

## 4A3) 금속 섬유 filter-bed에 의한 diesel soot 포집 Diesel Soot Collection Using a Metal Fiber Filter-bed

이영섭 · 조영민<sup>1)</sup>

경희대학교 대학원 환경학과, <sup>1)</sup>경희대 환경응용화학대학

### 1. 서론

전 세계적으로 증가하는 디젤 자동차로부터 배출되는 입자상물질(PM)의 인체유해성 문제가 갈수록 심각해지고 있다. 이로 인해 주요 선진국들은 PM을 저감시키기 위해 정부 주도 또는 업계와 정부의 자발적 협약에 의해 적극적인 정책 및 기술개발을 추진 중에 있는데 그 핵심 장치는 DPF(Diesel Particulate Filter trap)장치이다. DPF 기술의 기본원리는 배기관에 설치된 매연여과장치의 필터에 매연과 PM을 포집(trapping)하는 과정과 포집된 매연을 태우는 재생(regeneration)으로 이루어진다. DPF 장치에 사용되는 필터는 세라믹 모노리스필터(monolith filter)와 금속 소재 필터 등이 있다. 각 필터들의 장단점을 살펴보면 세라믹 모노리스필터는 포집효율이 높고, 가격이 비교적 저렴하며, 고온에 견디며 공간 활용성이 우수하지만, 불균일한 열응력에 의한 파손이 발생하며, 높은 배압이 걸려 엔진 성능에 나쁜 영향을 미칠 수 있다. 금속 소재 필터는 재료의 형태에 따라 분말, wire mesh 및 fiber-bed 등으로 구분할 수 있으며, 분말의 크기 또는 wire mesh, fiber의 직경 변화에 따라 필터재료의 공극율을 최소 10%에서 최대 95%까지 광범위하게 조절할 수 있다. 이러한 공극률의 조절에 의해 통기도와 포집효율을 적절히 변화시킬 수 있다. 특히 금속 섬유는 내열성 및 강도의 장점뿐만 아니라 소재의 유연성을 기초로 다양한 형상으로 filter-bed 제작이 가능하며, 비교적 고압에서도 사용이 가능하다.

따라서 본 연구에서는 금속 섬유 filter-bed를 이용한 분진 여과의 기초특성실험을 바탕으로 실제 diesel engine의 배가스에 포함되어 있는 조대입자 부분을 제어하는 실험을 실시하였다.

### 2. 연구 방법

연구에 사용한 금속섬유는 강도가 우수하며, 내열성이 매우 좋은 Fe-Cr-Al로 구성된 Fecralloy fiber로서 직경은 80 $\mu$ m이다. 금속 섬유 bed는 두 가지 두께(8mm, 16mm)로 조성하여 각각 83%, 88%, 93%의 공극률을 갖도록 제작하였다.

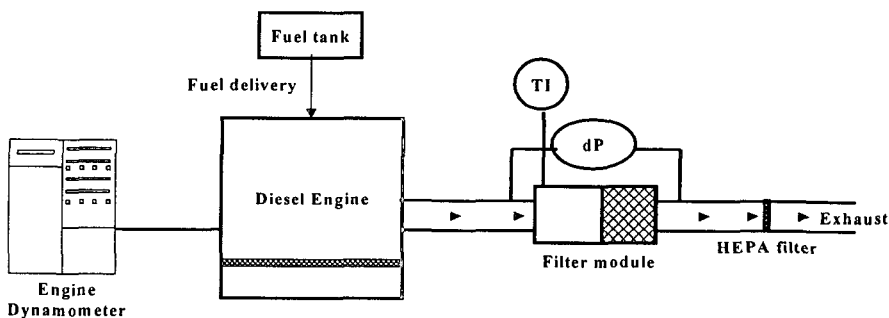


Fig. 1. Schematic diagram of the set-up for diesel engine exhaust filtration.

실험에 사용한 엔진은 국내 제작 diesel 차량 엔진(배기량 : 2,500cc)을 선정하였다. 엔진 제어 장치인 Dynamometer가 on-line 장착되어 있으며, 엔진속도 및 부하량의 변화를 주어 다양한 운전조건을 설정할 수 있도록 구성되어 있다. Filter housing은 stainless 재질로 직경 43mm의 크기로 제작하였고, 입자여과에 의한 압력강하 변화를 측정하기 위해 필터전후에 수은 manometer를 연결하였다. 배가스 온도는 thermocouple을 filter housing의 전단부내부에 삽입하여 측정하고, Dynamometer의 지시온도와 비교하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Filter-bed 두께 및 각각의 공극률에 대해 여과 시간에 따른 압력강하를 살펴 본 결과 그림 2에서와 같이 공극률이 증가할수록 초기 압력강하 변화보다는 여과 후반부로 갈수록 크게 증가함을 알 수 있었다. Darcy의 법칙으로부터 예상할 수 있듯이 bed의 두께가 클수록 전체 Module의 압력강하는 크게 나타났다. 그림 2의 결과는 필터 재생 조작없이 bed의 초기 압력강하 변화 관찰을 위하여 12분간 포집실험을하여 상대적 평가를 수행한 것이다. 초기 압력강하의 증가율은 모든 경우에 있어서 대체로 유사한 형태를 보이며 주었으나, 83%의 공극율을 갖는 8 mm-bed 증가율이 비교적 크게 나타났다.

