

PE6) 실험실 규모의 나노 펄스 전기방전에서 SOx 및 NOx 농도 변화 연구

Studies on SOx and NOx Gas Concentration Changes in a Lab Scale Nano-pulse Corona Discharger

한방우 · 김학준 · 송동근 · 오원석 · 김용진

한국기계연구원 그린환경에너지기계연구본부

1. 서 론

2010년부터 황산화물, 질소산화물 등의 주요 대기오염물질의 배출기준의 현행보다 약 10-50% 강화되고 온실가스 배출권 거래제 시범사업 추진과 함께 수도권 대기질 특별법 제정에 따른 황산화물, 질소산화물 등의 대기오염물질에 대한 배출권 거래제 시행에 대한 논의가 진행되고 있다. 따라서 이와 관련하여 화석연료 및 폐기물 혼합 연소의 중대형 연소 배출 공정 설비에서 저비용 고효율의 탈황, 탈질 처리 설비가 필수적으로 요구되고 있다. 기존의 탈황, 탈질 설비는 성능 확보를 위해 일정온도 이상으로 유지해야하고 장치 구성이 복잡하고 설비 규모가 큰 단점이 있다. 따라서, SOx와 NOx를 동시에 처리하고 장치 구성이 간단한 펄스 전기방전에 대한 관심이 높아지고 있다. 최근 포항산업과학연구원에서는 42,000Nm³/hr급의 저온 펄스방전을 이용한 SOx 및 NOx 처리 시스템을 광양제철소 산업용 소각로에 설치하여 운행한 실적을 갖고 있다(Lee et al., 2003). 본 연구에서는 나노급 펄스 코로나 방전을 이용한 SOx와 NOx를 동시에 처리하는 연구를 실험실 규모에서 진행하였다.

2. 연구 방법

펄스 전기방전 반응기는 직경 100mm, 길이 1.2m의 wire-cylinder 형태의 반응기를 사용하였고 중심 wire는 0.5mm의 텅스텐 와이어를 사용하였다. 펄스전원 공급장치는 최대전압 50kV, 주파수 1,000Hz, 펄스 상승시간 약 100ns 및 펄스 폭(FWHM) 약 500ns의 전원장치를 사용하였다. 일정 유량의 SOx 및 NOx 가스를 레귤레이터와 유량계를 통해 실험 장치의 상단으로 공급해주고 펄스 전기방전 반응기의 바로 전단에는 암모니아와 탄화수소 가스를 최대한 균일하게 혼합시키면서 공급하였다. 전기방전 반응기의 전, 후단에서의 가스 농도는 Greenline(MK2, Eurotron Italianan)과 FTIR(I-4001, Midac Corporation, Costa Mesa)을 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

펄스 전원장치의 인가전압을 30kV에서 45kV까지 증가시킬 때 약 120m³/hr의 유량조건에서 비에너지 밀도는 1.6Wh/m³에서 2.6Wh/m³까지 증가하였고, 유량을 156m³/hr에서 72m³/hr까지 감소시킬 때 인가전압 30kV 조건에서 비에너지 밀도는 1.4Wh/m³에서 2.9Wh/m³까지 증가하였다. 그림 1은 초기농도가 32-35ppm 수준 일 때 펄스 전기방전의 인가전압을 30kV로 인가하였을 때와 펄스 전기방전과 동시에 암모니아를 평형비 1 수준으로 공급하였을 때의 SO₂의 농도변화를 보여주고 있다. 처리 유량이 감소할수록 따라서 비에너지 밀도가 증가할수록 SO₂의 처리 효율이 약 20%에서 약 45%까지 증가하였다. 한편, 암모니아를 공급할 경우 비에너지 밀도 1.6Wh/m³ 이상에서 SO₂의 농도는 거의 0에 가까운 값으로 떨어지는 것을 알 수 있다. 유량을 고정시키고 전원장치의 인가전압을 조절하여 비에너지밀도를 변화시킨 경우에서도 그림 1의 유량을 변화시킨 경우와 거의 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 초기농도가 다른 경우에는 SO₂의 처리효율은 비에너지밀도와 상관성을 얻지 못하였으나 단위농도당 비에너지 밀도와는 선형적인 관계를 나타내었다. 그림 2는 초기농도가 약 45ppm일 때 펄스 전기방전을 인가하였을 때와 펄스 전기방전과 동시에 아세트알데하이드를 약 160ppm 정도 공급하였을 때의 NO의 농도 변화를 보여주고 있다. SO₂와 마찬가지로 유량을 156m³/hr에서 72m³/hr까지 감소시킴으로써 비에너지 밀도를 1.4Wh/m³에서 2.9

Wh/m³까지 증가시켰을 때 NO 처리효율은 약 28%에서 약 50% 까지 증가하였다. 그러나 FTIR로 분석한 결과 NO는 펄스방전에 의해 상당한 양이 NO₂로 환원되는 것을 확인 할 수 있었다. 아세틸렌을 주입할 때 약 30% 정도 처리효율이 상승되는 것을 알 수 있었다. NO 또한 유량을 고정하고 전원장치의 인가전압을 제어하여 비에너지밀도를 변화시킬 때 그림 2와 거의 유사한 결과를 얻을 수 있었다. NO의 처리효율 또한 단위농도당 비에너지 밀도와 선형적인 관계를 나타내었다. 따라서 이와 같은 관계식을 통해서 유량, 소비전력, 대상가스 농도간 관계로부터 펄스 전기방전 반응기 및 전원공급장치의 Scale-up 설계 인자의 도출이 가능할 것으로 판단된다.

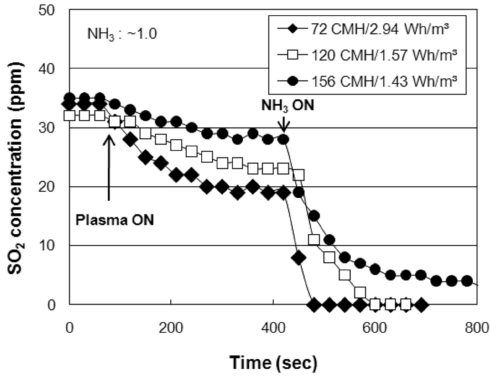


Fig. 1. SO₂ concentration changes at different gas flow rates with plasma and NH₃ on and off.

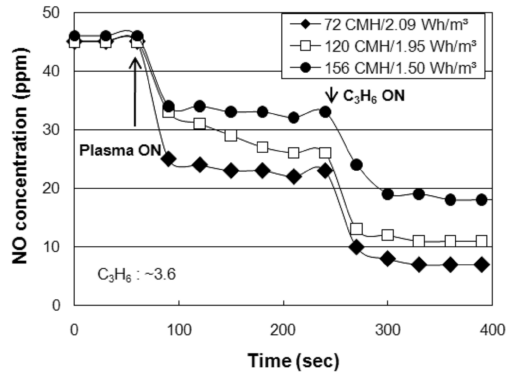


Fig. 2. NO concentration changes at different gas flow rates with plasma and C₃H₆ on and off.

사 사

본 연구는 환경부의 ‘차세대 핵심환경기술개발사업’에서 지원된 연구이며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Lee, Y.H. et al. (2003) Application of Pulsed Corona Induced Plasma Chemical Process to an Industrial Incinerator, Environ. Sci. Technol., 37, 2563-2567.