

경유차 매연저감장치용 촉매의 담지기술에 따른 특성 평가

김태민*, 이해수, 강경호, 강정호¹, 정수진¹, 김문찬²
 (주)이엔드디, ¹자동차부품연구원, ²청주대학교
 (ktm@endss.com*)

Characteristic Study of Coating Technique on Metal Substrate for DPF catalysts

Taemin Kim*, Haesoo Lee, Kyungho Kang, Jungho Kang¹, Soojin Jung¹,
 Moonchan Kim²
 E&D, ¹KATECH, ²Cheongju University
 (ktm@endss.com*)

1. 서론

최근 들어 각국의 급속한 경제 발전으로 인하여 에너지 사용량이 꾸준히 증가하고 있고 이에 따라 온실가스 배출량이 급증하고 있으며, 이로 인한 지구온난화의 피해가 점차 커지고 있어 환경 문제에 대한 보다 많은 관심이 필요한 상황이다. 이에 각국은 대비책 마련에 많은 노력을 하고 있는 상황이다. 최근 에너지 절약이 관심사로 대두되면서, 가솔린 엔진에 비해 30~40% 연비가 좋은 경유자동차에 대한 관심이 증가하는 추세이다. 여기에 내구성 또한 뛰어나 경유자동차 수요가 증가하는 상황이다. 그러나, 경유자동차는 연소방식의 특성상 가솔린 엔진에 비해 소음과 진동이 심하고 CO₂, CO, HC의 배출량이 적은 반면, 질소산화물(NOx)과 입자상물질(Particulate, PM)이 다량 배출되는 문제를 갖고 있다. 이처럼 경유자동차의 증가에 따라 대기환경을 심각하게 위협하는 경유자동차의 유해 배출물의 저감을 위해 신속하고 다양한 방법의 모색이 시급한 실정이다.

특히, 입자상물질(PM)은 호흡기계통에 흡착비율이 높아 인체유해도가 훨씬 큰 것으로 알려져(미국의 HEI 연구결과) 있어 앞으로 입자상물질의 저감이 중요 과제로 다루어질 전망이다. PM을 제거하기 위한 장치로는 현재 DPF(Diesel Particulate Filter)가 많이 사용되고 있는데, 이는 DPF의 높은 여과 효율에 따른 결과이다. DPF는 엔진으로부터 배출되는 PM을 filter를 사용하여 포집함으로써 저감시키는 방법이기 때문에, 포집된 PM에 의하여 시스템의 압력이 허용기준 이상으로 증가하기 전에 DPF를 재생하여야만 한다. 이처럼 PM이 포집되어 있는 DPF를 재생시켜 일정한 상태로 유지시키는 방법에는 강제 재생, 자연재생, 복합재생 등의 방법이 있다.

이와 같은 경유차 매연저감장치의 기술은 크게 PM 포집기술과 재생기술로 나누어지며, 이러한 기술이 적용된 매연저감장치 시스템은 기본적으로 Filter, 재생장치, 제어장치 등의 세 가지 부분으로 구성된다. 이중 매연저감장치에 사용되는 필터의 재질이나 형상은 DPF 시스템의 성능을 결정하는데 가장 중요한 역할을 하게 되는데, 이때 성능에 영향을 주는 인자로는 여과용량, 다공성, 압력강화, 열용량, 열내구성, 열팽창성과 강도, 열충격 저항, 화학적 내구성, 용융점 등이 있다.

이에 본 연구는 경유자동차 배출가스 중 대기질을 악화시키는 PM, CO, THC, NOx의 저감효과를 파악하고 각각의 담체에 촉매담지기술을 변화해가며 배출가스의 제어특성을 파악하고자 하였다.

2. 연구방법

2. 1 매연저감장치

(1) Filter

본 연구에서는 촉매 코팅방법에 따른 배출가스의 제어를 알아보기 위하여 metal 소재로 만들어진 filter 담체를 사용하였다. 금속필터의 내부 구조는 Shovel이 형성된 Corrugation Structured Foil과 직경 $22\mu\text{m}$ 금속 극세사로 구성된 Sintered Metal Flat Fleece가 층층이 교대로 겹쳐진 형태이며, 이러한 구조는 촉매 표면과 Soot와의 접촉효율을 극대화할 수 있어 효과적인 PM 제거가 가능하다. Fig. 1은 Filter의 구조를 나타낸 것이고 Table 1은 Filter의 사양이다.

