

커먼레일 디젤엔진의 인젝터 클리닝이 배기가스에 미치는 영향에 관한 연구

조흥현¹, 김태중^{2*}

¹조선대학교 기계공학과, ²조선대학교 기계공학과 대학원

Study of the effects of injector cleaning on the exhaust gases in a common rail diesel engine

Hong-Hyun Cho¹, Tae-Jung Kim^{2*}

¹Department of Mechanical engineering, Chosun University

²Graduate school of Mechanical engineering, Chosun University

요약 디젤엔진의 사용은 루돌프 디젤에 의하여 발명된 이후 산업의 발달을 이끌어가는 중추적인 역할을 하고 있다. 2013년 기준으로 국내의 디젤엔진의 차량은 7,395,739대이다. 디젤엔진에서의 인젝터는 엔진의 구동에 직접적인 역할을 수행하기 때문에 성능향상에 대한 연구는 지속적으로 이루어지고 있다. 본 연구는 운행 중인 디젤차량의 매연의 농도와 인젝터 클리닝 전·후의 관계를 비교분석하기 위하여 인젝터 클리닝 전·후의 매연의 농도를 KD147 모드(“운행차 수시점검 및 정기검사의 배출허용기준”)로 측정하여 인젝터 클리닝이 매연 저감에 미치는 영향에 대하여 실험적으로 고찰하였다. 실험결과 인젝터 클리닝 후의 매연의 농도가 20% 이상 감소하는 것을 확인하였으며 매연의 농도의 감소율은 매연의 발생량이 클수록 증가하는 것으로 나타났다.

Abstract As a response to exhaust gas regulations, the electronic control system was applied to the diesel engine. The injected fuel mass and injection timing are accurately controlled using it, and the fuel efficiency and the engine output are significantly increased. In addition, the noise and the vibration of vehicles are decreased. To maintain the optimal performance of an electronic control diesel engine, it is important to control the fuel injection pressure accurately using the fuel pressure regulator. When the fuel pressure regulator is not worked normally, the failure phenomena (starting failure, starting delay, accelerated failure, engine mismatch et al.) occurred because the fuel pressure is not stabilized and controlled accurately. In this study, the effects on a fuel pressure, return fuel mass flow, and engine rotating speed according to the control rate of fuel pressure regulator were investigated to analyze the performance variation under the failure conditions of a fuel pressure regulator. As a result, when the control rate of a fuel pressure regulator decreased by 4%~6% compared to that of the standard condition, the variation of engine rotating speed and return fuel flow were increased greatly, and the abnormal condition occurred. In addition, it is possible to diagnose the failure of a fuel pressure regulator by monitoring these conditions.

Key Words : Common rail diesel engine, Injector, Exhaust gas, Cleaning, Injector cleaning

1. 서론

디젤엔진(Diesel engine)의 사용은 루돌프 디젤(Rudolf diesel)에 의하여 발명된 이후 현대의 산업을 이끌어 가는 중추적인 역할을 하고 있다. 디젤기관의 높은 효율과 낮은 이산화탄소 배출이라는 장점에도 불구하고

국내 대도시의 대기오염에 디젤자동차가 차지하는 비율이 NOx 48.9%, PM 51.1%를 차지하고 있어 이에 대한 저감기술이 시급한 실정이다. 일반적으로 이와 같은 성분들은 매연 발생에 비례하여 생성된다.

2013년을 기준으로 전국 자동차 수량은 19,400,864대 (관용차:72,781대, 자가용:18,202,292대, 영업용:1,125,791

*Corresponding Author : Tae-Jung Kim(Chosun Univ.)

Tel: +82-62-230-7769 email: tj906@hanmail.net

Received September 26, 2014

Revised October 9, 2014

Accepted October 10, 2014

대)이며, Table 1은 국내 자동차 등록차량의 사용연료별 차량으로 경유를 연료로 사용하는 디젤엔진 차량은 7,395,739대이다[1].

[Table 1] 2013 Vehicle registration data statistics
[Unit : EA]

Gasoline	Kerosine (paraffin)	light oil (Diesel Fuel)	LPG	etc
3,706,806	5,692,605	7,395,739	2,391,988	213,669

Source: Ministry of Land, Infrastructure and Transport

디젤엔진(Diesel engine)에서 인젝터(Injector)의 역할은 엔진의 구동에 있어서 직접적인 역할을 한다. 따라서 인젝터의 성능이 엔진의 연소에 큰 영향을 미치고 이에 자동차의 성능도 크게 변화한다. 이에 인젝터의 구조, 성능 및 작동 특성 등에 관한 연구가 다각적으로 이루어지고 있다.

