플라즈마 버너 DPF시스템
제작 사양서

목차

1. 일반사항 ····· 3
2. 주요부품의 작동원리 및 기능 ····· 4
   2-1. PM 저감 원리 ····· 5
   2-2. 필터재생의 원리 ····· 6
   2-3. 촉매반응 메커니즘 ····· 7
   2-4. 플라즈마 Rotating Arc ····· 8
3. 플라즈마 버너 DPF의 특징 ····· 9
4. 구성 부품 ····· 10
5. 적용이력 ····· 12
6. 적용 예정 차량 ····· 13

1. 일반 사항

* 장 치 명 : 플라즈마 버너 DPF 시스템

* 제품형식 : 복합재생방식 매연여과장치(DPF)

* 사용연료 : 초저유황경유(ULSD)

* 제품성능 : 입자상 물질(PM) 80%이상 저감

* 재생방식 : 복합재생방식

  - 고온운전영역 : 촉매 연속재생

  - 저온운전영역 : 플라즈마버너에 의한 강제재생 + 촉매 연속재생

* 부착방식 : 소음기(머플러) 대체형

* 시스템의 구성

표 1. 시스템 구성

항 목	구 성	기 능 설 명
필터 본체	디젤산화촉매(DOC)	CO, NO, HC 산화반응 및 산화반응열 발생
	촉매필터(DPF)	PM 포집 및 포집된 soot 산화
플라즈마 버너 장치	ECU, 파워모듈 및 전장품	버너 및 연료공급장치 제어, 고장진단 및 경보
	플라즈마 버너, 노즐, 연료/공기공급장치 등	분사된 연료를 연소시켜 배기가스를 가열
자기진단장치		장치상태 표시 및 이상발생 시 경고

2. 주요부품의 작동원리 및 기능

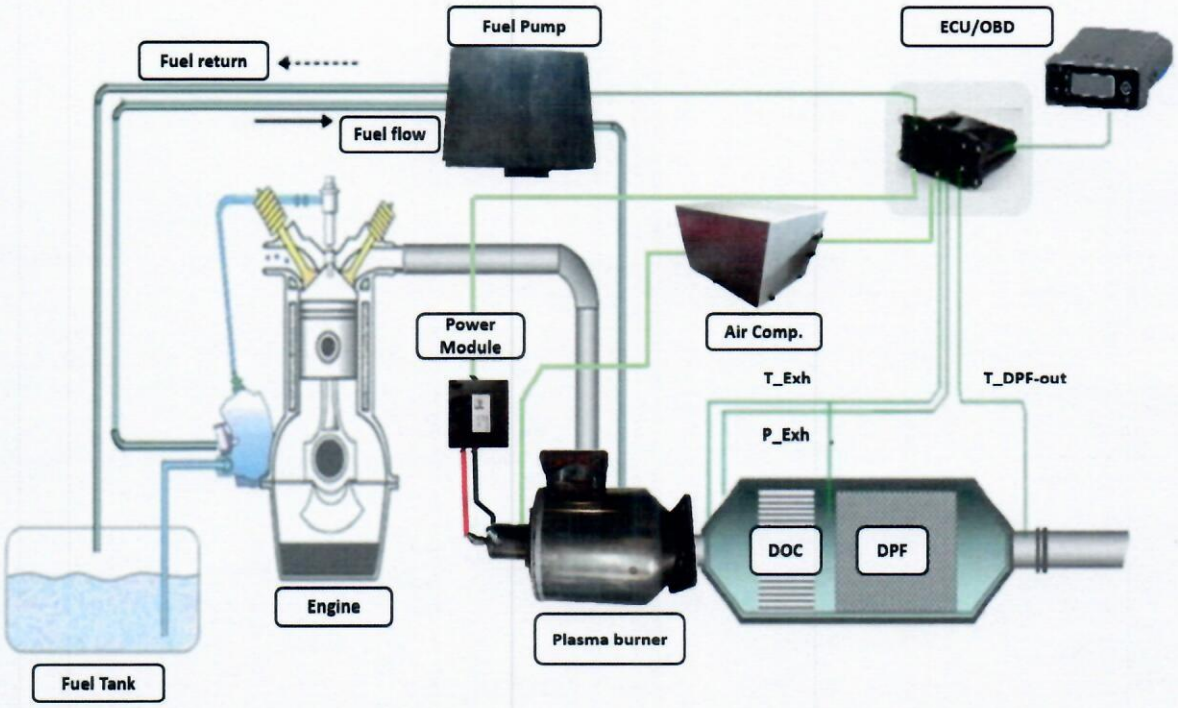


그림 1. 시스템 구성도

■ 디젤산화촉매 (DOC)

* 주요 성분 : Pt solution, Chemical supporter 등
* 코팅된 산화촉매에 의해 CO, HC, SOF 등 가스상물질을 산화시키며, 저온운전영역에서는 버너에서 분사된 HC 및 배기가스에 포함된 HC 와 반응하여 PM 재생에 필요한 열(Catalytic Combustion)을 발생한다.

