

## 4F1) NOx 저감촉매의 집진필터 고착 특성에 대한연구 A Study on Coating Characteristics of Cleaning Filter for DeNOx Catalyst

최현덕 · 김상도\* · 정순관\* · 박영옥\* · 서용철

연세대학교 환경공학과, \*한국에너지기술연구원 대기청정기술연구센터

### 1. 서 론

산업용 보일러나 발전설비와 같은 대규모 고정원에서 다량 배출되는 NOx의 제거를 위한 여러 기술 중에서 현재 암모니아를 환원제로 사용하는 선택적 촉매 환원법(Selective Catalytic Reduction : SCR)이 가장 유망하며, 많은 연구와 더불어 선진국가에서 상업화되어 조업되고 있다[1]. SCR 공정은 시설투자 와 운전비가 비교적 저렴하고 높은 NOx 전환율(90%이상)과 폐수처리 등의 후처리 공정이 필요하지 않은 장점이 있다[2]. 실제 발전소 등에서 SCR 공정의 설치 위치는 크게 High dust system과 Low dust system과 Tail end system으로 분류할 수 있다. Tail end system의 경우 배가스중의 촉매 피독 원인 물질인 SOx와 dust에 의한 촉매의 활성저하는 완화시킬 수 있으나 SCR 촉매의 적정 조업온도인 300~400℃에 못 미친다. 때문에 적절한 NOx제거 활성을 얻기 위해 배가스를 재 가열해야 하므로 경제성이 떨어진다. 배가스의 온도가 약 300℃ 정도인 High dust system의 경우는 촉매의 환경저해 및 dust에 의한 plugging 등이 발생할 수 있다[1]. 따라서 이러한 문제점들을 해결하고 시스템을 열효율 향상과 처리비용 절감 및 장치설비 공간, 설치비용 등의 절감을 위해 촉매고착집진필터 제작에 중점을 두었다. 촉매고착집진필터 제작시 중요한 사항은 촉매의 고착량과 촉매를 고착할 때 사용되어지는 binder 선택 및 촉매표면의 눈막힘 현상을 방지하기 위해 고착된 촉매필터의 curing 조건을 결정하는 것과 집진필터로서의 기능을 수행하기 위한 pressure drop 정도를 테스트하여야 한다.

본 연구에서는 NOx 저감촉매를 집진필터에 고착시키기 위한 고착기술별 특성에 대해서 알아보고, 기초성능 실험을 통하여 NOx 제거율 특성에 대해서 알아보았다.

### 2. 실험

#### (1) 촉매특성

NOx 저감용 촉매로 MG-1은 MnO<sub>2</sub>, CaO 등의 혼합물로 되어 있으며, 특성으로는 150~250℃의 비교적 낮은 온도에서 NOx 제거 활성이 뛰어나다는 것이다. 상용촉매의 경우 바나듐-티타니아 혼합 촉매가 주로 사용되며 NOx제거 온도 범위는 250~350℃정도이다.

#### (2) 필터특성

촉매를 고착하기 위해 선정된 필터는 P84, NOMEX이며 P84는 Y자형 단면으로 넓은 표면적을 가지고 있으며, 내화특성이 뛰어나고 연속사용온도는 260℃ 정도이다. Nomex는 알칼리성에는 강하고 강산에는 약한 성질이 있으며, 연속사용온도는 200℃ 정도이다.

#### (3) 촉매고착실험

MG-1 촉매제를 P84, Nomex 필터에 Dip, 고압분무, sol-gel 조합 등의 고착기술을 이용하여 실험을 실시하였다.

##### 1) Dip 고착

촉매를 디아세톤, 에탄올 등의 유기용매와 무기용매인 과망간산칼륨 등의 용매에 5w%로 혼합한 후 선정된 필터에 함침시킨 후 꺼내어 air 분위기에서 건조한 후 curing 시켰다.

##### 2) 고압분무 고착

Dip 고착과 같은 유기 및 무기용매 혼합액을 고압분사노즐을 이용하여 2~5kg/cm<sup>2</sup>로 필터에 고착시킨 후 air 분위기에서 건조 후 curing 시켰다.

##### 3) sol-gel 고착

silica sol을 dipping 방법으로 필터의 표면에 입힌 후 촉매 분말을 도포하여 위의 방법과 마찬가지로 air 분위기에서 건조 후 curing 시켰다.

