

Packed bed형 반응기에서 NO_x제거에 미치는 슬러지의 촉매효과

박재윤* 이동훈* 고희석* 정장근* 배명환** 김종달***
 경남대학교 전기전자공학부* 경상대학교 수송기계 공학부** 동명대 전기과***

Catalytic effect of Sludge on NO_x removal in Packed bed reactor

Jae-Yoon Park, Dong-Hoon Lee, Hee-Suk Koh, Jang-Gun Jung
 Myung-Whan Bae, Jong-Dal Kim

Abstract - In this experiment, an attempt to use the sludge pellets as catalyst for NO removal from simulated gas is experimentally investigated by using BaTiO₃-sludge packed-bed reactor of plate-plate geometry. An experimental investigation has been conducted for NO concentration of 50(ppm) balanced with air, a gas flow rate of 5(l/min). BaTiO₃ pellets are filled at upstream of reactor for corona discharge and sludge pellets are put at downstream of reactor for catalytic effect. The volume rate of sludge pellets to BaTiO₃ pellets is 50(%) and AC voltage to discharge the gases was supplied.

In the result, when sludge pellets is separated to BaTiO₃ by other reactor and AC voltage is supplied to BaTiO₃ and sludge pellets NO, NO₂ removal rate is higher. When gas temperature increase from room temperature to 100(°C), NO removal is decreased while NO₂ concentration is independent on gas temperature. This result suggest that the removal mechanism of active oxyzen species and NO₂ in sludge is not absorption, but chemical reaction. Temperature of heating treatment is on sludge pellets increased, NO_x removal rate is decrease. It is thought that organic compound is removed by heating treatment

1. 서 론

현대사회는 급속한 공업화로 인하여 문명의 발전을 이루었지만, 산업화와 도시화의 가속으로 인해 현재 전세계가 심각한 환경 파괴의 문제에 봉착하였다. 이미 이러한 공업화로 인한 환경파괴의 문제점이 지구 곳곳에서 나타나기 시작하였고, 그 파괴의 속도가 급속하게 증가하고 있으며, 피해규모도 크게 증가하는 추세에 있다. 특히 그동안 수질오염문제에 비해 그 심각성이 비교적 적었던 대기오염이 새로운 환경문제로 대두되었으며, 세계각국이 그 심각성을 깨닫고 문제 해결에 관심을 갖기 시작하였다. 대기의 오염을 발생시키는 여러 가지 오염물질이 있지만 각종 화석 연료의 연소로부터 발생되어지는 NO_x, SO_x, CO 및 CO₂는 대기 오염의 주원인으로 나타나고 있으며, 그 외 각종 유기화학물질인 VOCs 등이 있다. 여기서 질소 산화물(NO_x)의 대부분은 산업체의 연소 가스, 소각로 및 자동차 배기가스에 다량으로 포함되어 있으며, 산성비와 오존층 파괴 등 생물에 직·간접적으로 상당한 피해를 입히고 있다. 현재 많은 연구자들이 NO_x처리에 관한 연구를 활발히 진행하고 있으며, 간단하면서도 NO_x의 제거 효율을 높이기 위한 기술개발 및 보급이 급진전되고 있는 실정이다.^{(1)~(3)} 여러 가지 방법중에 실용화 기술로는 일반적으로 전기방전을 이용하는 열플라즈마와 비열플라즈마의 기술이 사용되고

있다.^{(4)~(7)}

본 논문은 전기방전을 이용하는 방법중에 비열플라즈마법인 BaTiO₃^{(8)~(9)}와 슬러지를 채운 Packed-bed형 반응기를 사용하여 슬러지가 NO_x제거에 미치는 촉매효과를 측정하고 분석하였다. 또한 가스온도의 변화, 슬러지의 열처리에 의한 영향, 슬러지의 구성에 의한 영향 등을 측정하고 분석하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 방법

본 실험에서 사용한 실험장치의 개략도와 반응기의 형태를 그림 1과 그림 2에 나타내었다. 가스의 유량과 온도는 MFC(Mass Flow Controller)와 Drying Oven(FO-600M)을 사용하여 조절하였다. 반응기는 투명아크릴수지를 사용하여 제작하였으며, 전극은 동판을 아크릴판에 부착하여 사용하였다. 반응기에 인가되는 전압은 네온트랜스를 사용하여 AC전압을 인가하였으며, 가스의 농도 및 오존농도는 Green Line MK2와 Ozone Analyzer(Model 8810)를 사용하여 반응기 전·후의 농도를 측정하였다. 실험에 사용한 반응기는 그림 2에서 나타낸 것과 같이 2가지 형태를 사용하였다.

