

PD3) NOx 및 먼지 동시제거용 촉매고착집진필터 제조 The Preparation of Catalytic Coated Filter for Simultaneous NOx and Particulate Control

김상도 · 최현덕 · 박영욱 · 송윤섭¹⁾ · 이영우¹⁾

한국에너지기술연구원 에너지환경연구부, ¹⁾충남대학교 화학공학과

1. 서 론

산업용 보일러나 발전설비와 같은 대규모 고정원에서 다량 배출되는 NOx는 시정장애, 온실효과뿐만 아니라 산성비의 원인으로 작용하며, 자외선 존재 하에 산소와 결합하여 광화학 smog를 유발시키는 등 문제를 초래하고 있다. NOx 저감기술은 크게 연소전 처리와 연소후처리로 나눌 수 있는데, 연소전 처리에 의해서는 40-70% 저감효과를 얻는 것으로 알려져 있어 어떤 형태로든 연소후 처리기술의 도입이 불가피하다. 연소후 처리기술로 가장 많이 사용되고 있는 기술은 암모니아를 환원제로 사용하는 선택적 촉매환원법(Selective Catalytic Reduction : SCR)이다. SCR 공정은 시설투자차와 운전비가 비교적 저렴하고 높은 NOx 전환율과 폐수처리 등의 후처리 공정이 필요하지 않다는 장점을 가지고 있다. 실제 발전소 등에서 SCR 공정의 설치 위치는 크게 나누어 보일러의 하단에 설치하는 High dust system과 집진공정을 거친 후에 설치하는 Low dust system과 Tail end system으로 분류할 수 있다(Leslie L.Slos et. at, 1992). 후자의 경우 배가스중에 포함되어 있는 촉매 피독 원인물질인 SOx와 dust에 의한 촉매의 활성저하는 완화시킬 수 있으나 SCR 촉매의 적정 조업온도인 300~400℃에 못 미친다. 그렇기 때문에 적절한 NOx제거 활성을 얻기 위해 배가스를 재 가열해야 하므로 경제성이 떨어진다. 배가스의 온도가 약 300℃ 정도인 High dust system의 경우는 촉매의 환경저하 및 dust에 의한 plugging 등이 발생할 수 있다(최재호, 1998).

따라서 이러한 문제를 해결하기 위하여 미국의 Owens-Corning Fiberglass사와 W.L.Gore & Associate사 등에서는 SCR 공정 대신 일반 부직포에 NOx 제거용 촉매를 코팅하는 촉매필터에 연구를 시도하였고, 일부는 상용화되고 있는 실정이다. 국내에서는 부직포에 대한 촉매코팅 시도는 없었고, 세라믹 필터에 V2O5/TiO2 혼합촉매를 담지한 필터의 제조에 대한 연구가 진행되고 있다(Joo-Hong Choi et. al, 2001).

본 연구에서는 200-250℃의 온도에 견딜 수 있는 부직포에 NOx 제거용 촉매를 고착시키는 촉매고착 집진필터 제조 가능성에 대하여 살펴보고, 기초성능실험을 통한 NOx 제거율 특성을 살펴보았다.

2. 연구 방법

NOx 저감용 촉매로는 국내의 매그린(주)에서 제조한 MG-1 촉매를 사용하였다. MG-1은 MnO₂, CaO 등의 혼합물로 되어 있으며, 150~250℃의 비교적 낮은 온도에서 NOx 제거 활성이 뛰어나다는 장점을 가지고 있다.

촉매를 고착하기 위해 선정된 부직포로는 P84(Polyimide), NOMEX(meta-aramid)가 선정되었다. P84의 경우 최고 적용온도가 260℃까지 사용 가능하며, 섬유형상이 Y자형 단면으로 되어있어 넓은 표면적을 가지고 있으며, 내화학성이 뛰어난 장점을 가지고 있다. Nomex는 최고 적용온도가 230℃까지 가능하며, 강산에는 약한 성질이 있으나 알칼리성은 강한 장점을 가지고 있다. 따라서 150-250℃에서 NOx 제거 활성이 좋은 MG-1 촉매를 고착시키는데 적절한 것으로 보여진다.

촉매를 부직포에 고착시키는 촉매고착집진필터를 제조하기 위하여 dip 고착방법, 고압분무 고착방법, sol-gel 조합 고착방법 등 세 가지의 고착방법을 적용하여 보았다.

dip 고착방법은 MG-1 촉매를 디아세톤, 에탄올 등의 유기용매와 과망간산칼륨 무기용매에 5w%로 혼합한 후 선정된 필터에 3분 정도 함침시킨 후 꺼내어 상온에서 건조한 후 200℃에서 2시간 정도 열처리하여 필터를 제조하였다.

