바이오연료용 저 NOx 버너

백두성*, 이종선*
*대진대학교 컴퓨터응용기계설계공학과
e-mail: dsbaik@daejin.ac.kr

Low NOx Burner for Bio-fuel

Doo-Sung Baik*, Jong-Sun Lee*
*Dept of Computer-aided Mechanical Design Engineering,
Daejin University

요 약

에너지와 환경에 대해 사회적인 이슈가 되어 왔으며, 이중 바이오 연료는 친환경적인 연료로 이미 연구를 해오고 있다. 그러나 바이오연료 특성상 질소산화물이 경유에 비해서 20~30%가 더 많이 배출되므로 적용에 따른 환경문제가 대두되었다. 따라서 본 연구는 폐식용유를 이용한 바이오연료를 버너에 적용하여 발생되는 배기가스를 저감할 수 있는 기술을 개발하고자 했다.

1. 서론

인류 문명은 현재 눈부신 발전을 이루어 왔으나 환경오염으로 인한 생존자체의 위험과 에너지 고갈이라는 위기에 직면해 있다. 인류에게 주어진 과제는 환경오염 문제 해결과 대체에너지 개발로써 주연료인 석유는 43년 후 완전 고갈할 것으로 예상된다. 또한 화석연료에 의한 배기가스는 대기오염, 산성비, 오존층 파괴 및 지구 온난화 등으로 생태계 파괴와 각종 질병을 유발하고 있다.

환경과 대체에너지 차원에서 기술적인 해결책으로는 전처리기술과 후처리 기술 그리고 에너지원의 종류인 연료에 따라 대별할 수 있다. 전처리 기술은 버너나 보일러 자체기술을 의미하며 후처리 기술은 배기가스 저감하기 위해서 배출된 배출가스를 처리하는 기술을 의미하고 연료는 대체 연료 등을 도입함으로써 환경문제를 해결하고자 한다.

최근에 들어서 바이오연료는 현재 EU와 미국 등에서는 관련 연구를 활발히 진행되고 있다. CO, THC, SOx, 다고리방향족(PAHs) 및 PM 등을 근본적으로 감소시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 바이오 연료 특성상 질소산화물이 경유에 비해서 20~30% 더 배출되므로 적용에 따른 환경문제가 대두된다. 따라서 연구과제의 최종목적은 바이오연료를 버너에 적용하되 배출되는 배기가스를 저감하는 기술을 개발하고자한다. 즉 바이오디젤은 질소산화물이 증가하고 용해성유기물(SOF)을 감소시키지 못하므로 이를 저감하기 위해서 앞서 언급한 세가지 기술을 도입할 필요성이 있다[1].

2. 바이오연료 특성

표 1은 바이오 디젤의 물성치를 일반 경유와 비교하여 나타낸다 [2-5].

바이오 디젤은 경유에 비해 낮은 발열량을 갖고 있지만 일반 경유보다 세탄가가 높으며 더 인화점이 높아 취급이 용이하다. 바이오디젤은 B20으로 기관 개조 없이 사용하는 방식이 주류를 이루고 있으며 B100의 경우 배출가스 감소율은 증가하나 점성이 높아 연료분사 인젝터의 막힘이나 실린더내부의 퇴적의 증가 및 한냉시 유동성저하에 의한 냉시동성 악화를 유발할 수 있다. 바이오디젤은 연소과정에서 배출물중 NO_x가 약간 증가될 수 있고, 입자상물질 중 미규제 물질인 용해성유기물질(SOF)도 약간 증

가하는 경향이 있다.

표 1. 바이오디젤의 물성치

ITEM	Test result			
	ULSD	BD10	BD50	BD100
FAME	-	8.2	48.6	99.2
Flash point	59	61	97	168
Pour point	-30	-22.5	-11.5	-5.0
Density	828.2	836.3	859.7	883.9
Viscosity	3.17	3.99	4.02	4.18
CFPP	-34	-22	-12	-5
Cetane number	56	55.1	57.5	62.8
Sulfur	18	16	7	0
Acid Value	0.02	0.04	0.12	0.20
Ash	<0.01	<0.01	<0.01	<0.005
Carbon	85.83	-	-	76.22

3. 실험장치 및 방법

3.1 배기가스 재순환장치(EGR)