인젝터는 엔진의 연소실 내에서 연료를 공급하여 압축착화(Compression ignition)에 의한 연소반응이 이루어지고, 배기가스 생성의 직접적인 원인이 된다. 인젝터는 고온·고압에 의해 생성되는 탄소 및 불순물에 직접적인 영향을 받는다. 이와 같은 현상으로 인젝터의 성능 저하로 인한 배기가스 증가 및 출력저하와 같은 현상이 발생한다. 본 논문에서는 인젝터의 탄소퇴적물(Carbon sediment)을 세척하여 노후된 자동차의 출력향상 및 배기가스 저감량, 출력변화 그리고 공전속도의 안정성을 실험적으로 분석 검토하는데 그 목적이 있다[2].

2. 실험장치 및 운전조건

2.1 실험장치 구성 및 방법

일반적으로 자동차 검사에 대한 관계법령인 “자동차 검사 및 점검 시행요령 등에 관한 규정 제5조인 점검시행”에서 “운행차 배출가스 검사방법(제5조 관련)”을 기준으로 검사한다[1]. 검사장비는 차대동력계, 배출가스 분석기, 매연측정기로 구성되어야 하며, 커먼레일 엔진은 한국형 경유 147(KD147모드 : 부하검사방법)은 승용 및 중형 이하 승합 화물, 특수 경유사용 자동차의 매연농도를 측정하는데 사용된다. 검사장비의 전산시스템은 KD147모드를 적용 하여야 하며, 광투과식 매연측정기는 부분 유량 채취방식(Partial flow principle)이어야 하고, 농도단위(%)로 측정되어야 한다. 또한 주 제어장치의 프

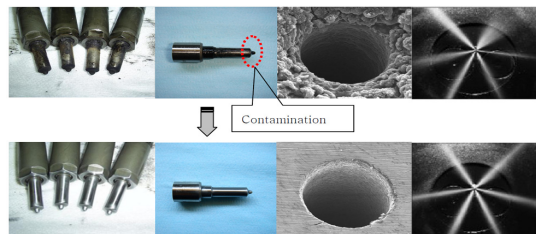
로토콜에 적합한 전송장치를 갖추어야 한다. 채취부는 배기관의 벽면으로부터 5 mm 이상 이격 시킬 수 있는 구조이어야 한다.

검사 중 시료채취관이 배기관으로 이탈되지 않도록 하여야 하며 시료채취관이 배기관으로부터 이탈될 때에는 주 제어장치를 통해 검사모드가 중지되도록 설계되어야 한다[3]. Fig. 2는 인젝터 성능 테스트 장비로서 인젝터 클리닝 이후 인젝터의 성능을 시험하는 모습을 보여 주고 있다.

2.2 인젝터 클리닝 방법

CRDI(Common-rail diesel engine)에서 인젝터 클리닝(Injector cleaning)은 인젝터의 노즐 및 내부세척으로 이루어진다. Fig. 1은 인젝터 노즐 클리닝 전과 후를 비교한 것으로 클리닝 전은 노즐 끝의 탄소 퇴적물에 의하여 연료의 분사가 고르지 않게 분사되며, 클리닝 후 연료의 분사량이 고르게 분사됨을 알 수 있다. 클리닝 후 연료의 분사형태를 Fig. 3에 보여주고 있다.

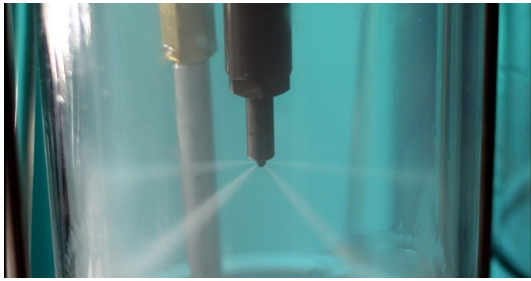
2.3 실험조건 및 방법



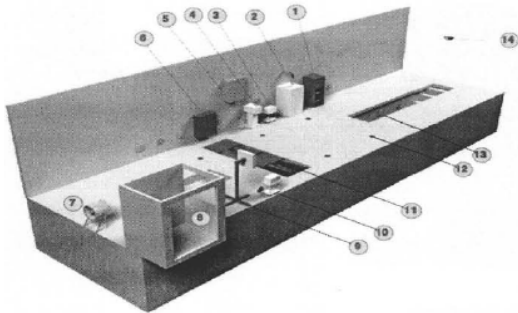
[Fig. 1] Normal and abnormal nozzle tips



