

Industrial Applications of Non-thermal Plasma for
DeSO_x/DeNO_x

송 영훈, 신 완호, 김 석준

한국기계연구원 연소환경그룹

장 길홍

한국중공업 기술연구원 에너지환경실

1. 서론

대기중의 NO_x 및 SO₂는 산성비, 호흡기 질환 및 스모그현상을 일으키는 것으로 알려져 있으며, 이들 유해가스를 배연가스로부터 동시에 제거하기 위한 기술로서 저온 플라즈마기술의 연구개발이 국내외의 여러 기관에서 수행되고 있다. 저온 플라즈마를 이용한 탈황탈질 기술은 기존의 습식탈황설비와 촉매를 이용한 탈황설비에 비해 설치비가 저렴하다는 장점으로 인해 유망한 기술로 평가를 받고 있고 있으나, 한편으로는 고가의 운전비용 즉, 운전시 소모되는 전력비용으로 인해 실용화에 어려움이 있는 것으로 알려져 있다 (Masuda, 1992). 저온 플라즈마 탈황탈질공정에서 전력비용을 줄이기 위한 최근의 기술로는 공정에 화학물질 (암모니아와 탄화수소)을 투입하거나, 반응기내에 상변화를 수반하는 화학반응을 촉진시키는 방법, 그리고 펄스발생기와 반응기간의 전기적 임피던스를 개선시키는 방안 등이 제시되고 있다 (송 영훈외, 1996).

본 연구는 저온 플라즈마 탈황탈질공정에서 전력소모를 절감하는 기술을 파일럿급 탈황탈질 플랜트에 적용하려는 목적으로 수행되었으며, 이를 위해 1) 공정에 투입될 탄화수소의 종류, 2) 탄화수소의 적절한 투입량, 3) 배연가스의 유량, 4) 반응기내에 상변화를 수반하는 화학반응의 첨가 등에 관한 연구를 수행하였다. 본 연구에서는 파일럿 플랜트급의 실험에 병행하여 소규모의 실험을 수행하였으며, 각 각의 실험에서 처리된 배가스의 최대유량은 2,000 Nm³/hr 및 15 Nm³/hr이었다.

2. 실험결과

본 소규모실험에 사용된 실험장치에 대한 설명은 이미 다른 논문에서 소개된 바와 같으며⁽³⁾, 반응기의 형식은 파일럿 플랜트에서 사용된 반응기의 형식과 동일한 wire-plate 형식을 사용하였다. 그림 1에서는 소규모 실험장치에서 동일한 전력을 공급한 조건에서 여러 종류의 탄화수소를 공정에 투입했을 때 NO의 산화율을 제시한 것으로, 그림에서 보는 바와 같이 C₂H₄의 투입시 가장 높은 제거율을 얻을 수 있는 반면에 CH₄를 주입한 경우에는 NO제거에 영향을 주지 않고 있음을 보여주고 있다. 이와 같이 탄화수소의 종류에 따라 NO의 제거율이 다른 이유는 각각의 탄화수소가 저온 플라즈마 분위기에서 OH 라디칼을 만드는 반응속도가 다르기 때문이며, 이는 저온 플라즈마 공정에서 핵심이 되는 반응과정이 OH 라디칼의 산화과정임을 간접적으로 보여주고 있다. 본 실험결과를 탄화수소의 투입으로 인해 추가로 소요되는 전력이 없이도 NO의 산화율이 증가됨을 보여주고는 있으나, 대부분의 탄화수소는 대기오염을 일으키는 VOC이므로 NO의 산화율 증가를 위한 탄화수소의 투입량에는 한계가 따른다. 그림 1에서 간과할 수 없는 중요한 사실은 탄화수소의 투입량이 감소함에 따라 NO의 산화율은 감소되지만, 서로의 관계는 선형적이 아니라는 사실이다. 즉, 탄화수소의 투입량을 절반으로 감소시켰을 때, NO의 산화율은 이보다는 적은 비율로 감소하고 있다. 따라서 특정한 운전조건에서는 탄화수소의 최적투입량이

정해질 수 있음을 본 실험결과를 보여주고 있다.

소규모 실험에서 배가스의 유량을 변화시켰을 때 따른 NO의 산화율은 그림 2에 제시되어 있으며, 유량과 NO의 산화율은 앞서 살펴본 탄화수소 투입량에 따른 NO의 제거율과 마찬가지로 비선형의 관계를 갖고 있다. 따라서 유량이 두배로 증가되었을 때, NO의 제거율은 두배로 감소되는 것이 아니라 이보다는 상당히 적게 NO의 산화율이 감소되고 있다. 이는 저온 플라즈마 반응기에서 발생되어 NO의 산화에 참여하는 각종 래디칼이 충분히 반응에 참여하지 못하고 다시 재결합하여 사라지고 있음을 의미하며, 보다 효율적인 래디칼의 이용에 대한 향후의 연구가 필요함을 보여주고 있다. 지금까지 제시된 그림에서는 NO의 산화율만을 주로 제시하였는데, 이는 산화된 NO는 대부분이 NO₂로 변환되며, NO₂는 NO와는 달리 반드시 저온 플라즈마를 사용하지 않고도 상변화를 수반하는 화학반응으로도 제거될 수 있기 때문이었다.

참고문헌

송 영훈, 최 연석, 김 한석, 신 완호, 길 상인, 정 상현, 최 갑석, 최 현구, 김 석준, 장 길홍 (1996), 저온 플라즈마 탈황탈질 공정의 운전전력절감을 위한 실험연구, 한국대기보전학회지, 제 12권, 제4호, pp. 487-494

Masuda, S. (1992) Report on novel dry DeNOx/SOx technology for cleaning combustion gases from utility thermal power plant boilers, NATO ASI Series, Vol. G34, Part A, 131-137

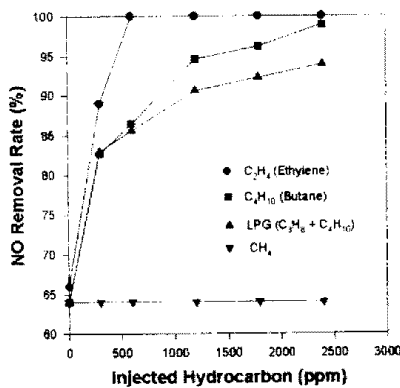


Fig. 1 NO removal rates along with various hydrocarbon injection

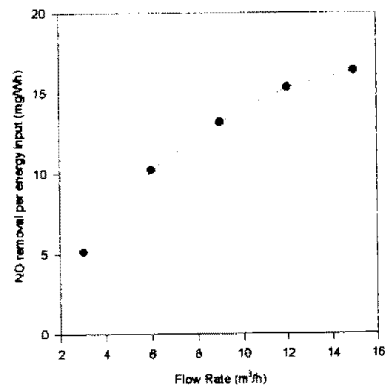


Fig. 2 NO removal rates along with gas flow rate