

디젤 입자상 물질 트랩의 새로운 도약



정 동 수 박사
KIMM엔진환경그룹
책임연구원

미국에서 정부와 민간기업의 공동 주관으로 착수한 Diesel Emission Control Sulphur Effects (DECSE) 프로그램의 첫 결과보고서가 발간되었는데, 여기서는 두 가지의 연속재생필터에 대해 입자상물질(PM) 저감성능을 시험하였다.

시험대상 필터로는 영국 Johnson Matthey사의 CRT로 전방 촉매와 비촉매 필터 담체로 분리된 시스템(CR-DPF)과 미국 Engelhard사의 세라믹 wall-flow monolith 필터로 NOx 분리촉매에 코팅된 것(DPF)이다.

상기 두 시스템(CD-DPF, CDPF)에 대해, 유럽 13-mode steady-state test cycle 로 7.2리터 Caterpillar 3126 medium-duty 트럭 디젤 엔진을 대상으로 하여 3ppm 유황연료 사용시, PM 저감율은 모두 95%였으나 10배 증가한 30ppm인 경우 CD-DPF가 72%, CDPF가 75%의 성능을 나타내었는데, 이 때 HC나 CO는 영향이 없었다고 한다.

또한 PM 저감에 있어서는 재생 온도가 중요한데 효율적인 재생이 일어나는 최저 온도를 정의하는 BPT(balance point temperature)를 측정 한 결과 1,440rpm 3ppm 유황연료의 경우 CD-

DPF가 278℃, CDPF가 322℃ 였고, 2000rpm 3ppm 유황연료의 경우 CD-DPF가 313℃, CDPF가 380℃로 전반적으로 영국의 Johnson Matthey (JM)사의 제품이 우수한 것으로 판명되었다.

JM사에서 최근 새로 개발한 새 PM 트랩 제품에 대해 영국의 「Automotive Engineer」지 5월호에 게재된 Alan Bunting씨의 내용을 요약하여 소개한다.

최근 미국 디트로이트에서 개최된 conference에서 영국의 Johnson Matthey(JM)의 “한 개로 두 가지 기능”을 의미하는 “two in one” SCRT 디젤 배기 후처리 패키지에 관한 논문이 공개되었다.

이 용어는 JM사의 등록 명칭인 CRT (continuously regenerating trap)와 SCR (selection catalytic reduction)을 합친 것이다.

JM사에서는 설치 공간이 트럭이나 버스의 일반 소음기보다 더 크지도 않고 Euro 4/5 레벨에 있어서 가장 까다로운 두가지 배출가스 규제치를 맞출 수 있다고 자신하고 있다. 이 두가지 배출가스를 맞춘다는 것은 NOx를 2g/kwh, PM(particulate matter)을 0.02g/kwh

(steady-state European test)와 0.03g/kwh (transient European test)까지 줄일 수 있다는 것이다.

그러나, SCRT의 배기가스 청정화 성능에 중요한 조건이 있는데, 그것은 연료의 유황성분이 10ppm(parts-per-million) 이하가 되어야 한다는 것이다. 지금의 CRT는 50ppm 유황함유 연료를 사용할 수 있는데, 50ppm 유황함유 연료는 EC가 현재의 50ppm에서 2005년까지 낮추기로 확정된 것은 아닐지라도 후처리 관련 차량용 인센티브 정책에 의해 서유럽에서는 이미 가상적인 자동차 규격으로 되어있다.

독일의 Siemens사와 Degussa사와 같은 경쟁사에서도 암모니아 분무식 SCR deNOx 시스템을 첨단 기술수준으로 개발해 놓고 있지만 입자필터와 SCR을 연결해서 복합시스템을 후처리용으로 개발한 것은 JM사가 처음이다.

자동차 생산회사 입장에서는 상용화를 위해 Siemens사의 Sinox SCR 제품 앞에 JM사의 CRT를 설치할 수도 있지만 NOx 저감 성능은 새 SCRT보다 훨씬 나쁘게 된다. 그 이유는 JM사 제품의 CRT 부분과 SCR 부분이 촉매적으로, 즉 화학적으로 상호 작용을 하기 때문이라고 한다.

JM사에서 특허를 낸 처리 과정은 CRT에서 이미 알려진 것으로 플라티늄 전방 촉매를 사용해서 배기 NOx의 NO를 NO₂로 변환시키는 것인데 SCRT에서도 확대 적용되고 있다.

여기서 생성된 NO₂는 CRT filter에 포집된 입자상 물질을 250~300℃의 보통 배출가스온도에서 타서 없애지도록 할 뿐 아니라 SCR 촉매 반응을 활성화하기 위해 배출가스 흐름 속으로 암모니아가 더 잘 분사되도록 한다. 이런 현상은 CRT가 Sinox SCR앞에 장착을 한다고 해서 일어나지 않는다고 하는데 그 이유는 잘 알려져있지 않은 촉매반응공식, 즉 촉매의 화학반응과 벌집형 세라믹 담체에 적용되는 방법에 깊은 연관이 있다고 하며, 이와 관련된 이러한 기술에서 JM사가 한

걸음 앞서가고 있다고 한다.

촉매 반응 성능을 높이는 것은 대부분 주어진 크기의 벌집형 세라믹 블록으로 되어있는 담체 위에 활성화 면적을 더 많이 마련하는 것이다.

