

디젤엔진에 SCR에 사용되는 Zeolite와 Vanadium 촉매의 NH₃ 흡착 및

저온 NO_x 저감 특성 비교 연구

김 양 화¹⁾ · 김 홍 석^{*2)} · 임 옥 택³⁾

울산대학교 기계자동차공학과¹⁾ · 울산대학교 기계공학부²⁾ · 한국기계연구원³⁾

Comparison of NH₃ adsorption and low-temperature NO_x reduction characteristics of Zeolite and vanadium catalysts used in diesel engine SCR

Yanghwa Kim¹⁾ · Hong Suk Kim^{*2)} · Ockteack Lim³⁾

Ulsan University^{1,3)}, Korea Institute of Machinery & Materials^{*2)}

Key words : Selective Catalytic Reaction(선택적 환원 촉매), Cu-zeolite catalyst(구리 제올라이트), Vanadium Catalyst(바나듐 촉매), NH₃ adsorption(암모니아 흡착), NH₃ desorption(암모니아 탈착)

* 김홍석, E-mail: hong Suk@kimm.re.kr

오늘날 대기오염이 심화됨에 따라 큰 문제로 대두되고 있으며, 배출가스 규제 또한 점점 더 강화되고 있다. 디젤 엔진에서 발생하는 배출가스 중 질소산화물(NO_x)은 대기오염의 주요 물질이기 때문에 세계 각국은 zero NO_x를 목표로 하고 있다. 강화되는 배출가스 기준을 만족시키기 위해 다양한 기술들이 연구되어왔다. 그 중 SCR(Selective Catalytic Reaction, 선택적 환원 촉매)은 매우 효과적인 NO_x 저감 방법으로 현재 상용화된 기술이다. SCR은 효과적인 NO_x 저감 기술인 만큼 많은 연구가 진행되었으며, 이에 저감효율과 내구성 향상 등의 발전을 이루었다. 그러나 SCR은 저온 조건에서 낮은 NO_x 저감률이라는 단점을 가진다. 강화되는 배출가스 규제 만족과 더 나아가 zero NO_x를 달성하기 위해서는 저온조건 SCR의 성능개선이 필수적이다.

많은 연구자들의 SCR 촉매 연구를 통하여 촉매 내부에 NH₃ 흡착 site가 여러 개 존재하고, NH₃가 흡착된 site와 반응에 참여하는 화학 종에 따라 SCR 반응 mechanism이 달라지는 것을 알아내었다. 이러한 연구를 통하여 촉매의 NH₃ 흡착 특성과 SCR 반응에 대한 이해도가 높아졌으며, NH₃ 분사량 제어를 통해 저온 조건에서 NO_x 저감률을 향상시키는 연구 또한 이루어졌다. 촉매의 NH₃ 흡착특성에 따라 SCR 반응 mechanism이 달라지기 때문에 이를 파악하는 것은 매우 중요하다.

이전 연구를 통해 Zeolite 촉매에는 세 개의 NH₃ 흡착 peak가 존재하며, 이를 NH₃ 탈착온도에 따라 LT/IT/HT peak로 구분하였다. 이번 연구에서는 Zeolite와 Vanadium 촉매의 NH₃ 흡착 peak와 각 peak에 흡착된 NH₃의 NO_x 저감 특성을 비교하였다. Zeolite와 Vanadium 촉매는 화학적으로 다른 구조를 가지기 때문에 acid site와 NH₃의 흡착 형태의 차이가 발생한다. 따라서 같은 실험 조건에서도 다른 SCR mechanism을 가지게 된다. 이를 토대로 다양한 실험조건에서 NO_x 저감 특성을 비교하고, SCR mechanism을 추론한다. 이 연구 결과를 통해 zeolite와 Vanadium 촉매의 저온 조건에서의 SCR 반응 mechanism을 파악하여 향후 저온 SCR 효율 향상을 위한 정보를 제공할 것으로 보인다.

※후기: 본 연구는 한국기계연구원 2023년도 기본사업 미세먼지(PM2.5) 및 온실가스 대응 미래발전/동력시스템 초정정 기계기술 개발(NK234A)으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.