

EA8) 촉매 필터 반응기를 이용한 경유연소 배가스 내의 NO저감 Reduction of NO Emissions from Diesel Combustion using a Catalytic Filter Reactor

김지용 · 이상권 · 한영욱¹⁾

한국의국어대학교 환경생명공학부, ¹⁾ (주)이우테크

1. 서론

산업 발전에 따른 대기오염물질의 배출로 인한 대기오염은 날로 심각해지고 있다. 대기오염물질중 NO는 제어에 대한 관심이 높아지고 있는데 NOx의 배연 처리 기술중 가장 보편화되어 있는 기술은 선택적 촉매 환원법(selective catalytic reduction, SCR)이다. 그중 암모니아(NH₃)를 환원제로 사용한 SCR법이 가장 널리 사용되고 있는데 이러한 NH₃에 의한 탈질공정은 미반응 NH₃의 배출, 경제성 등의 문제점이 있어 다른 환원제 즉 urea나 hydrocarbon을 사용하는 탈질기술의 개발이 요구되고 있으며, 특히 hydrocarbon이나 alcohol 계열을 이용한 SCR법에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이러한 대체 환원제를 이용한 연구는 Iwamoto등¹⁾을 포함하여 많은 사람들에 의하여 연구되어 왔다.

Sumiya등²⁾은 H₂O와 SO₂를 주입한 상태에서의 NOx 제거율에 관한 연구를 하였는데, hydrocarbon을 환원제로 이용하는 경우에 수분의 영향을 많이 받는 반면 Alcohol 계열인 에탄올은 수분의 영향을 거의 받지 않아 수분이 다량 함유된 연소가스의 탈질효율에 효과적인 것을 관찰하였다. 그러나 환원제의 사용에 따른 반응부산물의 생성문제, SO₂나 H₂O에 대한 촉매의 안정성 문제 등이 해결되어야 할 과제로 남아있다.

본 연구실에는 촉매필터 반응기(catalytic filter reactor)에 Cu/Al₂O₃ 촉매를 이용하고, 에탄올을 환원제로 주입하면서 배연가스의 탈질효율을 향상시키기 위하여 연구를 계속 수행하여 왔다. Al₂O₃ 담체에 여러 가지의 금속을 담지하여 탈질효율을 조사하였으며, 최근에는 Al₂O₃ 담체의 성분에 따른 탈질변화를 조사하였다. 따라서 본 논문에서는 Al₂O₃ 담체의 성분에 따른 탈질 특성과 촉매 필터의 공간속도(space velocity), face velocity, 촉매필터의 두께(thickness)등에 따른 탈질 특성을 조사하였다.

2. 연구방법

탈질 특성 조사를 위한 실험은 경유연료를 사용한 실제 배연가스를 대상으로 수행되었다. 경유를 사용하는 연소로에서 발생하는 배연가스는 duct를 거쳐 반응기로 유입된다. 반응기내에 유입되는 배연가스의 온도는 약 500℃까지 상승하며, NO의 농도는 약 50ppm이 발생하였다. 그러므로 반응기의 전단에 위치한 duct에서 100% NO gas를 주입하여 반응기내에 유입되는 NO의 농도가 250~300ppm이 되도록 유지하였다. 촉매필터 반응기(catalytic filter reactor)는 cyclone형의 여과집진기로 높이가 170cm, 지름이 50cm인 원통형 반응기이다.

반응기 내부에는 집진효율 및 반응기내의 체류시간을 증가시키기 위하여 baffle을 설치하였고, 2개의 촉매 필터를 장착하였다. 촉매 필터는 직경이 10cm, 길이가 50cm이며, 촉매의 두께는 2.5cm에서 5cm까지 변화시킬 수 있도록 하였다. 필터의 상부에는 pulse-jet식의 cleaning 장치를 설치하여 반응기의 압력이 증가하는 경우에 필터를 역세척할 수 있도록 하였다. 필터 전단과 후단에는 각각 냉각기와 water trap, 가스시료 채취구, 필터전후의 압력차를 측정하기 위한 압력계, thermocouple 등을 설치하였으며, 온도, 압력, 가스농도 등의 모든 측정자료들은 컴퓨터에 자동으로 입력되도록 하였다.

탈질반응을 위하여 환원제로 사용된 에탄올은, 반응기의 baffle 외부에 설치된 노즐을 통하여 공기와 분사됨으로써 반응기내로 주입되었다. 실험장치에 사용된 모든 tube는 스테인레스 관, 혹은 teflon tube이며, 가스시료 채취구를 통과한 가스의 SO₂와 NO 농도는 자외선(UV) 흡수 분석기(SM8100A, USA)에서 연속적으로 측정되었고, 전기화학적 연소가스 분석기(KM9006, UK)를 이용하여 NO₂, CO, CO₂등 가스 농도를 측정하였다.

