사하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 방법



O.S.C : oscilloscope
 R.S.G : rotating spark gap switch
 S.T : slide transformer

그림1. 실험장치 개략도
 Fig. 1 Experimental Set-up

본 실험에 사용한 실험장치를 그림 1에 간략하게 나타냈으며, 실험장치는 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 직류, 교류 그리고 펄스전압을 공급할 수 있는 전원장치,

모의 연소가스의 유량을 조절하는 MFC(Mass Flow Controller), 코로나 방전 플라즈마를 발생시켜 질소산화물(NOx)을 분해시키는 반응기, 방전전압, 전류 및 전력을 측정하는 측정기, 가스 성분을 분석하는 가스 분석 장치로 구성되어 있다. 모의 샘플가스는 한국 표준 과학 연구소에 의뢰하여 제작된 NO의 농도가 2000(ppm)인 NO-N₂-CO₂-Air 혼합가스를 실험목적에 따라 유량 6(l/min)로 조절하여 사용하였다.

반응기의 전단에는 가스가 고르게 혼합될 수 있도록 하기 위해 Gas Mixing Chamber를 설치하였으며, 반응기는 테프론으로 구성하였고 앞면에 내부 방전 상태를 볼 수 있게 반투명한 아크릴을 사용하였다. 반응기 내부에 가스를 고르게 흘리기 위하여 입구쪽에 직경 2(mm)의 구멍이 조밀하게 있는 필터를 삽입하였다. 방전전압은 길이가 150(mm)인 텅스텐 재질의 wire를 사용하였으며, 대향전극은 150(mm)×50(mm)크기의 두께가 10(mm)인 동판을 사용하였다. 플라즈마 반응기의 크기는 250(mm)×170(mm)×100(mm)이고, wire 전극과 평판 전극간의 거리가 20(mm)인 wire-plate 반응기를 2단으로 설계하여 NOx 분자가 끌고루 에너지를 받을 수 있도록 하였다.

실험은 상온의 대기압 상태에서 행하여 졌으며, 초기농도를 실험목적에 맞게 조절한 후 정상상태가 되도록 10분 정도 유지시키고, 인가 전압의 종류(직류, 교류, 펄스), 인가 전압의 크기(7, 8, 9, 10(kV)), 그리고 펄스 전압의 반복주기를 200, 250, 300, 350(pps)로 변화시켜 가면서 NOx의 제거 특성을 조사하였다. 그리고 각각의 경우에 대해서 자체의 유무에 따른 특성을 조사하였다.

2.2 실험결과

2.2.1 인가 전원에 따른 영향

그림 2는 자체가 인가되지 않는 코로나 방전 플라즈마 반응기에 교류, 직류, 펄스 전압을 각각 7, 8, 9, 10(kV)로 변화시키면서 NOx의 감소량을 조사하였다. 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 직류와 교류 전원의 경우 전압의 증가에 대해 NO가 거의 감소되지 않았다. 펄스전원을 사용한 경우 전압의 증가에 따라 NO의 감소량이 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나 이들 감소량의 대부분은 NO₂로 산화되는 것으로 나타났다.

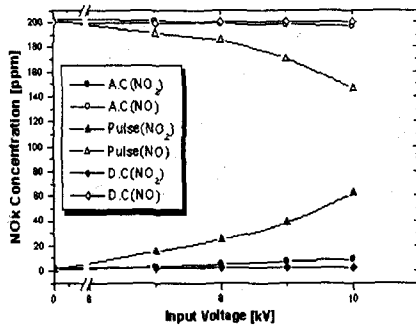


그림 2. 전압에 따른 NO의 농도변화
Fig 2. NOx concentration as input voltage without magnetic field

2.2.2 펄스 반복 주기에 대한 영향

그림 3은 NO 감소 특성이 가장 좋은 펄스 전압의 크기를 10(kV)로 고정해 두고, 주파수를 200, 250, 300, 350(pps)로 변화시켜 가면서 NOx의 감소량을 조사한 것이다. 그림에서와 같이 펄스 전압의 반복주기가 증가함에 따라 질소산화물의 감소량은 측정된 200(pps) 이상에서 큰 차이가 없는 것을 볼 수 있다.

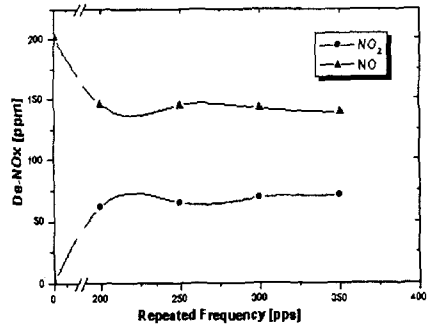


그림 3. 펄스 반복 주기에 따른 NO의 농도
Fig 3. NOx concentration as repeated frequency pulsed voltage

3. 결 론

본 연구에서 비열 플라즈마를 이용하여 전원의 종류, 전압의 크기 그리고 펄스의 반복 주기에 따라 모의 연소가스 중의 NO 감소량을 조사하였으며, 그에 대한 결과는 다음과 같다.

반응기 내부는 인가 전압에 의해서 플라즈마 상태로 되며, 이때 생성된 전자와 NO 및 O₂ 분자가 충돌하여 NO₂ 분자로 산화 반응한다. NO의 감소량은 모든 전원의 형태에서 전압이 상승할수록 증가하는 것으로 나타났으며, 이 중에서도 펄스 전압의 증가에 따른 NO의 감소량이 가장 크게 나타났으나 대부분 NO₂로 산화되는 것으로 나타났다. 또한 펄스 전압의 반복 주기는 NO의 감소량이 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 자체를 인가한 경우 NO의 제거량이 약 10% 정도 상승하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] J. S. Chang, "Energetic electron induced plasma processes for reduction of acid and greenhouse gases in combustion flue gas", Non-Thermal Plasma Techniques for Pollution Control Part A, Springer-Verlag Pub.Co., PP.1-32, 1993.
- [2] 水野 彰, "放電プラズ마による排氣ガス淨化技術の研究開發", SUT BULLETIN, No.5, pp.29-34, 1993.
- [3] 최의소, 조광명, 환경공학, 청문각, 1993.
- [4] Alok Kumar Chakrabarti, Akira Mizuno, Kazuo Shimizu, Tsutomu Matsuoka, and Satoshi Furuta, "Gas cleaning with semi-wet type plasma reactor", IEEE transactions on industry application, VOL. 31, NO.3, PP.500-505, 1994.
- [5] G. J. Pietsch, D. Braun, and V. I. Gibalov, "Modeling of dielectric barrier discharges", Non-Thermal Plasma Techniques for Pollution Control Part A, Springer-Verlag Pub.Co., PP.279-286, 1993.
- [6] Kazuo Shimizu, Hiroyuki Sone, Akira Mizuno, "Effect of water on NOx removal using pulsed discharge plasma", 靜電氣學會講演論文集, PP.355-358, 1993.
- [7] J. S. Chang et al, The effect of ammonia mixing concentration on the reduction of NOx in a combustion flue gas by superimposing surface/silent discharge plasma reactor, 放電プラズ마によるガス狀 環境汚染物質の處理技術に關する總論的研究 PP.59-68, 1994.