

PC9)

Al/Al₂O₃가 코팅된 금속형 저압차 반응기의 질소 산화물
선택적 제거 반응에의 적용

Evaluation of Al / Al₂O₃ - Coated Wire-mesh
Honeycomb for NO_x SCR

최진성 · 양경식 · 정종식

포항공과대학교 화학공학과

1. 서 론

SO_x 등과 함께 대기오염 발생에 가장 크게 관여하는 NO_x를 제거 하고자 오래전부터 지금까지 많은 연구가 수행되어 왔다. NO_x가 배출되는 유형에 따라 발전소, 보일러 및 산업체와 같은 고정원에서 배출되는 경우와 자동차나 선박과 같은 이동원에서 배출되는 두 가지의 경우가 있다. 고정원에서 NO_x를 제거하는 가장 효율적인 방법은 암모니아에 의한 NO_x의 선택적 제거법(Selective Catalytic Reduction)으로 알려져 있다.⁽¹⁾⁻⁽²⁾

일반적으로 대량의 유체가 흐르는 촉매 반응에서는 압력차를 줄이기 위하여 저압차 반응기를 사용하게 되는데, 기존에 가장 많이 사용되고 있는 형태는 세라믹을 재질로 한 honeycomb 형태의 반응기이다. 그러나 세라믹 honeycomb 반응기들은 각각의 채널 사이가 상호 차단되어 있어 유량 흐름이 직각 방향으로의 상호 혼합이 불가능해진다는 단점을 가지고 있으며, 이러한 점을 보완하기 위해 본 실험에서는 wire-mesh를 사용한 honeycomb형 저압차 반응기를 제작하였다.⁽³⁾ 또한 wire-mesh honeycomb은 그 재질의 전기적 특성을 이용하여 electrophoretic deposition(이하 EPD)법을 이용하여 촉매 입자를 표면에 쉽게 코팅할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 실험에서는 wire-mesh를 이용하여 honeycomb 형태의 저압차 반응기를 개발하였으며, EPD법을 이용하여 촉매를 코팅한 저압차 반응기를 최종적으로 제작하였다. 또한 제작된 저압차 반응기를 이용해 NO_x의 선택적 제거 반응에 적용하여 그 활성을 기존의 ceramic honeycomb과 비교해 보았다.

2. 연구 방법

본 연구에서 촉매는 상용 NO_x 선택적 제거 촉매로 널리 사용되고 있는 2%V₂O₅-6%WO₃/TiO₂를 사용하였으며 적절한 binder를 섞어 slurry 형태로 만들어 wire-mesh honeycomb에 coating하여 실험을 수행하였다. Honeycomb의 재료로는 stainless steel을 사용하였으며, 촉매를 wire-mesh screen에 coating을 하기 위해서 본 연구에서는 mesh의 표면처리공정, EPD, washcoating에 의한 촉매의 코팅으로 이루어졌다. 표면처리공정에서는 stainless steel mesh 표면 위에서 코팅 물질이 우수한 부착력을 유지하기 위해서 산처리를 하는 과정을 거쳤다. EPD를 위해 dispersant로는 aluminum isopropoxide이 사용되었으며, washcoating을 위해 사용된 바인더로서는 colloidal silica와 PVA를 사용하였다.

9.98% NO gas(N₂ balance) 500ppm과 4.09%NH₃를 1:1로 반응 시켰다. 담지량, GHSV, 물의 양등을 변화시키면서 촉매의 활성을 ceramic honeycomb과 비교하여 보았다. 반응물인 NH₃는 물에 잘 녹으므로 반응기 전후로의 모든 line은 물의 응축을 방지하여 NH₃가 물에 녹아 농도가 변하는 것을 막기 위해서 100°C 이상으로 유지하였다. 분석은 chemiluminescent NO-NO_x analyzer (Thermo Environmental Instruments Inc., Model 42C)를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

Suspension의 조성을 바꾸어 가며 실험을 하였으며, aluminum isopropoxide의 농도가 5×10⁻³M, 전압은 100V, deposition time은 2분일 때 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었다. Aluminum powder가 코팅된 표면의 SEM 사진은 그림 1에 나타내었으며, 입자가 균일하게 코팅이 되어 있음을 알 수 있다.