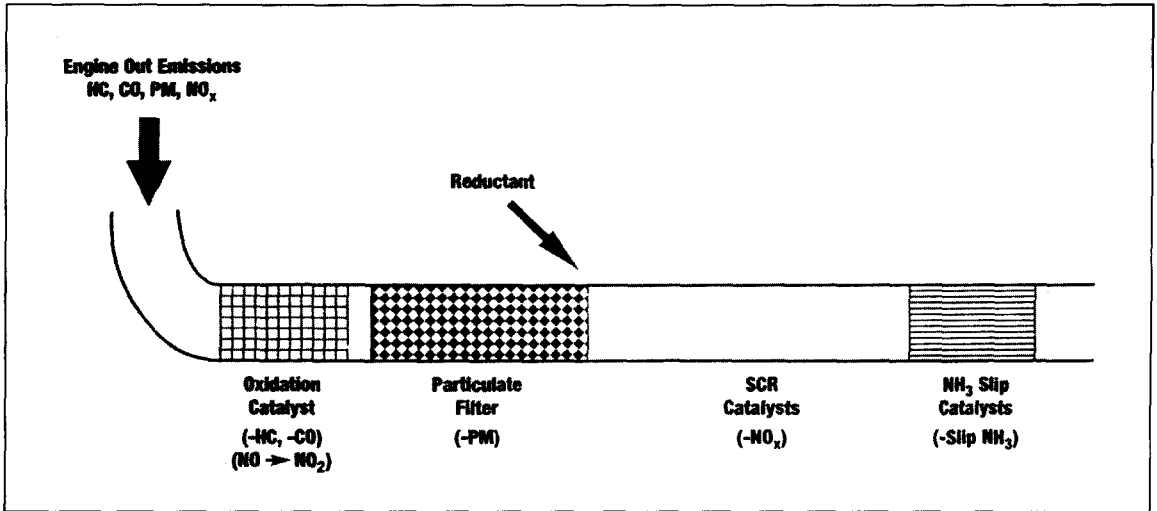
JM사의 경험을 바탕으로 CRT에서 발생하는 NO₂를 이용하여 SCR촉매 활성화와 결합시킴으로써 주어진 배출가스 유동의 처리를 위해 Sinox와 같은 다른 동급시스템에 비해 담체의 부피를 1/5정도로 줄이는 것이 가능해 졌다.

또한 몇몇 엔진 제조회사에서는 Sinox와 같은 deNOx 시스템이 설치되면 배기 재순환 장치(EGR)는 포기해야된다고 주장하지만, JM사의 주장은 그 반대이다. 물론 EGR은 배출가스 온도를 줄이게 되어 SCR 촉매반응 성능을 감소시키지만, 그 손실이 EGR의 NOx 저감능력 절대값보다 작다는 것이다.

일찍부터 JM사는 차량에 탑재된 저장탱크의 크기를 최소화하고자 하는 의도에서 근본적인 NOx 산화 약품으로서 순수 ammonia나 ammonium carbamate를 싣고 다니는 SCRT 장착 차량을 계획하고 있다. Ammonium carbamate는 고체상태로부터 가스 암모니아로 바로 승화시키는데, 이 과정은 배출가스 흐름 속으로 분사하기 바로 직전에 발생하게 된다.

그러나 JM사는 분사된 암모니아를 활성화시키기 위해 요소를 애용하는 면에 있어 Siemens나 Degussu와 같은 기술 수준으로 하향 조절되어 있다. 그 이유는 일반적인 공급 기반시설이 필요하고, 특히 사고가 날 경우 냄새가 새어나면 주위 사람들에게 장기간의 피해는 아닐지라도 눈이나 목구멍에 자극을 주게 되므로 이것을 방지할 필요가 있기 때문이다.

SCRT는 공장에서 OEM으로 CRT와 함께 소음기처럼 이중으로 강통 형태로 만들어 장착되어야 하며, 출고 후 장착하는 것은 불가능하다. 경우에 따라 차량의 공간 활용차원에서 꼬리 쪽에 부착되기도 하는데, 복잡하고 출간거리가 짧은 3



축 트랙터의 경우는 CRT와 SCR 부분이 두 부분으로 분리되어 가운데 보통 배기 파이프로 연결되게 되는데, 이 경우는 SCR 촉매 앞에서의 온도 저하가 최소화되도록 연결되어 있다. CRT 부분은 확장된 배기 매니폴드 위치나 그 아래쪽으로 연결된 파이프 속에도 설치될 수 있다.

유럽과 미국 EPA의 인증시험 모드에서, SCRT의 PM 저감단계에서 가장 큰 요구는 엔진의 저부하 상태이고, 반면 NOx 저감 성능은 엔진이 과부하 상태일 때 가장 결정적이라고 한다.

전방의 촉매가 발생시킨 촉매반응 보조제인 NO₂는 환원단계에서 CRT나 SCR에 의해 어느 것이든 필요에 따라 취해지기 때문인데, SCRT는 과도시험 조건에서 가장 좋은 후처리를 수행할 수

있다고 한다.

Siemens사와 마찬가지로 JM사도 SCR 기술이 테일 파이프 가까이에 추가로 암모니아 슬립 촉매를 필요로 한다고 여기고 있다. 문자 그대로 이 촉매는 deNO_x 과정에서 소모되지 않은 불쾌하고 눈을 따갑게 하는 암모니아를 산화하여 대기중으로 방출되는 것을 막게 된다. 그러나 궁극적으로는 더 정확하고 신뢰성 있는 실차 탑재형 NOx 측정센서가 점진적으로 개발되고 있으므로 암모니아 유동을 NOx레벨과 정확히 맞출 수 있어 더 이상 슬립이 생기지 않게 될 것이라고 한다.

<정동수박사: dsjeong@mailgw.kimm.re.kr>