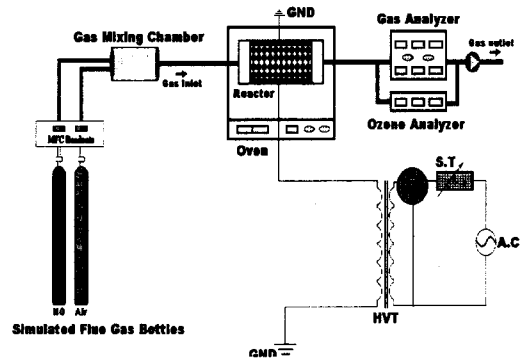
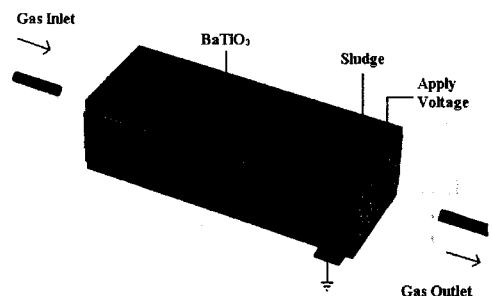


그림 1 실험장치 개략도
 Fig. 1 Experimental setup



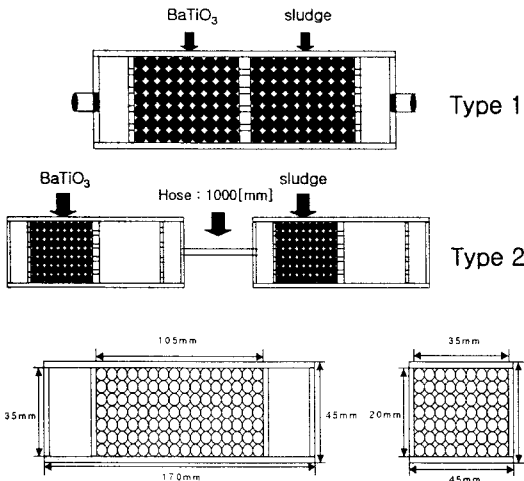


그림 2 리액터 형태
Fig. 2 Reactor configuration

2.2 실험결과 및 고찰

2.2.1 반응기 형태의 영향

그림3은 BaTiO₃ 펠렛의 바로 뒷부분에 슬러지 펠렛을 채운 type 1과 BaTiO₃와 슬러지 펠렛을 각각 다른 반응기에 넣고 각각의 반응기를 길이가 1[m]인 호스로 연결한 type 2에서 반응기에 주입되는 SE(specific energy)의 변화에 따른 NO, NO₂농도변화를 나타낸 그림이다. 이때 BaTiO₃ 펠렛에만 고전압을 인가하고 슬러지 펠렛에는 전압을 인가하지 않았다. 그림에서 BaTiO₃와 슬러지를 각각 다른 반응기에 넣었을 때인 type 2에서 NO, NO₂농도가 BaTiO₃와 슬러지를 한 반응기에 넣었을 때인 type 1에서의 농도보다 더 많이 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 BaTiO₃와 슬러지를 한 반응기에 넣었을 때는 BaTiO₃에 의해 분해된 O, O₃등이 NO와 반응하여 완전히 NO₂로 산화변환되지 못하고 슬러지가 채워진 반응기로 이동하지만, BaTiO₃와 슬러지를 각각 다른 반응기에 넣었을 때는 BaTiO₃의 방전에 의해 분해된 활성산소들이 호스(1[m])를 지나면서 완전히 NO₂로 산화된 다음 슬러지와 반응함으로써 NO와 NO₂의 감소되는 농도가 더 많은 것으로 사료된다. 이로서 슬러지는 NO, O, O₃보다는, NO₂와의 반응성이 더 좋은 것으로 사료된다.

