한국대기환경학회 2002 춘계학술대회 논문집
Proceeding of the 33rd Meeting of KOSAE (2002)
Korean Society for Atmospheric Environment

PD3) SCR 시스템의 탈질 성능 및 압력손실 특성 연구

A Study on DeNOx and Pressure Drop Characteristics of SCR System

김정일 · 장인갑 · 선칠영 · 천무환
두산중공업(주) 기술연구원 환경기술연구팀

1. 서 론

화석연료의 연소로부터 발생되는 질소산화물은 산성비, 광화학스모그 및 오존층 파괴에 관여하는 환경오염물질로서 대기오염의 주범이 되고 있다. 연소후 배기가스 중의 질소산화물 제어를 위한 선택적 촉매환원공정(Selective Catalytic Reduction: SCR)은 안정적이며 고효율 설계가 가능하여 범용적으로 사용되고 있는 기술이다. SCR 공정은 최초 미국에서 개발되었으나 일본과 독일에서 발전시켜왔으며 국내에서도 공정의 핵심기술인 촉매에 대한 다양한 연구를 수행하여 일부에서는 상용화 수준에 이르고 있다. 그러나 설계 분야에서는 오랜 기간동안 기술을 축적해온 외국 선진사에 비해 기술 우위를 확보하지 못하여 이들 업체와의 기술제휴를 통해 상용화를 수행하는 실정이다. 따라서 신뢰할 수 있는 기술을 확보하기 위해서는 다양한 조건에 대한 설계경험이 필요하며 촉매 특성에 따른 설계기술이 정립되어야 한다. 본 연구에서는 향후 SCR 공정의 설계 및 유지/보수를 위한 기초자료 확보를 위해서 제조사가 다른 상용 촉매 3종을 사용하여 다양한 조건에서의 탈질 및 압력손실 특성에 대해 분석하였다.

2. 연구 방법

실험에 사용된 SCR 설비는 1,000Nm^3/hr급 파일럿 플랜트로서 1MWth급 실험연소로 후단에 설치되어 설비 배치상 실제 발전소에 적용되는 high-dust type을 모사한 축소 모델이다. 배기가스는 절탄기(Economizer) 역할을 하는 열교환기를 거쳐 SCR 파일럿 플랜트를 통과한 후 공기예열기(Air Preheater)로 유입될 수 있도록 구성되었다. SCR 파일럿 플랜트의 성능실험시 실시간 운전자료 획득 및 부하변동에 따른 실험오차 최소화를 위하여 자동제어시스템을 구축하였으며, 가스 분석장비를 반응기 전후단에 설치하여 가스조성을 실시간 분석할 수 있도록 하였다. 촉매는 coal-firing에 적합한 물리/화학적 성상을 가진 하니컴 촉매 3종을 사용하였다. 다양한 조건에 대한 실험이 수행될 수 있도록 반응기는 선속도 및 촉매 깊이를 조절할 수 있게 설계되었으며, 유동균일화를 위한 안내깃 및 flow straightner가 설치되어 있다. 실험조건은 반응온도를 300℃~450℃, NH_3/NO 몰비를 0.6~1.2, 공간속도를 2800~7500h^{-1}, 유속을 0.58~2.33Nm/s로 변경시켜 NOx제거 성능실험을 수행하였다

3. 결과 및 고찰

그림 1은 선속도에 따른 NO 전환율과 NH_3 slip을 나타내고 있다. 공간속도 4200hr^{-1} 경우 선속도 1Nm/s이하에서 전환율이 감소하였으며 암모니아 slip은 증가했다. 이러한 현상은 "A"촉매의 경우 공간속도가 5600hr^{-1}으로 증가할 때 더욱 현저하게 나타났다. 그러나 "B"와 "C"촉매의 경우 전환율에서는 선속도에 의한 영향이 크게 나타나지 않았으나 암모니아 slip이 증가하는 선속도의 임계 지점이 1.5Nm/s 부근으로 증가했다. 이러한 결과로부터 촉매의 특성에 따라 다소 차이는 있지만 선속도가 증가할 경우 촉매의 활성도가 증가함을 알 수 있다. 그러나 선속도가 증가할 경우 촉매의 침식에 대한 우려와 압력손실 증가로 인한 추가 비용 문제가 발생하므로서 시스템 설계시 적정 범위의 선속도를 설정하는 것이 성능 및 비용 측면에서 효율적일 것이다.