본 그룹에서 기존에 제작된 wire-mesh는 그 표면에 얇은 alumina layer를 가지고 있으므로 표면적이

크며, 세공이 많아져 코팅량과 강도가 우수한 것을 알 수 있었다. 이렇게 제작된 wire-mesh honeycomb 에 촉매를 washcoating하면 그림 2와 같은 형태의 촉매 반응기를 만들 수 있었다. NOx 선택적 제거 반응에 적용하여 본 결과는 그림 3-6와 같다. 기존의 ceramic honeycomb반응기에 비해 낮은 온도에서도 95% 이상의 활성을 보임으로써 그 성능이 매우 우수함을 확인할 수 있었다(그림 3). 이와 같은 결과는 ceramic honeycomb에서는 채널 직각 방향으로는 혼합이 되지 않는데 비해 wire-mesh honeycomb의 경우엔 3방향으로 혼합이 가능하여 물질전달이 용이해져서 활성이 보다 높은 것으로 생각된다. 또한 물에 대한 저항성도 ceramic honeycomb 반응기에 비해 좋은 것을 확인할 수 있었다(그림 4). Wire-mesh honeycomb의 재질의 열전도성이 ceramic 에 비해 높아 같은 온도에서 정상상태로 가는 시간이 줄어들음을 알 수 있었다(그림 5). 마지막으로 그림 6에서와 같이 long term test를 통해서 wire-mesh honeycomb의 단점인 약한 부착강도를 EPD법을 통해 보완되어 ceramic과 같은 부착강도를 실제 반응에서 지속적으로 유지할 수 있었다.

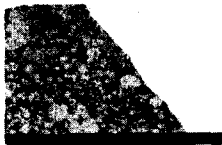


Fig. 1. SEM picture of wire coated with aluminum

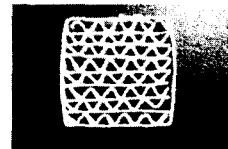


Fig. 2. Wire-mesh honeycomb

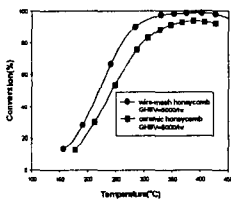


Fig. 3. NOx SCR efficiency

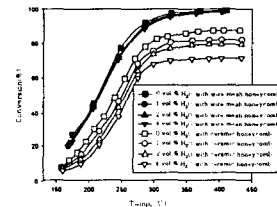


Fig. 4. Water effects for NOx SCR

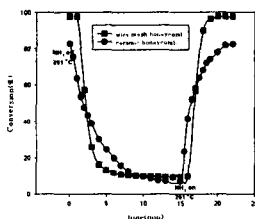


Fig. 5. Transient test

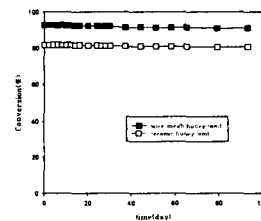


Fig. 6. Long term test

참고 문헌

- H. Bosch and F. Janssen, Catal. Today, 2 (1987), 40.
- H. Bosch and F. Janssen, Catal. Today, 2 (1988), 369-532.
- K.S. Chung, Z. Ziang, B.S. Gill, and J.S. Chung, Applied Catalysis A: General, 237 (2002), 81-89.
- K.S. Yang, Z. Jiang, and J.S. Chung, Surface and Coatings Technology, 168 (2003), 103-110.
- K.S. Chung, Z. Ziang and J.S. Chung, Chem. Eng. Sci., 58 (2003), 1103-1111.