

# PS34(IN) 플라즈마 탈황탈질 시스템에서 투입 에너지에 따른 탈질 특성

## The NO<sub>x</sub> Removal Characteristics with Input Energy in Plasma DeSO<sub>x</sub> & DeNO<sub>x</sub> System

장길홍, 백민수, 유정석, 정종한, 김정일

한국중공업 기술연구원 환경기술연구소

### 1. 서론

강화된 대기오염배출기준을 준수하기 위하여 대기오염 방지설비 시장이 확대되고 있으며, 특히 가스 상 오염물질인 황산화물 및 질소산화물에 대한 동시처리 기술이 최근들어 신기술 분야로 분류되어 실용화를 위한 연구가 국내외적으로 활발하게 진행되고 있다. 현재 보편화된 기술로는 NO<sub>x</sub> 저감을 위한 연소기술과 SO<sub>2</sub> 저감을 위한 습식 탈황기술이 대표적이다. 근래에 NO<sub>x</sub>제어를 위한 선택적 촉매 환원법(Selective Catalytic Reduction ; SCR)과 선택적 非촉매 환원법(Selective Non-catalytic Reduction ; SNCR)이 대부분 상용화되어 국내에서도 설치 중에 있다.

현재 개발중인 탈황 탈질 동시처리 설비는 시스템의 단순화, 처리비용 절감, 운전효율 증대를 목적으로 진행되고 있다. 대표적인 공정으로 금속 킬레이트를 이용한 습식세정법, 변형된 살포-건조기 세정법(Modified Spray-Dryer Scrubbing), 덕트내 흡수제 주입법(Induct Sorbent Injection), NO<sub>x</sub>SO 공정, SNRB 공정, SNOX 공정과 DESONOX 공정, 산화구리 공정(Copper Oxide Process), Parsons 공정, 활성 코크스공정(Activated-Coke Process), E-beam 공정, 저온 플라즈마 공정 등이 있다. 이들 공정중 E-Beam 공정과 펄스 코로나를 이용한 저온 플라즈마 공정은 전기적인 특성을 이용하여 유해가스를 산화시켜 제거하는 공정으로 초기 투자비가 저렴하고 2차 오염물이 발생하지 않는다는 장점이 있어 최근 각 대학 및 연구기관에서 관심의 대상이 되고있다.

저온 플라즈마를 이용한 탈황탈질 동시처리 시스템에 관한 기존 자료들은 탈황 성능을 90%이상 탈질 성능을 70%이상 제시하고 있으나, 전기적 특성 및 반응 메카니즘의 정확한 규명, 에너지 효율 향상 등의 선결과제가 남아 있다. 본 연구에서는 200Nm<sup>3</sup>/hr 용량의 플라즈마 탈황탈질 시스템을 이용하여 에너지 투입량에 따른 탈질 성능을 파악하고자 하였다.

### 2. 실험 방법

저온 플라즈마를 이용한 질소산화물 제거 특성을 실험하기 위해 일반 대기 조건에서 실험할 수 있는 200Nm<sup>3</sup>/hr 용량의 소형 반응기를 제작하였다. 가스 성분 계측은 화학발광법을 이용한 Thermo Environmental社의 제품을 사용하여 NO와 NO<sub>2</sub>의 농도를 계측하여 NO<sub>x</sub> 농도로 사용하였다. 실험에 사용된 펄스 전원 공급장치(Pulse Generator)는 최대 용량 30kW, 첨두 전압 100kV, 첨두 전류 5kA, 펄스당 에너지 100J, 펄스폭 500nsec, 펄스 상승시간 200nsec의 성능을 가지고 있다. 코로나 발생시 펄스 전압과 전류 파형을 계측하기 위하여 Haefely社의 용량성 전압분배기(1:40,000)와 Pearson社의 C/T (1/2,000=V/A)를 사용하였다. 그리고 대역폭 500MHz의 디지털 오실로 스코프(Tek TDS744A)를 이용하여 파형을 관측하고 관측된 파형을 저장하여 컴퓨터를 이용하여 펄스당 에너지 및 전력을 계산하였다.