■ 촉매코팅필터 (DPF; Diesel Particulate Filter)

* 주요 성분 : Pt solution, Chemical supporter 등
* 배출가스가 필터벽면을 통과하면서 입자상물질을 포집한다.
  포집된 입자상물질은 배출가스 온도 약 550℃ 이상에서 산화되기 시작하여 필터를 재생시킨다

■ 플라즈마 버너 장치

* 플라즈마 버너, 파워모듈, 연료분사장치, Air Compressor 등으로 구성된다.
* 높은 전압을 특정 형상의 반응기에 걸어주면 플라즈마가 발생되고, 발생한 플라즈마에 Air 를 공급하여 Rotating Arc 를 형성한다.
* 엔진 연료계통과 연결되어 공급받은 경유를 노즐로 압축하여 분사하고, Rotating Arc 를 이용하여 이를 점화, 연소시키는 역할을 수행한다.

2-1. PM 저감 원리

본 장치는 차량배기관에 연결되어 디젤엔진 배기가스 중 PM(particulate matter)을 다공성 재료의 필터(DPF)로 포집하여 감소시킨다. DPF 는 Wall-Flow Monoliths 형태의 필터로 여러 채널이 번갈아 가며 한 쪽씩 막혀있는 형태로 되어 있고, 각 채널의 벽은 다공질 필터로 되어 있다. 이러한 구조로 인하여 배기가스 내의 PM 이 필터를 통과하면서 다공성 벽의 표면에 포집된다.

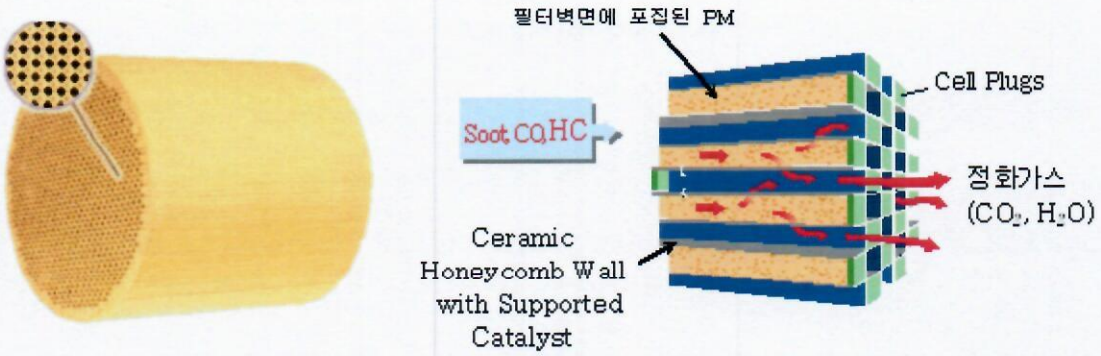


그림 2. Ceramic Honeycomb Wall Flow Filter와 PM 포집

2-2. 필터재생의 원리

배출가스의 온도가 높은 고온운전조건과 그 온도가 낮은 저온운전조건에서 각각의 재생 메커니즘을 가지는 복합재생방식이 적용되었다.

고온운전조건에서는 DOC 와 DPF 의 촉매를 통한 연속재생 방식이 이용되며, 저온운전조건에서는 플라즈마 버너를 열원으로 PM 을 재생하는 방식이 적용되었다.

■ 촉매 연속재생

필터가 허용 포집량 이내에서 운전되기 위해서는 포집된 PM 을 주기적으로 제거해 주어야 하는데, 일반적으로 경유자동차의 배기가스온도는 PM 의 O_2 산화온도인 550~600℃보다 낮으므로, 일반 조건에서 필터 재생을 위해서 PM 의 산화온도를 저하시킬 수 있는 저온활성촉매를 적용하였다. 이를 통해 DPF 의 PM 포집량을 줄여 강제재생 주기를 보다 길게 할 수 있다. 이로 인해 차량 연비 악화를 줄일 수 있게 된다.

