

2B3) 소각시설에서 질소산화물 환원처리를 위한 반응제의 영향 연구

Study of Additive Effects on Nitrogen Oxides Reduction for Combustion Emission Gas

동종인 · 박정희 · 장주호 · 강경희¹⁾ · 이종길¹⁾

서울시립대학교 환경공학부, ¹⁾(주)유젠텍

1. 서 론

질소산화물은 천연가스, 석유, 석탄과 같은 화석연료 연소 시에 배출되는 대표적 오염물질로 산성비를 유발시키며, 오존, PAN, aldehyde와 같은 광화학 산화물을 형성하여 광화학 스모그를 유발한다. 따라서 NOx 제어의 필요성은 더욱 강조되고 있다.

NOx 처리 공정 중 대표적인 SNCR(Selective Non-Catalytic Reduction)공정은 N-계열 시약(환원제)을 노내의 온도가 900℃에서 1100℃인 구역으로 주입하여 NOx가 복잡한 단위반응들을 거쳐서 N₂와 H₂O로 분해되는 저감기술의 하나로서 초기 설치비가 저렴하고 단기간에 쉽게 설치 가능한 기술이지만, 대부분 외국기술의 도입에 의존하고 있는 실정이므로 국내개발을 필요로 한다. 현재 발전 및 소각시설의 SNCR 설비에서는 환원제로서 NH₃가 다량 사용되고 있는데 이것은 운반·저장이 어렵고 독성이 강하기 때문에 이를 대신할 수 있는 환원제에 관한 연구가 활발히 진행 중이다. 이 중에서도 Urea는 상온에서 고체로 존재하고 비교적 낮은 온도에서 분해되어 암모니아를 생성하므로 Urea를 이용한 SNCR에 관한 연구의 중요성이 대두되고 있다. Urea를 이용한 SNCR은 안정성이나 경제적인 측면에서 매우 효과적인 기술이 아닐 수 없다.

본 연구에서는 암모니아를 대체하는 반응제(환원제) Urea와 효율을 향상시키는 반응제(첨가제)들의 사용에 따른 성능 변화와 이에 적절한 운전조건을 변화에 따른 실험을 통하여 확인하여 검토해 보았다.

2. 연구 방법

2.1 SNCR 실험장치

SNCR시스템의 장치는 두 개의 반응조로서 첫 번째 반응조는 연소가스를 조성해주며 두 번째 반응조는 SNCR반응조로 제작하였다. 두개의 반응조는 1400℃의 온도에서도 견딜 수 있는 내화구조로 설계하였고 내열성이 강하며 촉매현상을 유발하지 않고 고온에서 잘 견딜 수 있는 SUS 재질로 원통형 Pipe를 설치하였으며 온도센서와 Digital화 된 Controller를 두어 원하는 온도를 설정할 수 있도록 설치하였다.

2.1.1 1st Reactor (연소가스 발생 시스템)

점화장치와 LPG버너를 장착, 순도 99.99% NO가스를 주입하고 공압기를 이용해 1차 반응조의 LPG 버너 3군데와 2차 반응조의 노즐에 공기를 공급해 주었으며 압축공기 공급시 압력변동을 최소화하기 위해 압력조절계를 설치하였다. CO의 영향을 배제하기 위하여 m=1.3조건으로 산소농도 5~6%범위 내에서 유지되게 하였으며 가스 분석기를 이용하여 NOx, CO, O₂, CO₂를 측정하였다.