그림 2는 선속도에 따른 압력손실 추이를 실험과 계산을 통해 표기하였으며, 계산은 Kays와 London의 압력차 계산 모델을 사용하였다. 계산결과 "B"와 "C"촉매의 경우는 실험치와 유사한 결과를 보여주고 있다. 압력손실은 선속도 증가에 대하여 거의 선형적으로 증가하고 있으며 촉매에 따라 상당한 차이가 나타난다. 이는 여러 요인이 있을 수 있지만 cell의 두께 및 void fraction에 의해 좌우되는 것으로 여

겨진다. 그림 1에서 활성도 측면에서는 "B"촉매가 "C"촉매에 비해 좋은 성능을 나타내고 있으나 압력손실 면에서는 거의 2배 가까이 높게 나타나고 있다. 따라서 시스템 설계시는 비용과 성능의 관계를 고려해서 촉매의 특성에 따라 적정한 범위의 설계인자를 설정하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.

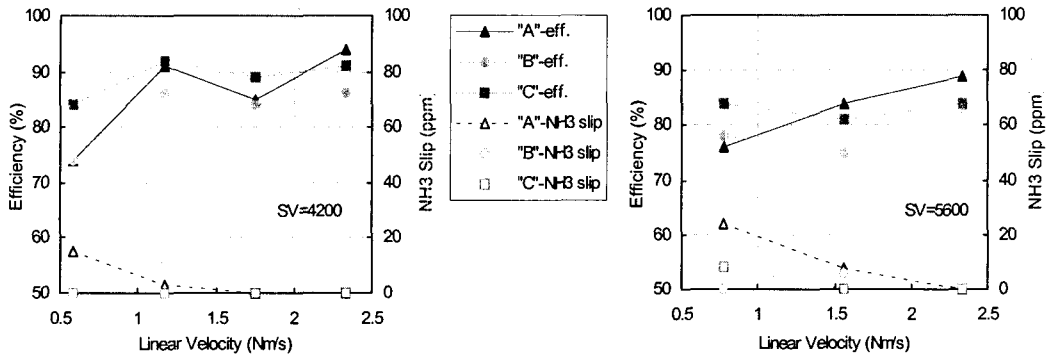

Fig. 1. The effects of linear velocity on NO conversion rate and NH_3 slip.(NO/NH_3=1.0, Temp.=350℃)

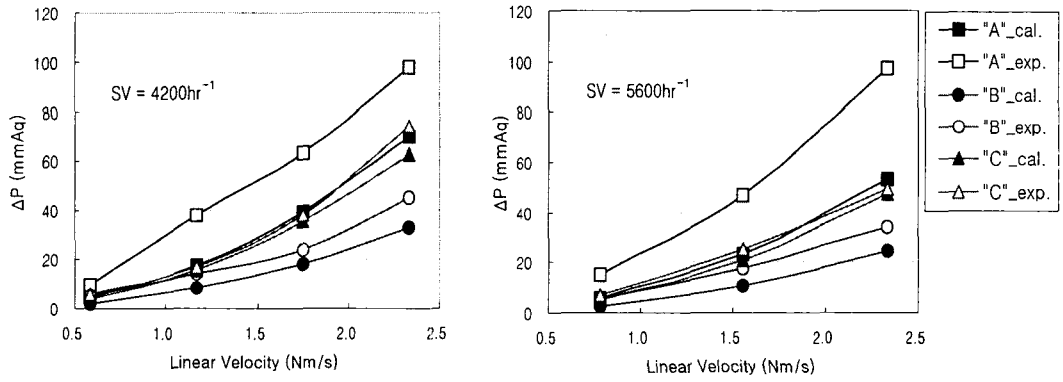

Fig. 2. Pressure drop of SCR catalyst with linear velocity.(NO/NH_3=1.0,Temp.=350℃)

참 고 문 헌

최훈 (1995) 「암모니아에 의한 질소산화물의 선택적 촉매 환원에서 구리이온이 교환된 제올라이트 촉매가 담지된 하니콤반응기 설계」, 포항공과대학교 대학원 박사학위논문

Cho, S.M. and Dubow, S.Z.(1992) Design of a Selective Catalytic Reduction System for NOx Abatement in a Coal-Fired Cogeneration Plant, Proc. of the 54th Annual Meeting of the American Power Conference, Vol. 78(8)

Gutberlet, H. and Schallert, B.(1993) Selective Catalytic Reduction of NOx from Coal Fired Power Plants, Catalysis Today, Vol. 16

Kays, W.M. and London, W.M.(1984) Compact Heat Exchangers(3rd edition), McGraw-Hill, 35-38