### 3. 결과 및 고찰

질소 산화물의 제거 성능은 전계의 강도에 비례하여 향상된다는 사실은 그 동안 많은 논문에서 보고되어있다. 그러나 반응기 내부에 투입되는 에너지가 펄스 발생기의 성능, 반응기 구조, 배출가스의 성상, 유체의 특성, 온도, 습도등의 조건에 따라 전기적 특성이 변하여 에너지 효율 및 제거 성능에 영향을 준다. 이 같은 현상은 반응기의 임피던스(Impedance)특성 변화에 따른 영향으로 펄스 발생기에서 동일한 에너지를 반응기에 투입하여도 배출가스 성상에 따라 전계 사이의 저항값이 변화하여 반응기에 투입되는 에너지에 차이를 보일 수 있다.

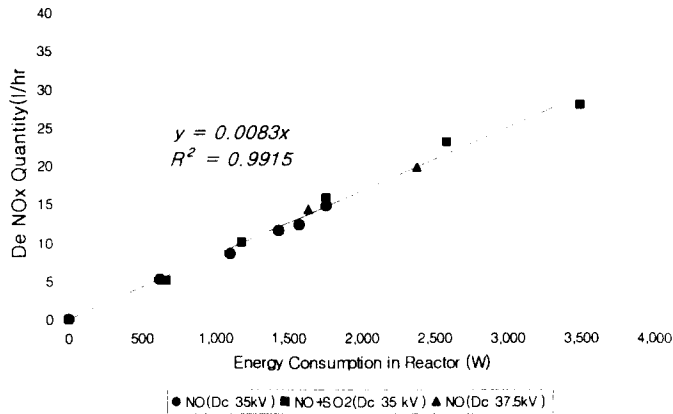


Fig. 1. Relation of the De-NO<sub>x</sub> quantity energy consumption in reactor

그림 1은 200Nm<sup>3</sup>/hr 용량의 반응기에서 실험한 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 배출가스 온도는 상온 조건에서 초기 NO<sub>x</sub>농도를 250~200ppm으로 조절하였으며, 투입되는 에너지는 DC 전압 35kV, 37.5kV(펄스 침투 전압은 DC전압에 4배)에서 펄스 반복율(15, 30, 50, 75, 100Hz)을 증가시켜 반응기에 투입되는 에너지를 증가 시켰다. 본 연구결과를 통하여 실험결과 펄스 반복율 증가와 펄스의 침투 전압 증가량에 관계없이 최종 반응기에 투입되는 에너지 투입량 증가에 따라 NO<sub>x</sub> 제거율이 실험 범위 내에서 선형적으로 증가함을 알 수 있었다. 또한, SO<sub>2</sub> 농도를 173ppm 주입한 경우, 반응기내의 임피던스 특성이 변화하여 DC 전압 35kV, 반복율 100Hz의 동일조건에서 반응기에 투입되는 에너지가 17.6J/pulse에서 35J/pulse로 2배 증가되어 탈질 성능을 증가시키는 효과를 나타내었다. 이 결과는 Eindhoven University에서 발표했던 SO<sub>2</sub> 존재하에 NO<sub>x</sub>의 제거율이 증가하는 상승작용(Synergy Effect)에 대한 연구결과와 일치한다.

#### 4. 결 론

저온 플라즈마를 이용한 탈질율은 본 연구 범위 내에서 투입되는 에너지에 0.99의 강한 상관관계를 보였으며, 에너지 투입량증가 방법에 따른 탈질 성능 변화는 없는 것으로 생각된다. 또한 배기가스중의 SO<sub>2</sub> 존재는 반응기내의 임피던스를 변화시켜 투입되는 에너지량을 증가시키는 결과를 보임으로써 탈질 성능의 상승 효과를 가져온다. 따라서 향후에는 반응기에 보다 많은 에너지를 효과적으로 투입할 수 있는 방법과 펄스폭과 탈질율과의 관계 규명에 대한 연구가 필요하다.

#### 참 고 문 헌

- 신대현, 김동찬, 김상국, 노남선, 우제경, 김광호 (1996) 연소가스중의 대기오염물질 저감기술 개발, 과학기술처 보고서, KIER-966405/1, Part III, 459-475.
- Dinelli, G., L. Civitano, L. and Rea, M. (1990) Industrial experiments on Pulse corona simultaneous removal of NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> from flue gas. IEEE Transaction on Industry Application, 26(3), 535-541
- Van Veldhuizen, E.M., L.M. Zhou, and W.R. Rutger (1998) Combined effect of pulse discharge removal of NO, SO<sub>2</sub>, and NH<sub>3</sub> from flue gas. Plasma Chemical and Plasma Processing, 18(1), 91-110.