[Fig. 2] Injector test machine



[Fig. 3] Nozzle injection of cleaning injector



- ① LAN Control Unit
- ② Smoke inhalation equipment
- ③ Smoke a Measuring Instrument
- ④ Exhaust gas a Measuring Instrument
- ⑤ Electrical Division Equipment
- ⑥ PAU Control Unit
- ⑦ Engine Cooling Blow Fan
- ⑧ Main Control Room
- ⑨ An Extra Monitor
- ⑩ rpm meter
- ⑪ Chassis Dynamometer
- ⑫ Safety Loops
- ⑬ Sensory Test Room
- ⑭ Photographic a Recording Equipment

[Fig. 4] Layout of Exhaust Emission Close Inspection Test[2]

차량의 매연 측정 시 측정값은 0.25초 마다 측정된다. 매연 배출허용기준이 30%이상인 경우, 매연 농도 30% 이상 측정치를 기준으로 3초 전과 3초 후를 합친 총 7초 동안의 산술평균값을 구하여 7초 동안의 산술평균값이 20%를 초과하면 앞에서 측정된 매연 30%이상 측정치 전·후의 1초 동안 산술평균값을 측정값으로 하고, 20% 이하이면 최고측정치 전·후 7초 동안의 산술평균값을 측정값으로 한다.

$$AVE = \frac{(A_{n-14}) + \dots + A_n + \dots + (A_{n+14})}{B} \quad (1)$$

AVE = 평균값(Average)

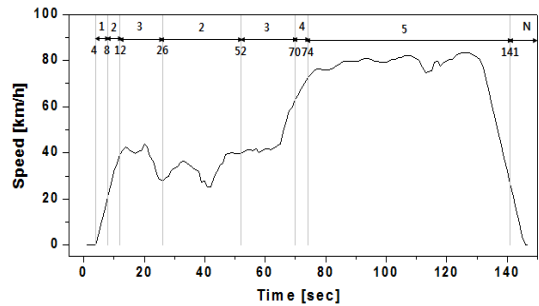
B = 측정된 Data 수

A_n = 30%이상 매연발생 값

$A_{n\pm 14}$ = 매연 30% 전 · 후 7초 동안의 값

7초 산술 평균값이 20% 초과일 때 중심값(30%이상 측정값)의 전 0.5초와 후0.5초 동안의 평균값은 다음과 같다.

$$AVE = \frac{(A_{n-2}) + \dots + A_n + \dots + (A_{n+2})}{B} \quad (2)$$



[Fig. 5] KD147 mode driving graph

[Table 2] Based on diesel vehicle Exhaust gas standards

Check Items		Exhaust Gas	
Application Data		~2011.12.31.	2012.01.01~
Manufacture Data	~1992.12.31.	50% Below	45% Below
	1993.01.01.~ 1995.12.31.	45% Below	40% Below
	1996.01.01.~ 2000.12.31.	40% Below	35% Below
	2001.01.01.~ 2007.12.31.	30% Below	25% Below
	2008.12.31.	20% Below	15% Below

[Table 3] Gear change with time of KD147 mode

Time	4	8	12	26	52	70	74	141
Gear change	1	2	3	2	3	4	5	N

식 [2]에서 B의 수는 5개이다. 반면, 7초 산술 평균값이 20%이하 일 때는 식(1)과 같다. 식(1)의 B의 값은 29

개 이다.

