

# VERT (스위스의 DPF 평가) 프로그램

□ 책임자 : TTM의 A. Mayer

## (1) VERT Program 개요

- 1994-1998년에 off-road vehicle용 DPF 성능을 평가하는 정부 프로젝트로 시작하였으며, 이후 DPF 인증프로그램으로 수행되고 있음.
- ※현재 스위스에는 4000대 이상의 off-road DPF(광산, 농업용, 건설기계 등)가 부착되어 있음.
- On-road 용 DPF 평가프로그램으로 전환 준비 : off-road용이나 on-road용 DPF의 시스템 작동방식에는 차이가 있으나, 필터 자체의 성능은 차이가 없음.
- 스위스, 독일, 오스트리아 정부가 지원하고 있으며, 미국 CARB, 캐나다 에서도 VERT 결과를 활용

## (2) 시험 목표

- PM의 solid particle의 포집(여과)율 측정 : 신규필터/fully deposited/ 재생후, 정상운전(steady)상태와 과도운전(transient)상태
- 가스상 물질과 2차오염물질 연향
- 재생반응과 재생기간동안의 영향
- 필터율과 배압, 소음의 반응과 작동상태
- 2000시간 운전이후의 특성 변화
- 제작사의 장치특성 자료의 검증

## (3) 시험 기본 개념

- 예상되는 가장 큰 유량(through-flow), 유속(space velocity)에서 시험 : 유속의 증가에 따른 극미세입자(ultrafine particles)의 포집율(filteration rate)은 감소함.
- Soot의 포집상태를 변경하면서 시험 : 무포집상태에서 최대 포집상태
- 고온 시험온도 포함 :

#### (4) 성능 기준

- 포집율(Elementary Carbon) : 최초 90% 이상, 2000시간 운전후 85% 이상
- 10-500nm 입자 통과율(penetration) : 최초 5% 이하, 2000시간 운전후 10% 이상
- CO, HC, NO, NO<sub>2</sub> 의 미증가 : no relevant increase of the basis emissions
- 2차오염물질 미증가 : 재생기간 포함
- 무부하급가속시 opacity :  $0.24\text{m}^{-1}$  이내
- 최대 압력손실 : 200mbar 이하

#### (5) 시험 과정

- 4단계 시험
- VFT1 (VERT Filter Test in new state)
  - 장치의 최초 성능 측정시험
  - ISO 8178 C1 모드에서 4점에서 시험
  - 정속과 과도운전 시험
- VSET (VERT Secondary Emission Test)
  - 나노입자 측정 : SMPS, ELPI, NanoMet, X-ray Diffraction, REM/EDX, ICP-MS 사용
  - 가스상물질 측정 : GC(VOC), HPLC(VOCOX, PAH), SOF/INSOF, GC-MS(PCDP/F/Nitro-PAH)
- VFT2 (2000시간 field test)
  - 3대 이상 실제 차량부착 시험 : VFT1 시험장치와 동일 family
  - Data-logger 설치 : 배압, 엔진 rpm, 배출가스온도(trap 전후), 전 운전기간 동안 측정
  - 운전중 smoke, 배압 측정 : 최초, 종료, 중간 1회
  - 시험기간 중 장치 봉인
- VFT3
  - 2000시간 field test 완료장치 시험
  - VFT1과 동일한 시험

## (6) 판매후 관리

- 위의 4단계 평가를 통과하면 filter list에 등재
  - 장치제작사에서 장치를 판매하면 모든 장치에 대해 장치를 평가하고 이를 평가기관에 매년 보고하여야 함.
  - 고장율(failure rate)이 5% 이하이면 filter list에 계속유지
  - 고장율이 3%이상 5%이하이면 고장위인을 분석하여 보고
  - 고장율이 5% 이상이면 filter list에서 삭제
- ※그 동안의 경험으로 보면 고장율은 1-2% 수준임.

## (7) 문제점

- 현재의 PM 측정(mass) 방법은 51.7°C 이하의 공기로 배출가스를 희석하여 필터에 PM을 포집하고 이의 무게를 측정함. 이 방법은 샘플채취와 응축(condensation) 과정에 영향이 큼. (SOF에 영향을 줌)
- 2000시간 운전후 PM 저감율이 60% 수준으로 떨어지나 나노입자 포집율은 90% 이상인 장치가 나타남. 이는 SO<sub>2</sub>를 SO<sub>3</sub>로 전환시키는 기능이 첨가제 등에서 발생하는 경우임 (sulfate의 dew point 온도는 100°C 이상이며 만약 PM 측정온도를 51.7°C 이상으로 하면 필터의 포집성능이 달라질 수 있음)
- 따라서 DPF에서 평가하는 대신 PM은 “solid particle”과 “nanoparticle”로 하는 것이 합리적인 것으로 판단하고 있음.