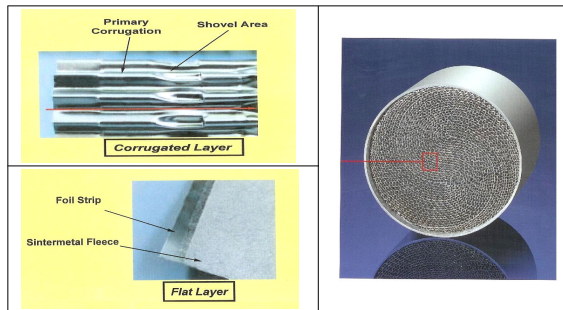


Fig. 1 Filter의 구조

Table 1. Filter 사양

Item	Contents
Dimension & Volume	Dia. 165mm × L 300mm, 6.4Liter
Material	Foil : Stainless Steel Fleece : Sintered Metal
Thickness	Foil : $50\ \mu\text{m}$ Fleece : $300\ \mu\text{m}$
Fiber Diameter	Fleece : $22\ \mu\text{m}$
Cell Density	200 cpsi
Porosity	77 %
Space Velocity	Max. 83,000/hr
Catalyst Loading Amount	5 g/ft ³ 이상

(2) 촉매제조

Sol coating법은 촉매 제조에 필요한 귀금속과 조촉매를 일정한 온도와 압력으로 유지하여 코팅액을 제조하는 것으로 여러 번의 코팅절차 없이 한번에 코팅을 할 수 있다. 이에 비하여, Slurry coating법은 크게 1차, 2차 코팅으로 이루어지며 초기 Filter에 washcoat한 후 귀금속과 조촉매를 혼합한 용액에 2차 코팅을 하게 된다. 이러한 방법을 이용하여 동일한 양의 촉매 성분을 첨가하여 Sol coating액과 Slurry coating액을 제조한 후 이를 filter에 코팅을 하였다. 제조된 촉매는 일정온도와 압력을 가진 chamber에서 각종 gas 분위기로 소성하였다.

2. 2 시험장치

제조된 촉매에 대하여 PM, CO, THC, NO_x의 성능테스트는 엔진동력계 시스템을 사용하였다. 엔진동력계 시스템은 EC동력계(ALPHA240)와 동력계 제어장치(Puma), 연료 온도 조절(AVL753) 및 연료소비율 측정장치(AVL 733S), 냉각수 온도조절장치(AVL553), 윤활유 온도조절장치(AVL554), 흡입공기 유량계(AVL) 등으로 구성되어 있으며 Fig. 2에 엔진동력계를 나타내었다. Table 2는 엔진동력계의 제원이다.

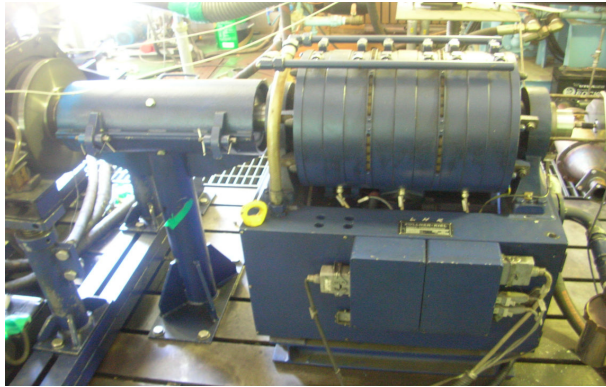


Fig. 2. 시험용 엔진동력계(ALPHA240)

Table 2. 엔진동력계 제원

Items	Specifications
Model	ALPHA240
Allowance power(KW)	240kW
Allowance torque(Nm)	680Nm
Speed range	10000rpm(Max)

2. 3 시험방법

촉매담지 방법에 따른 배출가스 저감성능을 파악하기 위하여 국내 공인 시험기관인 자동차부품연구원에서 배출가스 규제시험 mode인 ND-13 mode로 매연저감장치 장착 전·후의 엔진 출력 및 연비 등의 성능변화와 CO, THC, NO_x, PM 등의 배출가스 저감효율을 측정하는 성능시험을 수행하였다.

3. 결과 및 토론

본 연구에서 제작한 촉매가 사용된 매연저감장치는 국내 공인 시험기관인 자동차부품연구원에서 매연저감장치의 배출가스 저감 성능 시험(ND-13 mode)을 실시하였으며 결과는 다음 Table 3과 같다.