■ 강제재생

저속 차량의 경우, 앞서 설명된 촉매의 연속재생 메커니즘을 통한 필터의 재생은 충분치 않은 경우가 대다수 이다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여, 플라즈마 버너를 통한 강제재생기술을 적용하였다.

2-3. 촉매반응 메커니즘

버너 연소에 의한 온도 급상승과 같은 열 충격에 강한 촉매 조성이 사용된 점에 차이가 있을 뿐, 근본적으로 연속재생방식에 사용된 촉매반응과 동일한 메커니즘을 사용하고 있다. 즉, 포집된 Soot 와 HC 는 촉매의 작용에 의해 상대적으로 저온에서 NO_2 와 고온에서는 O_2 와 반응하여 CO_2, H_2O 로 전환된다.

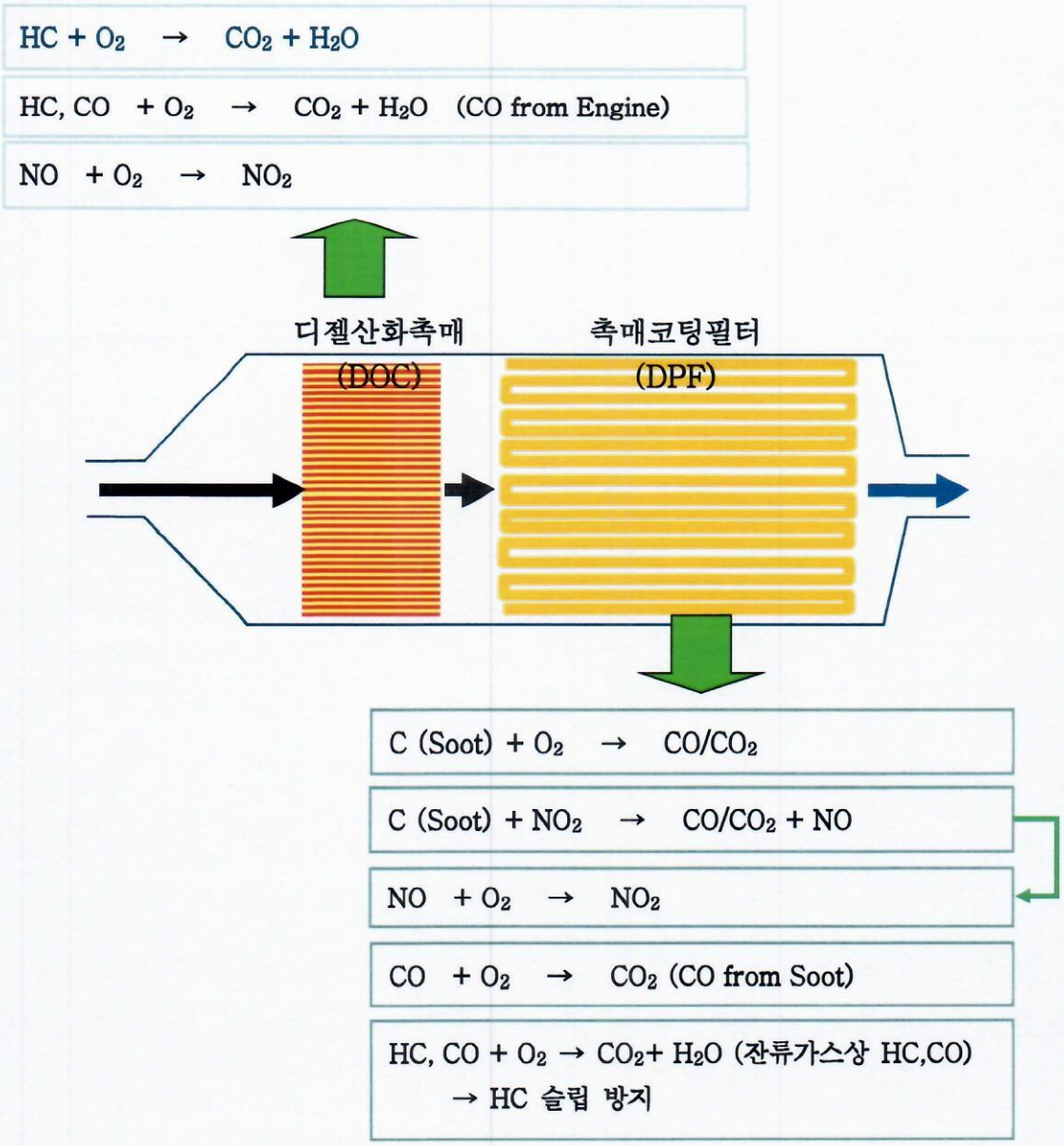


그림 3. 촉매 반응 매커니즘

2-4. 플라즈마 Rotating Arc

그림 5 와 같이 반응기 내부와 외부 구조물 각각에 파워모듈에서 출력되는 높은 전압을 공급하면, 반응기 외부와 내부 간격이 가장 좁은 곳에 고정된 플라즈마가 생성된다. 고정된 플라즈마에 회전하는 공기 흐름을 만들어 주면, 플라즈마가 회전하여 Rotating Arc 가 형성된다. 플라즈마 Rotating Arc 는 플라즈마의 발생과정에서 고온의 Arc volume, 화학적으로 반응성이 높은 라디컬을 발생하고, 높은 전기장을 생성한다. 형성된

Rotating Arc 에 연료와 공기를 공급하여 플라즈마 버너를 구성하게 되면 가연범위가 넓고 매우 안정적인 화염을 형성 할 수 있다.

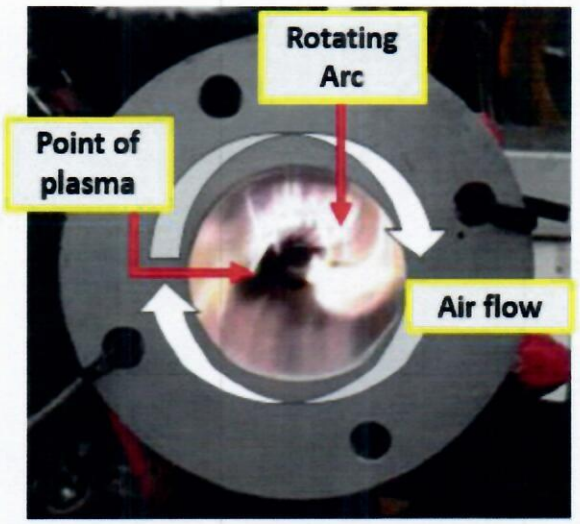