고압분무 고착방법은 dip 고착방법과 같은 유기 및 무기용매 5w% 혼합용액을 4-6kg/cm² 정도의 고압으로 선정된 필터에 분사시킨 후 dip 고착방법과 같이 조건으로 필터를 제조하였다.

sol-gel 고착방법은 silica sol과 바인더를 첨가한 용액을 dipping 방식으로 필터의 한쪽 표면을 담지시킨 후 상온에서 건조시킨 후 90℃에서 열처리하여 제조하였다.

위와 같은 방법으로 제조된 촉매고착집진필터의 NO_x 제거 기초성능실험은 연속흐름형 고정층 반응기에서 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

NO_x 제거용 촉매는 먼지 및 SO_x 등에 의해 피독되므로 촉매고착집진필터의 경우에는 먼지가 부착되는 반대면에 촉매를 고착시켰다. 제조하고자 하는 촉매고착집진필터의 개념도는 그림 1과 같다. 먼지가 부착되는 필터의 표면은 membrane이 형성되어 있어 미세먼지까지 고효율로 포집가능하며, 필터를 통과하는 NO_x는 후면의 촉매층에 의해 N₂ 및 H₂O로 분해되어 배출된다.

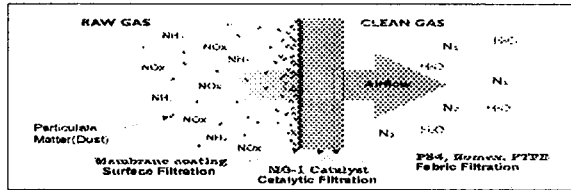
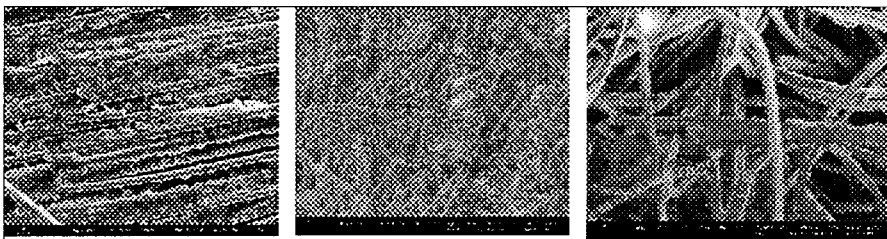


그림 1. Schematic diagram of catalytic coated filter.

그림 2는 촉매를 집진필터에 고착시켰을 경우 각각의 고착방법별로 촉매가 필터에 고착되어 있는 형상을 나타낸 것이다. dip 고착방법 및 고압분무 고착방법의 경우 필터에 부착되는 촉매의 양은 0.005~0.015/cm² 이며, sol-gel 고착방법의 경우 촉매량은 0.04g/cm² 정도로 나타났다. 그리고 dip 고착 및 고압분무 고착방법의 경우 촉매들이 필터 표면에 부착되어 있어 잘 떨어지는 것으로 나타났다.



(a) dipping method (b) spraying method (c) sol-gel method

Fig. 2 The SEM image of MG-1 coated on filter.

그림 3은 sol-gel 고착방법으로 촉매가 고착된 경우 NO 제거율에 대하여 기초성능실험결과이다. 적용온도는 150~250℃에서 이루어졌다. P84의 경우 70-80%의 제거율을 나타내었고, Nomex의 경우 60-65% 정도의 제거율을 나타내었다.

이상의 결과로 촉매를 부직포에 고착시켜 NO_x를 제거할 수 있음을 알 수 있었고, 앞으로 NO_x 제거 활성을 증가시키기 위하여 촉매 고착량을 증가시키기 위한 연구를 계속 진행할 예정이다.

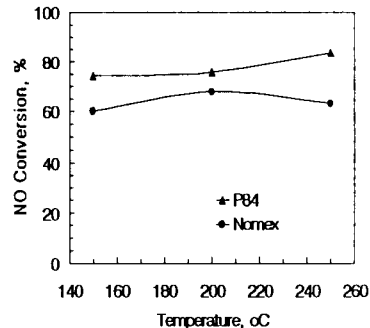


Fig. 3. NO conversion on the sol-gel method.

참 고 문 헌

최재호 (1998) 「SCR 기술을 발전소의 Air preheater에 적용하기 위한 PPR 개발」 포항공대 석사학위논문.
 Leslie L.Sloss, A.k. Hjalmarsson, H.n.Sound, L.M.Campbell, D.k. Stone, G.s. Shareef, Temmel, M.maibodi, C.d.Livengood, J.Markussen (1992) 「Nitrogen oxide control technology」 Noyes Corp.
 Joo-Hong, Choi, Sung-Kyoung Kim, Sun-Jong Ha and Young-Ok Park (2001) The Preparation of V2O5/TiO2 Catalyst Supported in the Ceramic Filter Candle for Selective Reduction of NO, KJChE, Vol. 18, NO4 456-462