2.1.2 2nd Reactor (SNCR반응시스템)

환원제 및 첨가제를 일정한 양으로 분무해주기 위해서 압력펌프와 고온에서도 견딜 수 있는 SUS재질로써 기체와 액체를 외부에서 혼합되어 압축공기의 고속의 흐름을 이용해 액체를 분무하는 이류체식 노즐을 이용하였다. 본 실험에서는 노즐의 액량을 10g/min으로 일정하게 유지시키고 요소용액의 농도를 변화시킴으로써 urea의 화학적 표준 양분비(NSR)를 1.0~2.0으로 변화시키며 분사하였다. 요소의 주입량을 일정하게 유지함으로써 분무되는 요소용액의 액적크기, 분무거리, 분무각도 등을 일정하게 유지하고 탈질 반응에 미치는 유체역학적 영향을 일정하게 유지시켰다. 노즐의 압축공기의 영향으로 반응조의 산소농도는 7~8%로 유지되었으며 반응조 내의 체류시간은 약 1초정도이며 1st

reactor 와 동일한 방법으로 분석하였다.

2. 2 SNCR 실험내용

2.2.1 환원제 Urea에 의한 NOx제거실험

두 번째 반응조에서 온도를 900℃에서 25℃씩 승온시키면서 이류체식 노즐을 이용하여 환원제를 일정량 투입시킨다. 300ppm의 NOx를 Urea와 반응시켜 그 제거율을 측정하였다. Urea의 주입량은 NSR이 각각 1.0, 1.5, 2.0이 되도록 조절하여 반응 후의 NOx농도와 CO, NH₃농도를 각각 측정하였다.

2.2.2 반응조건에 의한 NOx 시뮬레이션

Urea를 이용한 SNCR실험에 있어서 각 실험조건에 의한 NOx제거실험 결과를 반응 해석 프로그램에 이용한 반응 예측 결과와 비교하여 경향성을 살펴보았다.

2.2.3 반응 조건에서 첨가제에 의한 NOx제거실험

두 번째 반응조에서는 에탄올 반응제 주입시 온도를 600℃부터 50℃씩 승온시키고, 과산화수소 반응제 주입시 온도를 400℃부터 50℃씩 승온 시키면서 300ppm의 NOx를 Urea와 반응시켜 그 제거율을 측정하였다. Urea의 주입량은 NSR 1.5으로 고정시키고 첨가제의 NSR을 조절하여 반응후의 NOx 농도와 CO농도를 각각 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

환원제로써 Urea를 사용시 고온의 온도창이 존재함을 확인하였으며 실공정 반응온도 결정시 고려되어야 되는 중요인자이다. 또한 암모니아 환원제를 사용시 문제가 되는 NH₃ slip이 거의 배출되지 않았으며 CHEMKin반응 예측결과와 실험결과가 유사한 경향성을 나타내었다. Urea와 Ethanol 주입시 radical의 생성으로 효율이 향상되었으며 온도창의 폭 증가와 최적 온도 범위가 약 100℃정도 하향하였다. 대신 부산물 CO가 대량 배출되었으며 이에 대한 고려가 필요하다. Urea와 Hydrogen peroxide 주입시 radical의 생성으로 효율이 향상되었으며 온도창의 폭이 증가하였고 범위가 상당부분 저온부로 이동함을 관찰할 수 있었다. 또한 본 연구는 CHEMKin모사를 통해 실제 실험과 비교함으로써 경향성을 보고자 하였다. 두 실험값의 경향성이 좋은 일치율을 보였다. 모사값이 실제 실험 결과보다 약간 높은 효율을 보였는데 이는 공정의 주요요인인 mixing이 고려되지 않았고 연소가스 속에 포함되어 있는 다양한 가스들이 고려되지 않았으며 투여요소가 모두 반응하지 않는 등의 여러 요인이 있는 것으로 판단되어진다.

참 고 문 헌

- 최덕호 (2000년) 「Bench규모 SNCR장치에서의 공정변수 영향연구, 충남대학교, 석사논문.
- 임영일 (1996) 「Pilot-scale 반응기에서 요소용액을 이용한 질소산화물 제거 연구」 KAIST 석사학위논문
- 최중보보고서 (2000) 「선택적 비촉매 환원법에 의한 노내 탈질 기술 개발」 산업자원부.
- Alzueta, M. U., Bilbao, R., and Millera, A., (1998) 「Interactions between Nitric Oxide and Urea under Flow reactor Conditions,」 Energy & Fuels Vol. 12.