Fig. 4은 매연 측정장치로 차대동력계에서 도로부하마력을 설정하고 주행패턴에 따라 가속, 급가속, 정속, 급감속, 감속하여 시험한 결과를 보여주고 있으며 반복시험의 정확성, 주변소음, 시험차량 안정성이 다른 검사방법에 비해 우수하며, 특히, 엔진 가속페달 밟는 양 등의 임의조작 영향이 가장 적게 나타나는 KD147 모드를 실험 조건으로 설정하였다. 이는 차대동력계에서 차량중량에 따라 도로 부하마력을 설정한 다음 IM240 모드의 1단계 주행주기를 이용하여 147초 동안 최고 83.5 km/h까지 가속, 정속, 감속하면서 매연농도(%)를 측정하는 한국형 운행경유차 검사모드이며 이를 Fig. 5와 Table 3에 나타내었다. 매연농도는 부분유량 채취방식의 광투과식 분석방법을 채택한 측정기를 사용하여 측정한다[14]. 경유 자동차에 대한 검사방법은 한국형 경유147(KD-147모드)의 운행차 수시점검 및 정기검사의 배출허용기준에 의한 매연검사이며 합격여부의 판단은 Table 2와 같다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 6은 인젝터 클리닝 전·후의 사진으로 클리닝전은 인젝터의 노즐 부분에 탄소 퇴적물이 형성 되어 있음을 알 수 있다. 일반적으로 탄소 퇴적물은 인젝터의 노즐의 연료분사에 영향을 준다. 이를 정밀 클리닝 후 노즐부분의 탄소퇴적물이 제거되어 있음을 확인할 수 있다. Fig. 7은 노즐 클리닝 전 13년 된 A 차량의 매연검사를 실시한 결과이다. 제시된 매연검사 결과 매연 측정치가 81%로 부적합판정을 받는 것으로 나타났다.

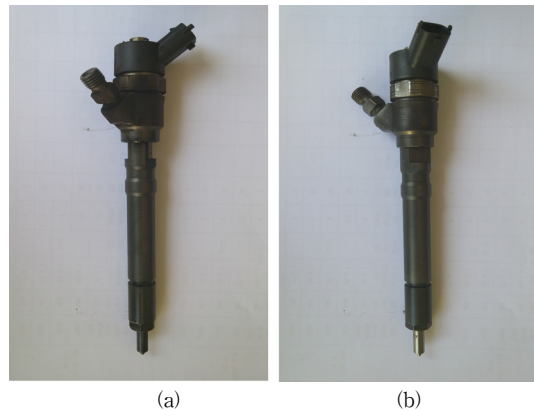
Table 4는 A차량의 노즐 클리닝 전과 후의 매연농도 검사의 일부본으로 총 588개의 데이터 중 29개를 보여주고 있으며 이는 매연농도가 가장 높은 시간을 기준으로 인젝터 클리닝 전·후의 매연농도를 비교하여 나타낸 것이다. 측정된 데이터의 매연농도가 30% 이상인 구간 중 한 곳인 NO.274의 68.25초를 기준으로 계산하면 농도 측정 평균값은 다음과 같다. 식(3)은 차량의 매연의 농도 판단의 기준이 된다. NO.275는 68.5초이며 매연농도 85.2%이고, 이를 기준으로 다음과 같이 계산하면,

$$\frac{(65\text{초값} \sim 72\text{초값})}{29} = \frac{(7.5 + \dots + 17.2)}{29} \quad (3)$$

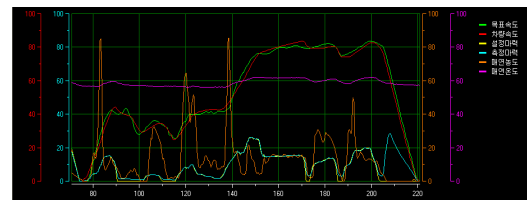
$$= 32.33\%$$

평균값이 32.33%로 20%를 초과하는 것으로 확인되었다. 7초 산술 평균값이 매연농도 30%를 초과 하였으므로 매연농도 기준 값인 68.5초 전·후 1초 동안의 평균값으로 매연 농도를 측정하며 다음과 같이 계산한다.

