

PE9) 내연발전소에 실적용된 질소산화물 제거용 압출성형 V₂O₅/Sulfated TiO₂ 촉매의 장기운전 성능시험 Long Term Activity Test for V₂O₅/Sulfated TiO₂ de-NO_x Catalyst in Thermal Power Plant

이인영 · 김동화 · 이정빈 · 송광철
한국전력공사 전력연구원 구조연구실

1. 서 론

발전소 보일러와 같은 연소설비에서 발생하는 질소산화물(NO_x) 제거기술 중, 선택적촉매환원(Selective Catalytic Reduciton: SCR)공정은 질소산화물을 암모니아와 촉매상에서 반응시켜 무해한 질소와 물로 전환하는 기술로 높은 탈질을 및 안정적인 기술로 인하여 상업적으로 널리 이용되고 있다.(Bosch, 1988). 최근 유독한 암모니아 사용의 단점을 극복하고자 우레아를 대체 환원제로 사용하는 공정이 개발되어 내연기관 등에서 사용되고 있다(Koebel, 2000). 본 연구에서는 안료용 TiO₂의 중간생성물인 metatitanic acid를 원료로 한 하니컴 형태의 V₂O₅/Sulfated TiO₂ 촉매의 제조 기술을 개발, 외국의 상용 촉매와 비교하여 가격경쟁력과 우수한 성능을 가진 국산 SCR 촉매를 양산 할 수 있었으며, 양산된 촉매를 우레아를 환원제로 사용하는 10MW급 국내 내연 발전소 SCR 설비에 실 적용하여 8,000시간이상 장기 시험하여 기존의 외국 촉매보다 우수한 성능을 확인 할 수 있었다.

2. 연구 방법

2. 1 촉매

시험에 사용된 촉매는 안료용 TiO₂ 생산공정의 중간생성물인 metatitanic acid를 전처리한 후 촉매 담체로 이용하였다. 기계적 강도를 증가시키기 위하여 유,무기 바인더를 혼합한 후 활성물질인 오산화바나듐을 담지하여 압출, 건조 및 소성공정을 거쳐 하니컴 형태의 촉매로 제조하였다. 압출성형된 하나의 엘리먼트(element)는 156mm(W) × 156mm(L) × 618mm(H) 크기로 9개의 엘리먼트는 468mm(W) × 468mm(L) × 618mm(H) 크기의 모듈로 제작된다.

2. 2 적용발전소(A)

개발촉매가 적용된 "A" 발전소의 배연탈질설비는 배기가스중의 질소산화물(NO_x)을 환원제인 요소(urea)와 반응시켜 배출규제치(950ppm) 이하로 저감시키도록 운영되는 SCR설비이다. 사용되는 연료는 Bunker-C유를 사용하며 설계에 사용된 배기가스의 처리량은 약 72,700 Nm³/hr 이다. 배기가스의 조성은 산소 15%, 수분 4%, NO_x 1,400ppm 및 분진을 약 236 mg/Sm³ 정도 포함하고 있다.

"A" 발전소에는 발전기 1호기당 1개의 촉매반응기가 설치되어 있으며 이 반응기는 질소산화물 제거율 65% 이상, 미반응 암모니아 10ppm이하, NO₂ 10ppm 이하, 반응기에서의 차압은 195 mmH₂O 이하로 설계되었다.

2. 3 반응기 설치 위치 및 환원제

촉매반응기는 원통형의 수직반응기로 과급기(turbo charger) 전단에 위치하고 있다. 환원제를 공급하는 요소용액은 고체의 우레아를 물과 혼합하여 40%의 수용액으로 제조하였으며 분사노즐은 2 유체식 노즐 3개(120° 방향)로 exhaust header와 촉매 반응기 입구 구간의 덕트에 설치하여 분사되도록 하였다.