그림 4. 플라즈마 Rotating Arc

3. 플라즈마 버너 DPF 의 특징

플라즈마 버너는 고전압의 아크 방전을 이용해 화염을 생성시킴으로써 연소의 안정성을 높일 수 있다. 반응기 내부에 공급되는 공기의 유동에 의해 아크 방전은 회전하며(rotating), 전진하는(gliding) 양상을 보이게 되는데, 이러한 방전양상으로 인하여 반응기 내부에 아크 방전이 평균적으로 가득 차있는 효과를 얻어 낼 수 있다. 또한 아크 방전에 의한 플라즈마 상태가 연료를 개질(reform)시켜 화염 전파 속도가 높은 수소 화염을 얻어 낼 수 있게 된다. 이로 인한 기존 버너 대비 플라즈마 버너의 장점은 다음과 같이 요약할 수 있다.

1) 노즐 가열

아크 방전에 의해 노즐이 가열되고, 이로 인해 연료의 무화 특성이 향상된다.

2) 연소 성능 향상

고전압의 아크 방전을 이용해 화염을 생성시키므로, 저온 조건 또는 배기가스의 유량이 급격하게 변하는 상황에서도 안정된 연소 성능을 확보할 수 있다.

3) 개질

연료를 개질시켜 부분적인 수소 화염을 생성시킨다. 이러한 수소 화염의 전파속도는 경유 화염보다 빠른 전파속도를 지니게 되어 보다 높은 화염 안정성을 얻게 된다.

아크방전을 통한 플라즈마 상태에서의 연소를 통하여 연소 안정성을 높이고, 촉매 방식을 이용하여 미 연소된 연료의 추가 산화를 이루어 2 차 오염원 발생을 최소화한 복합재생 방식이 플라즈마 버너 DPF 이다. 기술된 특징으로 인해 차량의 특성상 배기가스 온도가 낮은 운전조건으로 운행을 하게 되는 Off-Road 차량에서도 DPF 성능을 유지할 수 있다.