$$\frac{(81.55 + 85.4 + 85.2 + 81 + 71.85)}{5} = 81.00\% \quad (4)$$



[Fig. 6] Photography of injector
(a) Before cleaning, (b) After cleaning



(a) Before cleaning the intake manifold KD147 mode graph

[운행연차]		[경유사용차동력계용]			
정밀 검사 결과 표(KD-147)					
접수번호 제 E023-20110219-0002-1 호		(위발유, 가스, 알콜사용 자동차용)			
1) 동 료 번 호	09-2672	2) 차대번호	KM4HS061VP1U056747	3) 제원관리번호	*****
4) 소유자정명 (상호)	*****	5) 차명(제작사)	현대	6) 차종(용도)	승용차
7) 연 식	2001	8) 연 료	경유	9) 누적주행거리	124,047 Km
10) 최초등록일	2001-01-22	11) 정밀검사유요기간만료일			
12) 종합판정	부적합	13) 검사시간			
14) 정밀검사유요기간 : 1회 부적합 차량입니다.					
15) 관능및기능검사	판정 : 적합	16) 배출가스검사			
		검 사 항 목	속정지	허용기준	판정
		무부하검사	%	%	
		부하	1모드 81.0%	30.0%	부적합
		검사	2모드 %	%	
		연	3모드 %	%	
		최 대 출 력	ps	ps	
		엔진회전수	rpm	%	
대기온도 :	4.20	대기압력	100.80		
17)길이	4,500 mm	20)할 식	D4EA	23)차량중량	1,685 kg
18)너비	1,820 mm	21)배기량	1,991 cc	24)승 용 량	2,140 kg
19)높이	1,685 mm	22)정격출력/최대출력	115A/000	25)정 령	7 명
				26)특기사항	

(b) Before cleaning the intake manifold KD147 mode chart

[Fig. 7] Test result before injector cleaning

[Table 4] Emission measurements Log Data

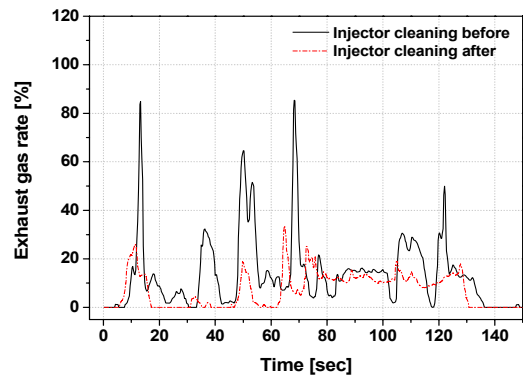
NO	Time(sec)	before	after
261	65	7.500000112	32.800000049
262	65.25	8.100000121	29.800000044
263	65.5	8.550000127	23.500000035
264	65.75	8.550000127	22.050000033
265	66	8.250000123	20.600000031
266	66.25	8.800000131	17.850000027
267	66.5	10.35000015	15.150000023
268	66.75	12.02500018	10.600000016
269	67	13.7000002	9.1500000136
270	67.25	28.95000043	7.9500000118
271	67.5	42.85000064	7.2000000107
272	67.75	58.80000088	6.7500000101
273	68	81.55000122	6.3000000094
274	68.25	85.40000127	6.0000000089
275	68.5	85.20000127	5.75000009
276	68.75	81.00000102	5.5000000082
277	69	71.85000107	5.8500000087
278	69.25	61.30000091	7.6500000114
279	69.5	50.45000075	7.1500000107
280	69.75	33.6000005	6.65000001
281	70	27.25000041	6.1500000092
282	70.25	22.40000033	5.350000008
283	70.5	17.75000026	5.0500000075
284	70.75	16.95000025	5.2500000078
285	71	16.87500025	6.3500000095
286	71.25	16.80000025	7.0000000104
287	71.5	17.75000026	7.7500000115
288	71.75	17.85000027	8.5500000127
289	72	17.20000026	11.950000018
AVE		32.33103496	10.95344844

1초 동안의 산술 평균값이 81%로 불합격 판정이 이루어졌으며, 인젝터 클리닝 이후의 검사결과로 29%의 매연이 측정되어 매연의 발생량 감소가 많은 구간에 대하여 큰 효과가 나타남을 알 수 있다.

Fig. 7은 A차량의 매연 측정결과를 그래프로 나타낸 것으로 인젝터 클리닝 전·후의 매연측정을 나타낸 것이다. 전반적으로 배출가스의 매연이 인젝터 클리닝 전에 구간적으로 60~80% 정도의 큰 값을 보이나 인젝터 클리닝 후는 32%가 최고값으로 나타났으며 약 20% 이하의 수치를 보였다.