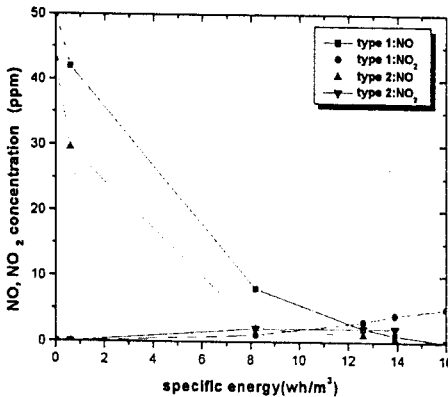


그림 3 specific energy에 따른 NO, NO₂
Fig. 3 NO, NO₂ concentration vs specific energy

그림4, 5는 BaTiO₃와 슬러지를 같은 반응기에 넣은 경우와 각각 다른 반응기에 넣은 경우, 전압인가의 방법에 따른 NO와 NO₂의 농도변화를 나타낸 그림이다. 슬러지에 AC고전압을 인가한 경우와 인가하지 않은 경우를 비교하여 나타낸 것이다. 그림에서 BaTiO₃와 슬러지를 각각 다른 반응기에 넣은 경우인 type 2에서 제거되는 NO농도가 더 많은 것을 알 수 있다. 또한 슬러지에 전압을 인가한 경우가 NO제거량이 많은 것으로 나타났다. 반면 그림 5에서 나타난 것과 같이 type 1반응기에서는 슬러지에 전압을 인가한 경우가 NO₂제거량이 적은 것을 볼 수 있다.

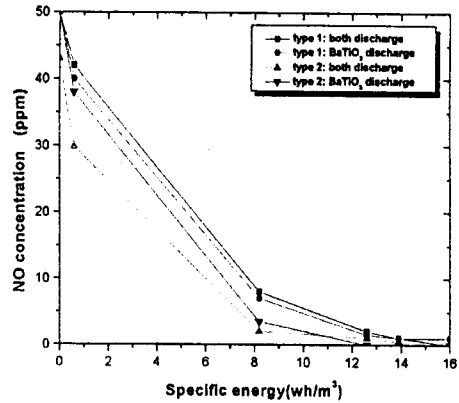


그림 4 specific energy에 따른 NO
Fig. 4 NO concentration vs specific energy

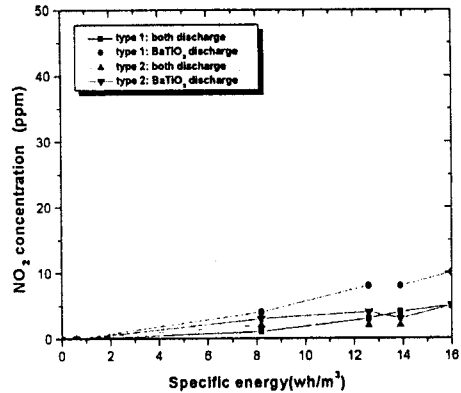


그림 5 specific energy에 따른 NO₂
Fig. 5 NO₂ concentration vs specific energy

2.2.2 온도의 영향

그림6은 type 1반응기를 오븐안에 놓고 NO농도(50[ppm])와 유량(5[l/min])을 일정하게 유지하고 가스온도를 변화시켰을 때, NO와 NO₂의 농도변화를 나타낸 그림이다. 그림에서 온도가 상승하면 NO농도는 증가하나 NO₂농도는 일정한 것을 알 수 있다. 이는 온도가 상승하면 BaTiO₃의 유전율이 변화되고, 따라서 펠렛접촉부의 방전이 불안정해지므로, NO가 NO₂로 산화반응이 잘 일어나지 않기 때문인 것으로 사료된다. 온도가 상승하면 흡착이 아닌 탈착이 일어나는데 여기서 NO₂의 농도가 일정하게 유지되는 것으로 보아 슬러지에서 NO₂, 활성산소 O, O₃등의 제거반응은 흡착에 의

한 것이 아닌 화학반응에 의한 것이라 사료된다.

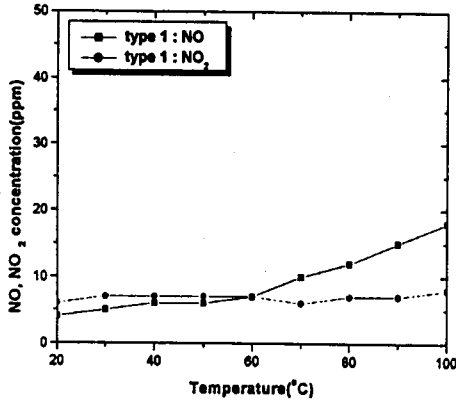


그림 6 온도변화에 따른 NO, NO₂농도
Fig. 6 NO, NO₂ concentration vs temperature

2.2.3 열처리의 영향

그림 7은 슬러지를 온도에 따라 열처리하였을때의 NO_x제거율을 나타낸 그림이다. 열처리는 N₂분위기에서 400, 500, 600(°C)로 하였다. 그림에서 열처리 온도가 상승할수록 NO_x제거율은 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 슬러지에 포함된 유기화합물이 NO의 분해와 NO₂와의 반응에 관여하는 것을 나타내고 있으며, 열처리에 의해 이 유기화합물이 제거되기 때문이라 사료된다.