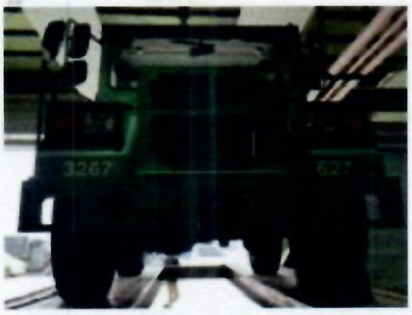
4. 구성부품

품명	제품 형상	제원 및 특성	
플라즈마 버너		규격	길이 : 470 mm x 직경 : 200 mm 중량 : 9.2 kg
		재질	SS41 등
		성능	화염생성 및 유지
파워모듈		규격	200 mm x 100 mm x 40 mm
		성능	45W< P < 85W, 25kHz< f <35 kHz 플라즈마 전력 생성
에어컴프레서 Assembly		규격	24 Vdc 50 lpm
		성능	플라즈마 아크에 회전력 공급
분사모듈 Assembly		규격	24 Vdc 정격토출압력 > 7 bar
		구성	전기펌프 및 유압 유닛 등
		성능	연료펌프, 매니폴드, 밸브 등을 조립한 모듈 부품으로서, 리턴연료를 토출하여 버너에 공급
재생제어 유닛		규격	24 Vdc Analog/Digital Input/Digital output Can port 및 RS232 통신
		재질	CPU 외
		성능	센서 모니터링 및 기능부품 제어 시스템 및 부품 고장 진단

DPF Assembly (DOC+DPF)		규격	길이 : 800 mm x 직경 : 280 mm 중량 : 약 32 kg
		재질	DOC : Cordierite DPF : SiC 캐닝 : SUS-409L 외
		성능	PM 80%이상 저감 가스상 물질 제거 소음기 대체, 2방향 입구
자기진단장치		규격	DC 7~15V
		성능	온도, 압력 등 장치 작동관련 데이터를 15일 이상 기록 저장
압력센서		규격	Differential Pressure
		재질	SUS304 등
		성능	0~2 bar
온도센서		규격	K-type Thermocouple
		재질	SUS304 외
		성능	0~1,200 ℃
하네스		재질	Cu-Wire 및 Tube 등
		성능	ECU, 센서류, 엑츄에이터에 전원 공급 및 신호전달
DPF 장착키트		규격	내진동 흡수
		재질	SS41 등
		성능	DPF 본체의 차량 부착 키트 차종에 따라 In/Out pipe는 상이함

5. 적용이력

표 2. 적용이력

적용 차량	적용 차량 사진
(2009) 도시철도 연마차	
(2010) 인천 매트로 살수 차량	
(2017) 공군 특수 차량	K311-A1  TA-1

6. 장착예정차량_1

5/4톤

품 명	한글	트럭,화물용 (1 1/4톤트럭)	
	영문	TRUCK,CARGO	
재고번호	주		
	부		
모델		연식	
경제수명	15년	단가(원)	
차종	화물	기능	기동
차량 부호		국방장비 목록부호	
제작회사		생산국가	한국

용도	인원 및 소량 물자 수송 차량					
제원	승차정원		2 명	차량크기 (L×W×H)		5,460×2,180×2,450 mm
	최대적재량			적재함 (L×W×H)		2,360×1,770×1,510 mm
	중 량		3,150 kg	축 중	전	kg
	최대견인능력				후	kg
	원동기	형 식	D4DA	윤 거	전	1,740 mm
		최고출력	130ps/rpm		후	1,775 mm
		최대토크	37kg·m/rpm	축간거리		mm
		배기량	3,907 cc	타이어 규격	전	35×12.5R 16.5″
	탱크용량		106 ℓ		후	35×12.5R 16.5″
	연 료		경유	타이어 압력	전	50 psi
	변속기유형		수동변속기		후	50 psi
	연 비			회전반경		
특성	최저지상고 : 254mm					

6. 장착예정차량_2

5톤

품 명	한글	제독차 (5 톤트럭,4X4)	
	영문	TRUCK,CARGO	
재고번호	주		
	부		
모델		연식	
경제수명	15년	단가(원)	
차종	제독	기능	기동
차량 부호		국방장비 목록부호	
제작회사		생산국가	한국

용도	제독 장치 이송					
제원	승차정원		5 명	차량크기 (L×W×H)		9,255×2,635×3,155 mm
	최대적재량			적재함 (L×W×H)		mm
	중 량		12,500 kg	축 중	전	kg
	최대견인능력				후	kg
	원동기	형 식	D6AZ, TC, DI	윤 거	전	1,900 mm
		최고출력	130ps/rpm		후	1,910 mm
		최대토크	98/1,400 kg·m/rpm	축간거리		5,460 mm
		배기량	11,149 cc	타이어 규격	전	35×12.5R 16.5″
	탱크용량		106 ℓ		후	35×12.5R 16.5″
	연 료		경유	타이어 압력	전	50 psi
	변속기유형		수동변속기		후	50 psi
	연 비			회전반경		
특성	최저지상고 : 270mm					