Table 5에 매연농도가 높은 부분의 계산 값을 보여주

고 있다. Fig. 7중 매연의 농도가 30%가 넘는 구간 중 13.25, 53.25, 68.5, 122초의 네 구간을 계산하면, 13.25초의 7초 산술평균값이 26.68%로 매연농도 20%를 초과하여 계산된 매연농도의 값은 1초 산술평균값인 72.27%가 된다. 53.25초에서는 매연농도가 51.5%로 7초 동안의 산술 평균값이 35.49%이고, 이 또한 매연농도 20%를 초과하여 1초 동안의 산술평균값인 50.14%의 매연농도가 측정되었다. 또한 68.5초일 때의 매연농도는 85.2%이므로 7초 동안의 산술평균값은 32.33%이고, 1초 동안의 산술평균값은 81%로 나타났으며, 122초에서는 매연농도가 49.95%이고 7초 동안의 산술평균값은 22.83%로 20%를 초과하여 1초 동안의 산술평균값인 41.12%의 매연이 검출되는 것으로 확인되었다.



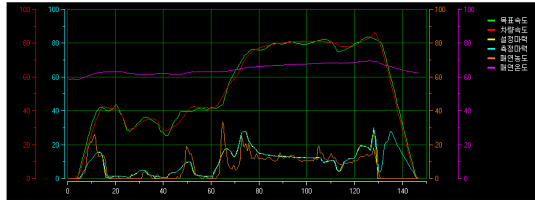
[Fig. 7] Injector cleaning of Before and After

[Table 5] Emission measurements 01

	More than 30%		7sec AVE [%]	Density of exhaust gases [%]	
	Time [sec]	Density [%]		20%<AVE (7sec)	20%>AVE (1sec)
before	13.25	84.85	26.68	-	72.27
	9.75~16.75				
	53.25	51.5	35.49	-	50.135
	49.75~56.75				
	68.5	85.2	32.33	-	81.00
	65~72				
after	122	49.95	22.83	-	41.12
	118.5~125.5				
	65.25	29.8	12.31	12.2	29.0
	61.75~68.75				
	64.75	33.6	12.0	12.0	-
	61.25~68.25				

인젝터 클리닝 후 매연의 농도가 전체적으로 낮아진 것을 Fig. 7에서 알 수 있다. 클리닝 후의 매연의 변화에서 30%이하의 값의 1초 산술평균값이 65.25초에서 29%

의 매연의 농도가 측정된다. 인젝터 클리닝 후 29%의 매연농도가 검출되어 적합 판정이 되었으며 Fig. 8은 A차량의 인젝터 클리닝 이후의 검사결과표를 보여주고 있다.



(a) After cleaning the intake manifold KD147 mode graph

정밀 검사 결과 표(KD-147)

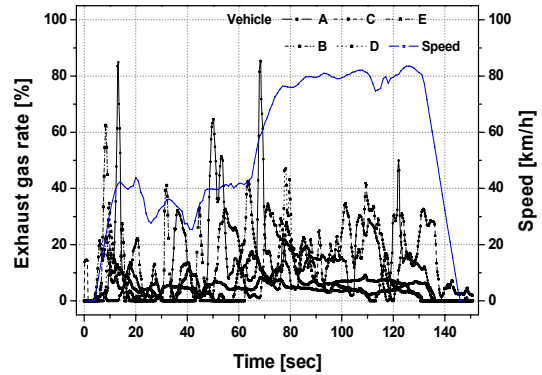
검사번호 제 B023-20110219-0002-2 호		(위발유, 가스, 압력사용 자동차용)	
1) 등록 번호 09우2672	2) 차대번호 KM4HSD61VP1U056747	3) 제원관리번호	*****
4) 소유자성명 (상호) *****	5) 차명(제조사) 현대	6) 차종(중도)	승용
7) 연 식 2001	8) 연 표 경유	9) 누적주행거리	124,050 Km
10) 최초등록일 2001-01-22	11) 정밀검사유효기간만료일		
12) 종합판정	적합	13) 재검사기간 :	
14) 정밀검사유효기간 :			
15) 관능필기능력사 판정 : 적합	16) 배출가스검사		
	검 사 항 목	측정치	허용기준 판정
	무부하점화	%	%
	부하 때 1모드	29.0%	30.0% 적합
	검사 연 2모드	%	%
	3모드	%	%
	최대 출력	ps	ps
	연진원전수	rpm	%
대기온도 : 6.50	대기압력 : 100.90		
차 17) 길이 4,500 mm	20) 형 식 D4EA	23) 차량중량 1,685 kg	26) 특기사항
18) 너비 1,820 mm	21) 배기량 1,991 cc	24) 총 중 량 2,140 kg	
배 19) 높이 1,685 mm	22) 정격출력/회전수 115A000	25) 정 원 7 명	