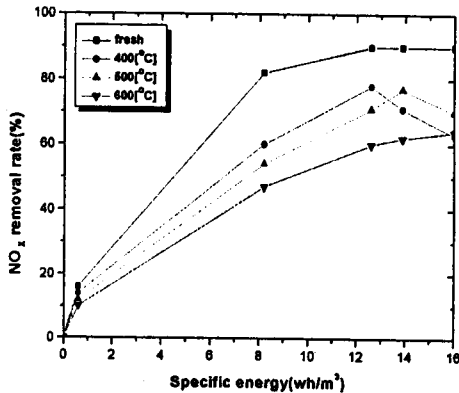


그림 7 열처리 온도에 따른 NO_x제거율
Fig. 7 NO_x removal rate as function of heating temperature of sludge

3. 결 론

본 연구에서는 BaTiO₃-슬러지 hybrid packed bed 형 반응기에서 NO_x제거특성 및 부산물(NO₂, O₃)생성 특성을 측정하고 NO_x제거에 미치는 슬러지 펠렛의 영향을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) BaTiO₃와 슬러지가 하나의 반응기 안에 같이 들어있는 경우보다 BaTiO₃와 슬러지가 각각 다른 반응기에 들어있는 경우 NO, NO₂의 제거되는 양이 많았다.

(2) 온도가 증가할수록 NO₂농도는 변화가 없었으나 NO의 제거량이 조금씩 감소하였다. 온도가 증가할수록 BaTiO₃의 유전율이 감소하여 코로나방전의 강도가 감소하여 NO가 NO₂로 산화되는 양이 줄어들기 때문이다. 따라서 BaTiO₃-슬러지 하이브리드형 반응기에서 NO_x제거 메카니즘은 슬러지가 활성산소나 NO₂를 흡착

하는 것이 아니라 슬러지와 이들 사이의 화학반응에 의해 제거되는 것으로 사료된다.

(3) 슬러지의 열처리 온도가 증가할수록 NO_x제거율은 감소하였다. 이것은 슬러지의 열처리 온도가 증가할수록 슬러지내부에 포함된 유기화합물의 양이 줄어들기 때문이라 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1] K. Mizuno, K. Yanagihara, K. Kinoshita, H. Tsunoda, H. Kim and S. Katsura, "Effect of Additives and Catalysts on Removal of Nitrogen Oxides Using Pulsed Discharge" Proc. of 1996 IEEE-IAS Annual Meeting., Oct. 6~10, San Diego, CA, Vol. 3, pp 1808~1812, 1996
- [2] J. S. Chang, K. Urashima, M. Arquilla, T. Ito, "Reduction of NO_x from Combustion flue Gases by Corona discharge activate Methane radical Injections", Combust. Sci. and Tech., Vol. 133, pp. 31~47, 1998
- [3] H. Shaw, "Aqueous Solution Scrubbing for NO_x Control in Munitions Incineration", The Amr. Soc. of Mechanical Engineers, August 1976.
- [4] S. Pekarek, J. Rosenkranz, and H. Lonekova, "Generation of electron beam for technological processes", Non-Thermal plasma Techniques for Pollution Control Part A, Springer-Verlag Pub. Co., pp. 345~389, 1993.
- [5] K. Kawamura, S. Aoki, H. Kimura, K. Adachi, T. Katayama, K. Kengaku and Y. Sawada, "Electron beam dry flue gas treatment process", Environ. Sci. & Tech., 14, pp. 288~293, 1980
- [6] Akira Mizuno, Yoshifumi Yamazaki, Hiroshito and Hiroshi Yoshida, "Ac energized ferroelectric pellet bed gas cleaner", IEEE Trans. on IAS, Vol. 28, No. 3, pp. 535~540, 1992
- [7] Kazuo Shimizu, Hiroyuki Sone, Akira Mizuno, "Effect of water on NO_x removal using pulsed discharge plasma", 靜電氣學會講演論文集, pp. 355~358, 1993
- [8] 주현규, 전명석, 이태규, "광촉매의 이용과 적용", J. of KSEE Vol. 21, No. 6, pp. 1231~1240
- [9] 최기범, 한웅화, 박순자, "분위기변화에 따른 BaTiO₃의 전기적 특성연구", Journal of the Korean Society, Vol. 28m No. 3, pp. 179~188, 1991

감사의 글

본 논문은 2000년도 한국과학재단의 목적기초 연구비 (과제번호:2000-2-30400-010-3)지원에 의하여 지원되었음.