

디젤 엔진의 PM 저감을 위한 기술

조규백⁺·김홍석¹·남정길¹

The DePM Technologies for Diesel Engine

Gyubaek Cho⁺, Hongsuk Kim¹, Jeonggil Nam²

1. 서론

자동차용 디젤 엔진과 선박용 디젤엔진은 많은 부분에서 유사성을 가지면서도 일정부분 차이점을 갖고 있다. 그리고 많은 기술들이 자동차용 디젤엔진에 우선 적용되며 일정 시간후 선박용 디젤엔진에 순차적으로 적용되고 있는 실정이다. 그러나 배출가스 처리기술인 후처리기술의 경우에는 차량용 엔진과 선박용엔진과의 차이가 커 자동차용 기술을 곧바로 선박용엔진에 적용하기에는 어려움이 많다. 특히 입자상 물질(PM : Particulate Matter)을 줄이기 위한 DPF 기술은 두 엔진의 사용연료, 사용조건, 시스템의 요구조건 등이 상이하다.

자동차 엔진용 DPF기술은 필터기술, 촉매기술, 담체기술, 재생기술 등이 핵심이며 이 기술들은 개념 정립단계를 넘어, 실증화 단계 및 기업화 단계를 넘어 현재 최적화 및 Cost 저감단계까지 발전하였으나 선박용 엔진에서의 DePM 기술은 아직까지 개념정리 단계로 수많은 시스템들이 제안되고 있으며 검증을 위한 단계를 거치고 있는 수준이다. 이에 두 엔진에 적용된 PM 저감기술들의 종류를 알아보고 상호 비교해 적용가능성을 모색해 보고자 한다.

2. 선박용 DePM기술

선박의 경우 내륙을 제외하고 대부분 육지에서 떨어진 바다에서 운항되고 있기 때문에 엔진에서 배출되는 배기가스에 대해 거의 규제가 이루어지지 않았다. 그래서 연근해를 운항하는 소형선박의 경우에는 정상적인 엔진보다 육상용 엔진을 개조하여 사용하고 있으며 대형선박의 경우에는 유류비 절감을 위해 노력해왔기 때문에 저배기 엔진 기술은 거의 개발이 이루어 지지 않은 것이 사실이다.

국제해사기구에서는 질소산화물(NOx)에 대해 배출가스규제지역(ECA : Emission Control Area)에서 규제하고 있으며 그 지역도 점차 확대하고 있는 추세이나 다른 배출가스 물질인 PM이나 탄화수소(HC), 일산화탄소(CO)에 대해서는 아직도 규제가 이루어 지지 않고 있다. 그러나 근래에 들어 질소산화물 저감장치인 선택적 촉매환원장치(SCR: Selective Catalyst Reduction)의 개발 분위기형성에 따라 PM 저감기술도 함께 주목을 받고 있다.

자동차에서의 PM저감기술은 지난 6년간 제작차 및 운행차에 적용되어 그 효용성을 검증받았으나 아직 선박에서는 이렇다 할 결과를 내지 못하고 있다. 선박의 경우 자동차에 비해 높은 황함유 및 낮은 품질의 연료, 낮은 배출가스 온도, 낮은 배압요구사항 등 모두 불리한 조건들뿐이기 때문에 자동차와는 차별화된 기술의 적용이 요구된다.

초기의 선박에서의 PM저감기술은 스크러버 기술이 적용되었다. 스크러버 기술은 세라믹이나 금속 다공체를 사이에 두고 엔진에서 배출되는 배기가스는 아래에서 위로, 해수는 위에서 아래로 분무되어 다공체에서 배기가스에 포집된 PM을 물로 씻어내는 것으로 효율이 높고 기술의 난이도가 평이한 기술이다. 대부분 물을 사용하는 습식 스크러버 기술이 일반적이며 배수되는 물은 바다로 버리지 않고 특수처리후 재사용이 일반적이다. 국내 기업인 STI사는 다공체를 사용하지 않고 사이클론방식과 해수분무방식을 적용하여 PM과 SOx를 제거하는 기술을 개발하였다. 습식 스크러버의 경우 기술적으로는 우수하나 처리과정에서 배기가스의 온도를 낮추기 때문에 SCR장치의 전단에 설치되기는 어렵다.