2. 4 반응기 구조

SCR 반응기는 2층(layer) 수직형(horizontal type) 구조로 각층은 3단의 촉매 모듈을 적층할 수 있도록 구성되어 촉매 적층가능한 단은 총 6단이며, 각 단은 21개의 촉매모듈로 구성됨. 최상층의 1단은 성능 향상을 위해 여유(spare)단으로 운영하여 추가적으로 촉매를 보충할 수 있도록 설계되었다(그림 1,2).

3. 결과 및 고찰

촉매가 장착 완료된 "A"발전소 4호기에 대하여 장시간의 성능시험을 수행하였으며, 촉매의 성능은 발

전기의 운전조건에 많은 영향을 받으므로 본 시험시 출력을 9.0MW에서 고정시킨 후, 성능시험을 진행하였다.

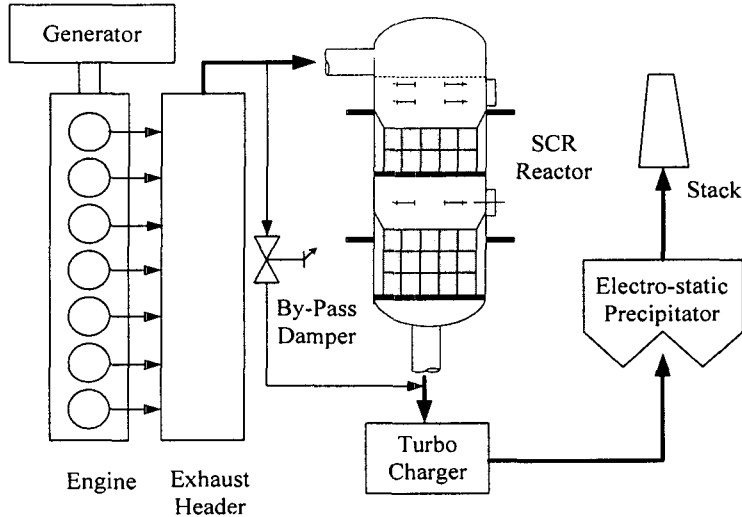


Fig. 1. "A" 발전소 SCR 설비 흐름도.

8,000시간 경과 후 4호기 성능시험 결과를 표 1에 나타내었다. 성능시험을 수행한 9.0MW 발전 부하에서의 반응기 입구 온도는 평균 380°C, 엔진 출기가스압력은 2.0Kg/cm²이고 배기가스유량은 68,500Nm³/hr 였다. 공간속도 4,800/hr에서 8,000시간 경과 후의 탈질효율은 목표치를 능가하는 77% 였다. 또한 이때의 NH₃ Slip 은 각각 1.5 ppm으로 5ppm 이하의 값을 보였다. 촉매층에서의 압력강하는 설비의 효율을 저하시키는 원인이 된다. 기존의 B사 촉매 전량을 사용할 때의 촉매반응기에서의 압력강하는 162 mmH₂O이며 본 촉매의 압력강하는 110~114mmH₂O로 기존 상용 촉매에 비하여 현저히 감소하였다. 이상의 결과로 국산 촉매가 탈질 효율 뿐 만 아니라 주요 운전 변수인 압력강하도 감소하는 효과를 보여 주어 실제 발전소 운전조건하에서의 촉매 성능을 입증할 수 있었다.

Table 1. 8,000시간 경과 성능시험 결과.

시험출력	측정항목	측정값	
9.0 MW	탈질율(%)	77	
	NOx 입구 농도(ppm)	2050	
	NOx 출구 농도(ppm)	474	
	우레아 주입량(l/min)	220	
	암모니아슬립(ppm)	1.5	
	압력 강하(mmH ₂ O)	110~114	
	O ₂ 농도(%)	입구	15.2
출구		15.4	

참 고 문 헌

- Bosch, H. and F. Janssen (1988) Catalytic reduction of nitrogen oxides-a review on the fundamentals and technology, Catalysis Today, Vol 2, 369-532.
- Koebel, M. Elsener, M. and Kleemann, M. (2000) Urea-scr: a promising technique to reduce NOx emissions from automotive diesel engines, Catalysis Today, Vol 59, 335-345.