필터 재생 실험은 우선 예비실험 형태로 초기 필터에 포집된 분진을 전기로에서 700℃, 10분간 가열시켜 재생시킨 후 반복 여과실험을 실시하였으며, 그 결과를 그림 3에 요약 하였다. 재생은 매 12분마다 실시하였으며 전체적으로 높은 배가스 유속으로 인해 fiber-bed가 벌어지거나 뭉치면서 거대한 pore를 형성하여 불일정한 channelling 현상이 발생하는 것으로 추측된다. 그로인한 일정 기간 동안의 압력강하가 발생하는 것으로 사려되지만, 재생반복실험이 계속 진행되면서 잔여 dust의 영향 등으로 인하여 압력강하가 증가하는 현상이 나타났다. 결국 금속섬매체를 사용할 경우 배가스의 온도나 재생 온도에 따라 그 구조가 변화할 수 있음을 시사하는 바이다. 동시에 매우 유연성이 높은 fiber형태의 충전 bed를 구성함으로써 높은 유속 및 유량에 의한 변형 또한 발생할 가능성이 높다. 그러므로 압력강하를 낮게 유지하면서 고효율 집진이 가능한 보다 낮은 다공성의 필터 bed를 구성할 필요가 있다.

결론적으로 본 연구는 합금 fiber로 다공성 충전층을 구성하여 디젤 차량 배가스 분진 1차 포집용으로서의 적용 가능성을 시험한 예비 결과이다. Dynamometer를 이용하여 엔진 조절을 하며 실험을 진행하였으며 조대 입자의 1차 처리용 bed로서의 적용 가능성을 밝혀주었다.

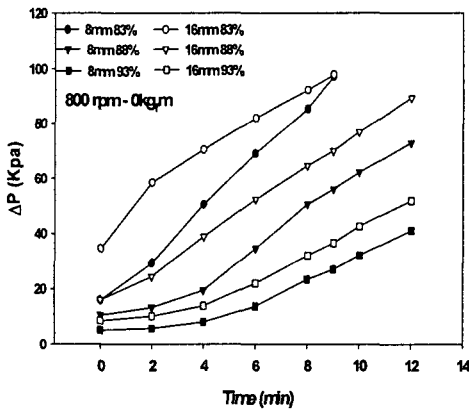


Fig. 2. Pressure drop with porosity for each filter-bed.

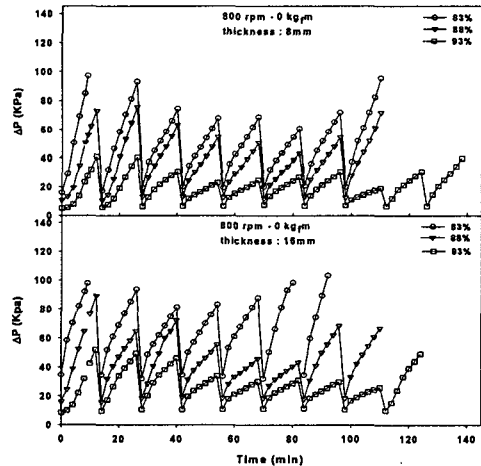


Fig. 3. Regeneration test for each filter-bed.

### 사 사

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00164-0) 지원으로 수행되었으며, Dynamometer 및 실험 장비를 지원해주신 철도연구원 이승일 조교께 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- 이춘범 (2003) 디젤 자동차 입자상물질 저감장치(DPF) 기술 현황과 보급전망(2), 자동차부품연구원 부품정보지, 295(3) 4-27.
- 김상도 (2002) 금속섬유필터에 의한 고온 배가스 여과 기술, 집진기술연구센터, 에너지기술연구원 기술분석지, 17(6), 80-92.
- Kojima, T., Tange, A., Tamatsu, K. (1999) Development of dieselparticulate filter systems with mesh laminated structures, JSAE, 20, 117-119.