(b) After cleaning the intake manifold KD147 mode chart [Fig. 8] Test result after injector cleaning

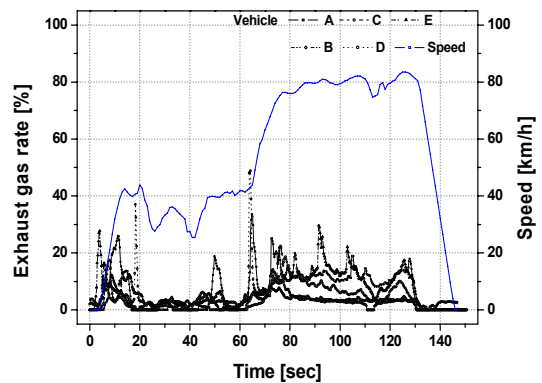
Fig. 9는 위의 A차량과 같은 종류의 엔진을 가진 10년 동안 운행 중인 5대의 차량의 인젝터 클리닝 전·후의 매연 농도를 비교한 그래프이다. Fig. 5의 KD147 모드 주행그래프를 기준으로 비교하면 매연의 농도가 높은 구간은 거의 변속 전·후와 속도의 증가가 일어나는 구간에서 매연의 농도 검출이 다른 구간보다 많이 생성됨을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 엔진의 연소실의 연소반응이 불균일한 연소반응에 의하여 불완전 연소가 되었음을 알 수 있다.

인젝터의 연료분사가 빠르게 이루어지는 구간에서는 매연의 생성이 많이 이루어지는 것으로 확인되었다. 반면 Fig. 9의 (b)는 인젝터 클리닝 후의 매연 측정결과로 전체적으로 매연이 감소함을 알 수 있다. 특히 등속구간에서는 매연의 발생이 균일하게 생성됨을 알 수 있다. 또한 기어변속 및 가속구간에서의 매연의 발생량이 인젝터 클리닝 전과 비교하면 매연 농도의 감소폭이 큰 것을 확

인하였다. 즉, 인젝터 클리닝으로 인하여 전체적으로 불완전연소가 이루어지던 구간에서 완전연소에 가깝게 운전됨을 확인할 수 있다.

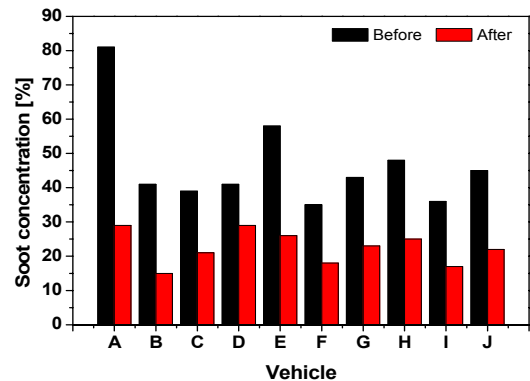


(a)



(b)

[Fig. 9] Injector cleaning after check exhaust gas (a) Before injector cleaning (b) After injector cleaning



[Fig. 10] The injector of soot measurement results about before and after cleaning

Fig. 10은 동일한 배기량과 CRDi 형식의 다양한 10대 차량의 인젝터 클리닝 전·후의 매연 감소폭을 나타낸 그래프이다. 10대의 차량의 인젝터 클리닝 전·후의 평균매연농도는 46.7%에서 22.5%로 클리닝 전에 비하여 매연의 발생량이 20%이상 크게 감소하였음을 확인할 수 있으며 전반적으로 매연 발생량이 배출 허용기준 30% 이하로 감소하였음을 확인하였다. 또한 매연발생량이 많은 자동차일수록 그 감소폭이 큰 것으로 확인되어 인젝터 클리닝의 효과가 오래된 자동차에 더욱 필요함을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 자동차의 인젝터 클리닝이 매연 발생에 미치는 영향에 대한 연구를 실험적으로 진행하였으며 연구의 결과는 다음과 같다.