독일의 Couple systems사는 이러한 습식 스크러버 기술을 개선한 건식 스크러버 기술을 적용하여 PM과 Sox를 제거하고 배출가스의 온도 감소 없이 SCR시스템과 연계하여 NOx까지 저감하는 시스템을 선보였다. 물론 건식 스크러버에는 펠릿형태의 세라믹을 사용하였으며 사용 후 회수하여 육상에서 처리하는 방식이다.

전기 집진 방식도 적용이 이루어지고 있다. 독일 Siemens사의 경우 선박용 전기집진 PM 처리장치를 개발하였으며 일본 고베 대학에서도 선박용 습식전기집진 장치를 연구하였다. 고베대학 연구에서는 배기온도가 떨어질 경우 배기가스의 물방울 핵이 PM에 부착, 입자가 성장하게 되며 집진기 입구이전에 대부분 포집 제거되었으며 고무하 운전조건에서도 85%이상 저감할 수 있는 것으로 발표되었다.

필터를 사용하는 방식의 경우는 대부분 소형엔진에 적용되는데 일본 미쓰이사는 아카사카 디젤사와 공동으로 세라

+ 조규백, 한국기계연구원 그린동력연구실, E-mail:gybcho@kimm.re.kr, Tel: 042)868-7305

1 김홍석, 한국기계연구원 그린동력연구실

2 남정길, 목포해양대학교 기관시스템공학부

믹섬유 필터와 전기히터를 적용하여 400kW급 DPF 장치를 개발하였으며 폐리에 적용하여 실선시험을 수행하였다. 배기온도의 손실이 없어 SCR 전단에 적용이 가능할 것으로는 판단되나 필터 적용으로 인한 배압상승문제, 재생을 위한 히터 적용으로 전기용량이 문제가 될 수 있다.

아직까지 선박에서의 PM 저감기술은 개발단계로 일부 선박에 실증용으로 적용되어 운항되고 있는 수준이다. 그리고 대부분의 시스템은 포집성능은 대체적으로 양호하나 배기가스의 온도를 떨어뜨리지 않고 포집된 PM을 재생 또는 회수하는 기술은 아직도 확립되지 않은 단계로서 앞으로 많은 발전가능성을 갖고 있다.

3. 결론

선박용 엔진에서의 PM 저감기술은 자동차에 비해 어려운 환경조건속에서도 한 방향으로 수렴해가는 차량용기술에 비해 다양한 기술들이 개발되어 적용되고 있으며 앞으로의 환경은 지속적으로 개선되어 PM저감기술에서도 도움이 될 것으로 예상된다. 그중 하나가 연료에서의 황농도 개선이며 선박에서의 후처리기술이 ECA지역에서 운전될 것을 감안할 때 지금예상보다 훨씬 빨리 낮은 수준으로 낮춰질 것이다. 그리고 SCR의 장치도 현재 터보차저 후단에 대부분 위치하고 있으나 일부 장치들은 터보차저 전단에 설치되는 것이 검토되고 있기 때문에 배기가스의 온도에 대한 강박관념도 벗어날 수 있을 것으로 기대된다. 이런 수준으로 개선될 경우 현재 적용되고 있는 자동차용 기술이 보다 쉽게 선박용 엔진에 적용될 것으로 예상되며 훨씬 짧은 기간에 기술적 발전이 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] 정용일, 이진욱, 조규백, 김홍석, 자동차와 환경, 숭실대학교, 2010.
- [2] 정용일, 김홍석, 디젤자동차용 DPF 기술의 국내외 개발동향, 오토저널 제 30권 1호
- [3] <http://www.couple-systems.com>
- [4] I Made Ariana et al., Pollutant Reduction of Diesel Exhaust Emissions By Electrostatic Precipitator with Water Treatment System, Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation. Vol. 2, No. 1,13-18 2007.