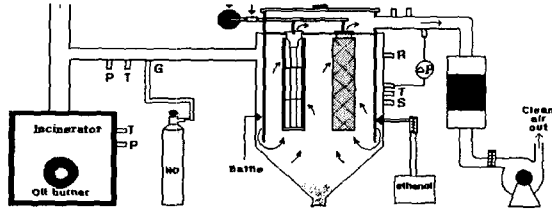


Fig. 1. Scheme of catalytic filter reactor

3. 결과 및 고찰

촉매필터 반응기(catalytic filter reactor)에서 에탄올을 환원제로 주입하면서 Al_2O_3 담체의 성분에 따른 탈질변화를 조사하고 그림 2에 도시하였다. 본 실험에 사용된 catalyst A의 주성분은 Al_2O_3 와 SiO_2 의 성분비가 6:4 이고, catalyst B는 Al_2O_3 와 SiO_2 의 성분비가 4:6 이다. 또한 face velocity를 2cm/sec로 유지하고, 에탄올과 NO의 molar ratio를 3:1이 되도록 에탄올을 주입하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 350℃ 이하에서는 두 종류의 촉매에 의한 NO 전환율이 유사하나, 350℃이상에서는 전환율의 차이가 증가하여 450℃에서는 catalyst B에 의한 NO 전환율이 약 50%로 catalyst A에 의한 NO 전환율보다 약 2배 이상이 증가하였다. 이러한 결과는 담체의 성분에 따른 구조적인 차이에 의한 것으로 예상되나, 담체의 성분이 탈질효율에 미치는 영향이 매우 크다는 것을 암시한다.

촉매필터 반응기(catalytic filter reactor)에 catalyst B를 설치하여 face velocity에 따른 NO 전환율을 살펴본 결과, 반응기내의 온도가 450℃에서 face velocity가 2cm/sec일 경우 약 50%의 전환율, face velocity가 3.1cm/sec 일 경우 약 30%, 그리고 4cm/sec 인 경우에는 약 25% 전환율을 나타내어, 기대한 바와 같이 face velocity가 증가할수록 NO 전환율이 낮아지는 결과가 관찰되었다. 반면에 촉매필터 반응기(catalytic filter reactor)에 catalyst B를 설치하고 체류시간을 나타내는 공간속도(space velocity)의 변화에 따른 NO 전환율을 살펴본 결과, 그림 3에서 보는 바와 같이 공간속도가 약 20,000 hr^{-1} 이하에서는 촉매필터내의 가스 체류시간이 길수록 NO 전환율이 증가하고, 공간속도가 약 20,000 hr^{-1} 이상에서는 체류시간이 감소할수록 NO 전환율이 낮아지는 것이 관찰되었다. 이러한 결과는 여러 가지 성분이 혼합된 가스에서 NO의 선택적 촉매 환원반응을 유지하기 위하여 적절한 체류시간이 필요하다는 것을 암시하고 있다.

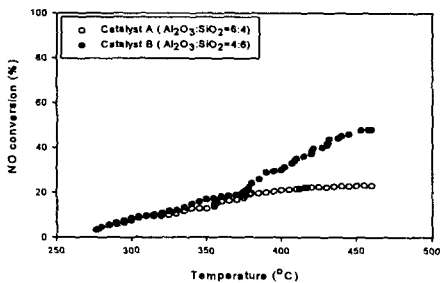


Fig 2. NO conversion by catalysts with different composition

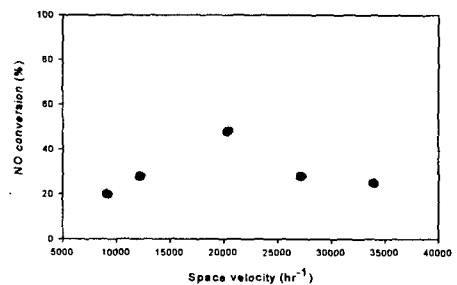


Fig 3. Effect of space velocity on NO conversion

참고문헌

1. M. Iwamoto and H. Hamada(1991), "Reduction of NOx with hydrocarbon", Catal Today 10, pp57-71
2. S. Sumiya, M. Saito, H. He, and K. Yoshida(1998), "Reduction of lean NOx by ethanol over Ag/ Al_2O_3 catalysts in the presence of H_2O and SO_2 ", Catalysis Letters 50, p87-91
3. T. Miyadera(1997), "Selective reduction of nitric oxide with ethanol over an alumina-supported silver catalyst", Applied Catalysis B: Environmental 13, p157-165