

메탈 폼 입자 필터의 GDI 엔진 입자상 물질 정화 특성에 대한 연구

장원욱* · 명차리* · 이정민** · 박심수*

Study on the Particulate Matter Filtration Characteristics of the Metal Foam Particulate Filter

Wonwook Jang* · Cha-Lee Myung* · Jeongmion Lee** · Simsoo Park*

ABSTRACT

After-treatment system for gasoline direct injection engines should be considered due to the regulation standard for particle number emitted from spark ignition engine vehicles. A metal foam particulate filter, which is thought to be more proper for gasoline engines for its unique filtration and heat resistance characteristics, has been evaluated via engine dynamometer tests.

Key Words : GPF(Gasoline Particulate Filter), GDI(Gasoline Direct Injection)

엔진에서 발생 및 배출되는 입자상 물질의 대부분은 연소 시 연소실 내의 혼합기 중 국부적으로 연료가 농후한 부분이나 실린더로 직접 분사된 연료에 의해 발생한 벽면 또는 피스톤 면의 액막에서 생성되는 것으로 알려져 있다. 그러한 이유에서 압축 행정 말기에 실린더 내로 직접 분사된 연료가 즉시 자기 착화를 일으키면서 확산 연소를 하는 디젤 엔진은 입자상 물질 배출 문제가 지속적으로 지적되어 왔다. 현재 유럽 및 국내 디젤 승용차량에 EURO6 자동차 배출물 규제 기준이 적용되면서 대부분의 차량에는 디젤 입자 필터 (Diesel Particulate Filter, DPF)가 장착되어 왔으며, 반면 가솔린 엔진은 입자상 물질 배출 규제에서 자유로웠다고 할 수 있다.

그러나 가솔린 엔진에 연비향상 및 이산화탄소 배출 저감 등을 위하여 직접분사 (Gasoline Direct Injection) 방식 적용이 확대됨에 따라, 입자상 물질 배출 규제, 특히 개수규제에 대한 문제가 끊임없이 제기되고 있다.

GDI 엔진 장착 차량에서 배출되는 주행 거리당 입자상 물질 개수 (Particle Number #/km) 수준은 DPF를 장착한 디젤 차량보다 높게 나타나는 실정이다.

또한 과급을 통한 다운사이징 엔진의 보급이 확대되면서 입자상 물질 개수 규제는 더욱 해결하기 어려운 문제가 되었으며, 업계에서는 가솔린 차량에도 입자 필터 (Gasoline Particulate Filter, GPF) 적용을 염두에 두고 있다.

본 연구에서는 가솔린 직접분사 엔진의 입자상 물질 저감을 위한 입자 필터의 성능 및 정화 특성을 평가하고 필터의 적용 가능성을 평가하는 것을 목적으로 한다.

실험에 사용된 입자 필터는 Metal Foam 재질로, 디젤 차량에 널리 사용되는 cordierite 재질과 비교하여 포집 효율은 비교적 떨어지나 배압 특성이 우수하고 열 충격에 강하여, 디젤 엔진 엔진에 비해 입자상 물질 배출량이 1/10 수준이고 배기 온도가 높은 가솔린 엔진에 적합하다고 볼 수 있다.

실험에 사용된 엔진은 배기량 2.4L, 4기통 GDI 엔진으로, 관련된 제원은 Table 1에 정리하였다.

Table 1 Test Engine Specifications

Type	NA, Stoichiometric GDI
Displacement	2,359cc
Bore x Stroke	88mm x 97mm
Comprsn Ratio	11.3:1
Fuel System	Wall Mounted Injector HP fuel pump (150bar)

* 고려대학교 기계공학부

** ㈜알란텀

† 연락처, spark@korea.ac.kr

TEL : (02)3290-3368

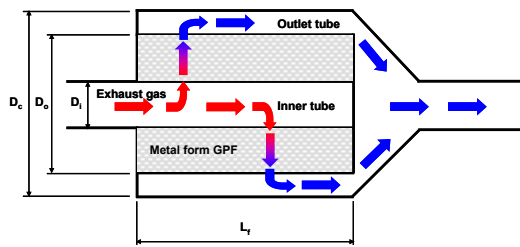


Fig 1 Geometry of the GPF

엔진 대상 시험 조건은 1500rpm에서 3500rpm 까지 차량 주행 시 주로 사용되는 실용 영역으로 선정하였으며, 각 rpm에 따라 적정 load 조건을 선정하여 시험을 진행하였다. 각 시험 조건에서 GPF 통과 전과 후의 입자상 물질 개수농도 측정을 통하여 필터의 포집 성능 및 효율을 측정하였다. 또한 가솔린 엔진에 필터 적용 시 단점으로 지적되는 배압 상승에 의한 출력 저하 정도를 판단하기 위하여 GPF 전·후단의 배기압력을 측정하여 압력 강하 정도를 평가하였다.

실험 결과 엔진 회전수 1500-3500rpm, 부하 조건 BMEP 1.5-4.0bar에서 개수농도 기준 입자상 물질 포집 효율은 약 50-80% 수준이며, 압력 강하는 최대 약 4.0kPa로 측정되었다. 특히 개수농도 저감 효과 뿐 아니라 필터 통과 전/후에 측정된 입자상 물질의 입경 분포를 비교하였을 때, 입경 10nm 정도의 매우 작은 입자들의 포집 효율이 매우 높은 것으로 나타났다.

후 기

본 연구는 BK21+사업 및 ㈜알란텀, 고려대학교의 지원으로 이루어져 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] Myung, C. L., Park, S. "Exhaust nanoparticle emissions from internal combustion engines: A review". *Int J Autom Technol-Kore* 2012;13(1):9-22.
- [2] Arsie, I., Iorio, S, D., Vaccaro, S., "Experimental investigation of the effects of AFR, spark advance and EGR on nanoparticle emissions in a PFI SI engine." *Journal of Aerosol Science* 64: 1-10.
- [3] Choi, K., Kim, J., Ko, A., Myung, C, L., Park, S., Lee, J., "Size-resolved engine exhaust aerosol characteristics in a metal foam particulate filter for GDI light-duty vehicle." *Journal of Aerosol Science* 57: 1-13.