

디젤엔진의 SCR에서 저온 NO_x 저감 성능 개선을 위한 암모니아와 오존 가스 동시 분사 효과에 관한 연구

강 원 모^{*1)} · 김 홍 석²⁾

과학기술연합대학원대학교 환경에너지기계공학과¹⁾ · 한국기계연구원²⁾

A Study on the Effect of Simultaneous Injection of Ammonia and Ozone Gas for Improving Low-Temperature NO_x Reduction Performance in SCR of Diesel Engine

Wonmo Kang^{*1)} · Hongsuk Kim²⁾

University of Science and Technology^{*1)}, Korea Institute of Machinery and Materials²⁾

Key words : Ozone(O₃, 오존), Oxide of nitrogen(NO_x, 질소 산화물), Low temperature(저온), Selective Catalytic Reduction(SCR, 선택적 환원 촉매), Ammonia(NH₃, 암모니아)

* 강원모, E-mail: kwm0118@kimm.re.kr

NO_x 는 기관지염, 폐렴 등으로 호흡기관에 피해를 주며 휘발성 유기화합물(VOC)과 반응하여 대기권에 오존을 생성한다. 전체 NO_x 배출량 중 상당한 비율이 디젤 엔진에서 발생하기 때문에 CARB(California Air Resources Board)에서는 on-road heavy duty 디젤 엔진을 대상으로 2027년까지 NO_x 배출량을 현재 배기규제보다 90% 감소한 0.02 g/bhp-hr로 규제할 계획이다. 디젤 엔진의 SCR은 배출가스 온도가 200~500℃인 일반적 엔진 운전조건에서 NO_x 저감효율이 90% 이상으로 높지만 배출가스 온도가 200 ℃미만인 cold start 조건에서는 NO_x 저감 성능이 매우 낮아서 대폭적인 상승이 필요할 것으로 보인다. 그러나 촉매 활성이 낮은 저온 영역에서 NO_x 저감 효율을 높이는 것은 매우 어렵다.

본 연구에서는 저온조건에서의 NO_x 저감 성능을 높이고자 SCR 전단에 암모니아뿐만 아니라 오존을 같이 분사하는 연구를 하였다. 대부분의 선행 연구들은 크기가 매우 작은 간이 촉매를 이용한 적은 유량의 실험실 규모로 진행되었다. 따라서 이 연구는 현재까지의 사전 연구 분석결과 실제 차량용 엔진의 SCR 촉매 전단에 오존을 분사하여 NO_x 저감 성능을 확인한 최초의 연구라는 의미를 갖는다. 또한, 한국기계연구원에서 다년간 개발하여왔던 고체 암모늄을 이용한 암모니아 가스 공급 기술에 오존 분사를 추가하여 저온 NO_x 저감 성능을 향상시키는 SCR 시스템의 개발이라는 의미가 있다. 본 연구는 배기량 3.9 L 디젤 엔진과 상용 Cu-Zeolite SCR 촉매를 이용하여 수행되었다. 오존 분사량 및 분사 위치에 따른 NO의 산화 특성과 암모니아와 오존 동시 분사에 따른 NO 및 암모니아의 산화 특성을 연구하였다. 또한, SCR 전단에 오존 분사에 따른 NO_x 저감 특성을 연구하였다. 이와 같은 연구를 통해서 오존과 NO의 반응속도는 매우 빠르며, 이에 따라 오존에 의해 NO가 전부 산화된 이후에 눈에 띄는 암모니아와 오존 산화 반응을 확인할 수 있었다. 또한 SCR 전단에서 오존 분사 결과 저온에서 NO_x가 저감되는 것을 확인할 수 있었다. 오존을 적정량 분사하였을 경우에는 NO가 NO₂로 산화되어 “Fast SCR” 조건이 형성됨에 따라 저온에서 SCR 반응이 향상되는 것으로 보이지만, 이 저온 NO_x 저감 특성 향상은 NO₂와 암모니아의 반응에 따른 ammonium nitrate 생성의 영향과 오존 과잉 분사 시 발생하는 N₂O₅에 의해 SCR 반응 메커니즘도 영향을 받을 가능성이 있을 것으로 보인다.

*후기: 본 연구는 한국기계연구원 주요사업 “미세먼지(PM2.5) 및 온실가스 대응 미래발전/동력시스템 초청정 기계기술”과제의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.