

## 2. 선박 주기관용 SCR 시스템 개발에 관한 연구

기관공학과 장 성 환  
지도교수 최 재 성

환경오염에 관한 관심이 급속도로 증가하고 있는 가운데 디젤기관의 배기배출물에 관한 규제가 대양을 향해하는 선박기관에도 적용되기에 이르렀다. 선박용 디젤기관으로부터 배출되는 유해물질로는 NOx, SOx, CO, Soot(수트, 그을음) 및 HC 등을 들 수 있으며, 이들을 저감시키기 위한 다양한 방법 등이 연구 발표되고 있다.

황산화물(SOx)은 연료가 원인이므로 탈황처리로 제거할 수 있고, 일산화탄소(CO)는 완전연소나 희박연소방법으로 저감할 수 있으며, 수트나 미연탄화수소(HC)는 연소상태나 연소조건을 개선함으로써 저감할 수 있다. 그러나 질소산화물(NOx) 저감은 연료소비율과 상반관계(trade off)에 있기 때문에 아직까지 다양한 저감대책이 연구되고 있는 실정이다.

1997년에 개최된 IMO의 MEPC에서는 NOx에 관하여는 2000년 1월 1일부터 건조되는 선박에 대한 질소산화물배출규제를 결정하기에 이르렀으며, 이러한 IMO의 규제는 앞으로도 계속 강화될 것이기 때문에 이에 대한 대책을 강구할 필요가 있다. 또한, NOx저감을 위한 대책은 일반적으로 기관의 연료소비율 증가를 동반하기 때문에 경제성을 악화시키는 한 요인으로 작용하고 있으며 연료소비율의 악화 없이 NOx를 저감시킬 수 있는 대책이 강구되어야 할 것이다.

NOx저감을 위한 방법으로는 크게 연소과정에서 NOx를 저감하는 전처리방법과 연소가 끝난 배기가스를 촉매를 이용하여 환원시키는 후처리방법으로 나누어질 수 있다.

전처리 방법은 NOx의 근원적인 제거를 목적으로 하는 것으로서 특히 디젤기관은 열효율이 높기 때문에 배출되는 NOx의 80~90% 정도는 연소과정중 1800 K이상의 고온영역에서 공기중의 질소(N<sub>2</sub>)의 산화에 의해 생성되는 열생성 NOx(Thermal NOx)가 차지하므로 이러한 열생성 NOx를 저감하기 위한 방법들이 연구 중이며, 저감 효과는 25~50% 정도이나 이러한 방법들은 대개 연료소비량의 증가를 동반한다.

그에 비해 후처리 방법은 연소를 마친 배기가스에 암모니아를 혼합시킴으로써 NOx를 H<sub>2</sub>O와 N<sub>2</sub>로 환원시키는 방법(SCR, Selective Catalytic Reduction, 선택적 촉매환원법)으로 저감 효과는 90%이상 되지만 장치의 설치면적, 촉매와 장치의 고가, 유지관리비의 고비용 등의 문제가 있다. 그렇지만, 높은 정화율과 연료소비율에도 영향을 최소화할 수 있는 방법으로서 SCR 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 이미 이를 적용한 한국의 상선이 운항 중에 있다.

그러나, SCR 시스템을 선박에 이용하고자 할 경우 육상기관의 경우와는 달리 선박운항에 따라 배기가스의 조성, 온도 및 유량이 달라지게 된다. 이러한 실선운전시의 시스템의 운전인

자가 정화성능에 미치는 영향을 파악하기 위하여 한국해양대학교 실습선 한나라호에 SCR 시스템의 시작품을 설치·실험하였으며, 또한 환원제로 사용하는 암모니아 가스는 강한 독성과 부식성으로 인해 장시간 해상에서 독립적으로 움직이는 선박의 경우 저장과 취급에 어려움이 있음에 따라, 취급에 용이한 우레아(urea)를 환원제로 사용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) NO<sub>x</sub>의 정화성능에 미치는 가장 중요한 인자는 배기가스온도이다. 현 실험장치에서 NO<sub>x</sub> 배출 농도를 저농도(200ppm 이하)로 유지하기 위해서는 배기가스 온도가 고온(350℃ 이상)으로 유지되어야 하며, 배기가스 온도가 높을수록 NO<sub>x</sub> 제거 성능은 향상되었다. 특히, 배기가스 온도가 400℃인 경우에는 다른 운전조건에 관계없이 양호한 성능을 나타내는 것으로 파악되었고, 암모니아 슬립 또한 현저히 감소하였다.
- (2) 환원제로서 우레아를 이용할 경우 암모니아로의 전환율이 정화성능에 중요한 인자가 되며, 이를 위하여 혼합기 및 반응기의 내부구조를 최적화 하여야 한다.
- (3) SCR 시스템은 그 특성에 기인하는 정화한계가 있으며, 시스템을 최소화하기 위하여 이를 고려한 최적설계가 요구된다.
- (4) 압출 촉매와 워쉬코팅 촉매는 정화성능에 있어서 큰 차이를 보이지는 않았으나, 열화 성능에 있어서는 차이를 나타냈다. 즉 워쉬코팅 촉매의 열화에 의한 성능저하가 압출 촉매에 비하여 크게 나타났으며, 이는 운전 중 촉매입자가 구조물에 부착되지 못하고 분리되는 현상에 기인하는 영향도 관계가 있다고 추정된다.
- (5) 촉매의 활성 저하 예방조치로서 수트의 침착을 방지하는 수트 블로워의 이용이 효과적임을 알 수 있었다.

또한, 선박의 입·출항과 같은 과도기 운전결과로부터 NO<sub>x</sub> 배출농도와 기관회전수 사이에는 시간지연이 존재함이 밝혀졌다. 따라서, 배기가스중의 NO<sub>x</sub> 저감을 위하여 SCR 시스템을 이용할 경우에는 PID 제어 등 NO<sub>x</sub> 배출 농도를 제어하기 위한 다양한 방법에 관한 연구가 계속되어야 한다고 생각한다.

### 3. 보간-LQ 기법을 이용한 컨테이너 크레인의 강인한 제어기 설계

기관공학과 이 영 재  
지도교수 소 명 옥

한국의 컨테이너 항만은 동북아 거점항만으로서의 지위를 선점하고 세계적인 경쟁항만으