Table 3. 성능시험 결과 (ND-13 mode, 3회 평균값)

Item	PM (g/kWh)	CO (g/kWh)	THC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)
Base	0.190	0.933	0.330	5.761
sol coating (conversion rate, %)	0.070(64.2%)	0.008(99.4%)	0.030(90.9)	5.577(3.4%)
Slurry Coating (conversion rate, %)	0.070(63.0%)	0.009(99.1%)	0.029(91.2%)	5.579(3.2%)

PM 배출량 및 제거율은 Base에서는 0.190 g/kWh, Sol coating 방법으로 만든 장치에서는 0.068 g/kWh(64.2%), Slurry coating 방법으로 만든 장치에서는 0.070 g/kWh(63%)로 두 가지 촉매 담지 기술이 적용된 장치 모두 유사한 PM 제거율을 나타내고 있다. 또한 CO의 제거율도 역시 99.4%와 99.1%를 보였으며, THC와 NO_x의 제거성능도 두 촉매 담지 기술에 따라 큰 차이가 없었다. 이는 적용된 두 가지 촉매 담지 기술에 따라 매연저감장치의 PM, CO, THC 제거성능은 큰 차이가 없다는 것으로 볼 수 있다. 그러나, 촉매의 담지량의 경우에는 Sol coating 방법을 사용한 경우가 Slurry coating 방법을 사용한 경우에 비하여 57% 정도만이 담지되었으며, 이에 따라 담지된 단위 촉매량에 대한 제거 효율을 Fig. 3에 나타내었다.

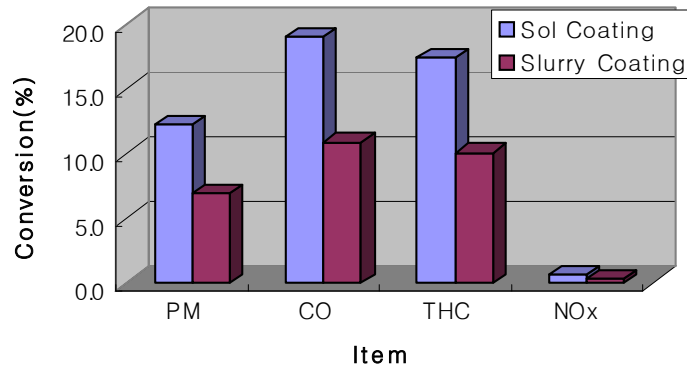


Fig. 3. 단위 촉매 담지량에 대한 PM, CO, THC, NOx 제거효율(%)

Fig 3은 단위 촉매 담지량에 대한 배출가스의 제거효율을 나타낸 것으로, PM의 경우 Sol coating으로 만든 장치가 12.3%, Slurry coating으로 만든 장치가 7.0%이었으며, CO는 19.0%와 10.9%, THC는 17.4%와 10.1%, NOx는 0.7%와 0.4%로 Sol Coating을 적용하여 만든 장치가 단위 촉매 담지량 대비 제거효율은 훨씬 뛰어나다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 경유차 매연저감장치에 사용되는 metal filter에 Sol coating법과 Slurry coating법을 적용하여 촉매를 담지시키고 이를 이용하여 제작한 매연저감장치의 배기가스 저감 특성을 시험하였으며, 이로부터 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

각각의 담지 기술을 적용하여 촉매를 제조한 결과, PM, CO, THC의 제거효율은 두 가지의 담지 기술 모두 유사한 성능을 나타내었다. 그러나, 담지 기술에 따른 촉매의 담지량을 분석한 결과, Sol coating법을 적용한 경우가 담지되는 촉매량이 상대적으로 적었으며, 이에 따라 단위 촉매량에 대한 제거효율이 높아 보다 경제적으로 우수한 매연저감장치 제작이 가능한 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 산업자원부 "부품기술지원사업"에 의한 지원으로 진행된 연구 중 일부이며, 이에 관계기관에 감사드립니다.

참고문헌

1. Samaras, Z, "Overview of the EU DGTREN Particulate Project", 7th Proc. of ETH Zurich Conference on Combustion Generated Nanoparticles, 2003
2. Konstandopoulos A. G. and John H. Johnson, "Wall-Flow Diesel Particulate Filter-Their Pressure Drop and Collection Efficiency", SAE 890405, 1989.
3. Diesel Exhaust Emissions Control, Developments in Regulation and Catalytic System, SP-1581, SAE International, Society of Automotive Engineers, USA, 2001.
4. Kumagai, Y(2001) JCAP, "Studies On Retrofit of CR-DPF and Diesel Particle Size Measurements", 5th Proc. of ETH Zurich Workshop on Combustion Generated Naniparticles, 2001.