(4) NOx 제거 성능 실험

위의 방법으로 제작되어진 촉매고착집진필터의 기초 성능실험을 위한 장치는 연속흐름형 고정층 반응기이며, 주입가스는 NO, NH<sub>3</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> 등의 가스를 사용하였고 MFC로 농도를 조절하였으며 주입된 gas는 Mixing tank에서 충분히 혼합후 적용 온도까지 승온시켰다. 또한 반응기의 전·후에 thermocouple을 설치하여 실시간 온도를 확인하게 하였으며 Gas Analyzer (Eurotrom Greenline II)로 반응기의 입·출구 농도를 분석하였다. 실험조건은 적용온도를 150~250℃로 설정하였고 공간속도 5000hr<sup>-1</sup>, 가스농도는 400ppm, 산소농도 6%, NH<sub>3</sub>/NO 몰비는 1.0, 유량은 100cc/min 등으로 설정하여 각각의 촉매가 고착된 필터의 활성을 테스트하였다.

3. 실험결과 및 고찰

[그림 1]은 촉매를 필터에 고착시키기 위해 Dip 고착방법을 적용한 것이다. Dip 고착방법은 단지 필터의 표면에 촉매를 입히는 방법이기 때문에 필터의 표면에 많은 양의 촉매를 고착시키더라도 접착력이 약하기 때문에 반응기에 주입시 1" 크기로 자르는 과정에서 대부분의 촉매가 탈락되어 실제 고착된 촉매의 양은 0.004g/5cm<sup>2</sup> 미만인 것으로 측정되었고, 따라서 NOx 제거율이 낮은 것으로 나타났다.

[그림 2]는 고압분무고착방법으로 Dip 방법과는 달리 고압분무로 인해 필터의 표면뿐만 아니라 필터의 내부까지 어느 정도 촉매가 입혀진 것을 알 수 있다. 하지만 이 방법 역시 Dip 고착방법과 비교하여 촉매의 이착률이 적은 것으로 나타났지만 반응기에 주입하기 위한 절단과정에서 많은 양의 촉매가 탈락하는 현상이 나타나므로 NO 제거율은 낮은 것으로 나타났다.

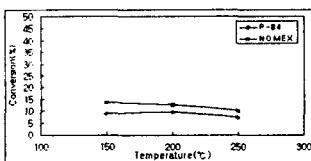
[그림 3]은 sol-gel 방법으로 고착한 결과이며 고착된 촉매의 양이 0.04g/5cm<sup>2</sup>가 고착되었다. 하지만 silica sol에 Dipping한 방식이기 때문에 필터의 표면에 얇은 막의 형태로 이루어져 이 역시 필터 절단 과정에서 촉매가 탈락되는 현상을 볼 수 있다. 또한 이 얇은 막이 필터의 표면을 덮쳐져 있어서 필터의 압력손실이 커서 필터로서의 성능을 제대로 수행하지 못할 것으로 보인다.

4. 결 론

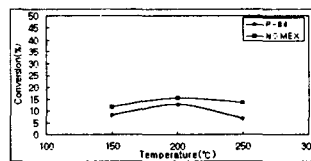
NOx를 제거하기 위해서는 필터에 고착되는 촉매의 양이 가장 큰 변수임을 알 수 있다. 고착기술에 대해서는 여러 가지 방법을 적용해본 결과 Dip 고착이나 고압분무 고착방법의 경우 어느 정도 한계가 있는 것으로 나타났으며 sol-gel 방법의 경우 다른 두 가지 방법에 비해 더 많은 양의 촉매를 부착시킬 수 있을 뿐만 아니라 표면에 균일한 층을 형성함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

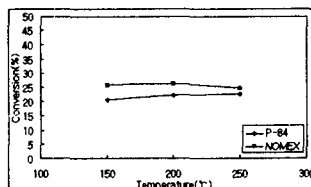
1. 최재호, 석사학위 논문, 포항공대 (1998).
2. 남인식, 촉매, 3 (1987) 5.



[그림 1] Dip고착방법에 의한 NO 제거 효율.



[그림 2] 고압분무고착방법에 의한 NO 제거 효율.



[그림 3] sol-gel고착방법에 의한 NO 제거 효율.