- 1) 오래된 자동차의 매연 검사결과 인젝터에 탄소와 같은 이물질의 영향으로 엔진의 연소실 내에서 불완전연소가 되어 매연의 발생이 크게 증가함을 확인할 수 있다.
- 2) 인젝터 클리닝을 하였을 경우 매연의 발생이 감소하는 것을 알 수 있다. 특히, 클리닝 전 기어의 변속 전·후 및 가속구간에서 매연의 발생이 증가한다. 클리닝 후 완전연소로 인하여 등속구간에서의 매연 감소 효과가 크게 나타남을 확인하였다.
- 3) 차량 10대의 인젝터 클리닝 전·후의 평균매연농도는 46.7%에서 22.5%로 클리닝 전에 비하여 매연의 발생량이 20%이상 감소하였음을 확인하였다
- 4) 인젝터 클리닝을 통하여 매연의 발생량을 허용배출 기준 30% 이하로 충분히 감소시킬 수 있으며 오래된 자동차의 경우 인젝터 클리닝이 반드시 필요함을 확인하였다.

References

[1] "Car General Inspection Training Fellowship", Transportation Safety Authority Operational headquarters inspection Automobile Inspection processed (2011.03), pp296, pp361-389

[2] H. J. Kang, "A Study on the Maintenance Method using the Analysis Data of the Exhaust Emission Close inspection Rest", *Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Industry Kumoh National Institute of Technology*, pp10, 2005

[3] H. H. Kim, Y. C. Yun, G. H. Choe, "Common Rail Diesel Engine", Golden Bell, ISBN (2009)

[4] A/S Learning Materials "Electronic control diesel engine" A/S Learning Materials Hyundai-Kia Automotive, Ver1, (JUN. 2003)

[5] K. T. Park, H. H. Lee, J. S. Choi, "Professional Engineer Transportation Vehicles", ISBN (2010)

[6] D. G. Kang, "Practical fault diagnosis by analysis of exhaust gases encyclopedia", Cartech (1998.07)

[7] J. H. Kim, "Automotive diesel engine", Golden Bell. (2011.04)

[8] D. S. Bae, J. S. Lee. "Study on Smoke Prediction in Heavy-duty Diesel Engine" *Journal of academia-industrial technology*, Vol.9 No.4, 2008
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2008.9.4.865>

[9] B. W. Kim "A Study on Optimization of Catalyst Injection Controller for Reducing Soot" *Journal of academia-industrial technology*, Vol.7 No.3, 2006

[10] D. S. Bae "The Performance Test on A Continuous Regeneration DPF in A HD Diesel Engine" *Journal of academia-industrial technology*, Vol.7 No.5, 2006

[11] S. J. Moon, S. j. Jeong, S. I Lee, T. H. Kim, "A Numerical Study on the Geometry Optimization of Internal Flow Passage in the Common-rail Diesel Injector for Improving Injection Performance", *Transactions of KSAE*, Vol. 22, No. 2, PP. 91-99, 2014

[12] T. J. Kim, C. W. Myung, H. H. Cho, "The Case of Injector Cleaning Reaches to the Smoke In Common Rail Engine", *KSAE 2011 Annual Conference in Gwang-ju • Ho-nam branch*, PP. 89-93, 2011

[13] J. G. Hong, K. W. Ku, J. H. Kim, C. W. Lee, "Spray characteristics of CRDi for injection and ambient pressure", *KSAE 2012 Annual Conference in Dae-gu • Gyeong-buk branch*, PP. 56-60, 2012

조 흥 현(Hong-Hyun Cho)

[정회원]



- 2005년 8월 : 고려대학교 기계공학과 대학원(공학박사)
- 2005년 9월 ~ 2006년 10월 : 삼성 전자 가전연구소 책임연구원
- 2007년 1월 ~ 2008년 3월 : 미국 NIST 객원연구원
- 2008년 4월 ~ 2014년 2월 : 조선대학교 기계공학과 조교수

• 2014년 3월 ~ 현재 : 조선대학교 기계공학과 부교수

<관심분야>

신재생에너지, 냉동공학, 열전달

김 태 중(Tae-Jung Kim)

[정회원]



- 1998년 2월 : 목포해양대학교 기관공학과 (공학사)
- 1998년 4월 ~ 2000년 6월 : STX 팬오션 해기사 (2등기관사)
- 2010년 2월 : 조선대학교 대학원 기계공학과 대학원 (공학석사)
- 2013년 2월 : 조선대학교 대학원 기계공학과 대학원 수료

• 2013년 3월 ~ 현재 : 조선이공대학교 자동차과 강의전담교수

<관심분야>

열전달, 자동차 배출가스