일반적으로 질소산화물은 연소 온도가 높을 때 많이 발생한다. 따라서 공연비와 점화시기가 최적일 때 NOx가 증가하므로 일반적으로 EGR 기술은 디젤기관에서 NOx를 획기적으로 줄일 수 있는 기술로 알려져 있다. 배기가스 순환은 배기가스의 일부를 흡기계로 되돌리기 때문에 연소실에 불활성가스(주로 CO_2)가 도입되도록 하여 연소실 내 가스의 열용량을 증가시키고 최고 온도를 저하시켜 질소산화물의 발생을 억제하는 것이 가능하다 (그림 1).

$$EGR_{RATE} = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \times 100$$

V_o : EGR 하지 않았을 경우의 흡입 공기량

V_1: EGR 적용시 새로운 흡입 공기량

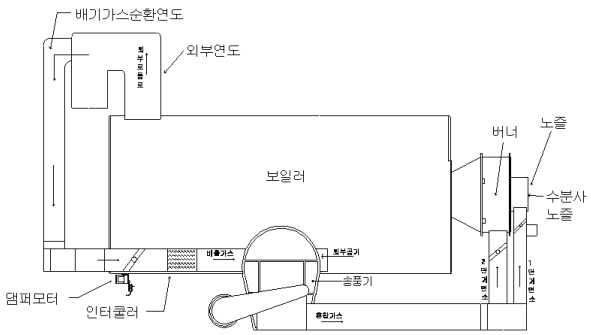

그림 1. Cooled EGR System 개략도

3.2 분사시스템 제어 장치

버너내의 최적의 분사조건을 조성하기 위해서는 4개의 분사노즐로 공급되는 최적의 연료양과 연소실의 온도를 낮추기 위한 수분사량 그리고 송풍기로 공급되는 공기량, 연도로 나가는 배출 가스량, 그리고 EGR율에 의해 순환하여 송풍기로 재공급되는 배가가스 순환량의 적당한 조합비에 따라 조절했다 (그림 2-4).

그림 2. 보일러 & 버너 개괄도

그림 3. 버너 연소실 내부

그림 4. 배기가스 재순환장치의 연도

4. 실험 결과

실험은 Cooled EGR 시스템을 장착하여 재순환되는 배기가스 양을 댐퍼로 제어하여 송풍기로 흡입되는 산소량을 조절하여 연소에 필요한 연료량과 산소량을 부연소실과 주연소실로 나누어 제어했다.

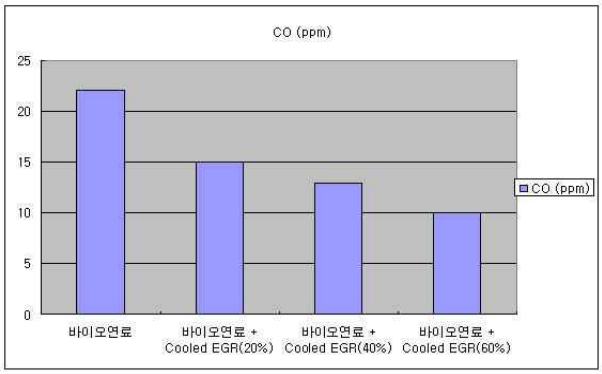

그림 5. EGR율에 따른 CO 배출가스 량

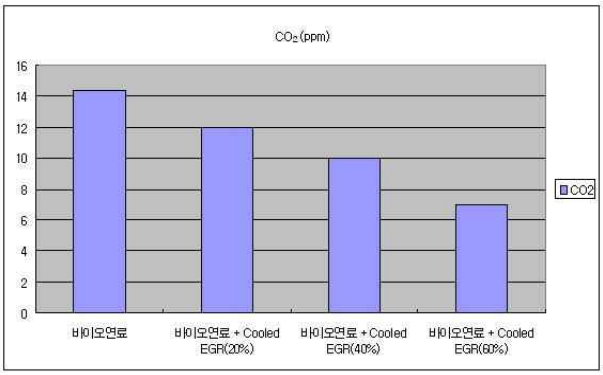

그림 6. EGR률에 따른 CO_2 배출가스 량

그림 5는 EGR율에 따른 CO 배출가스 량을 나타낸다. EGR율 60% 의 경우는 EGR을 적용하지 않았을 때 대비 100% 이상의 저감 효과가 있었다.

그림 6은 EGR율에 따른 CO_2 배출가스 량을 나타낸다. CO_2는 불활성기체의 역할을 하기 때문에 연소시 NOx의 발생을 억제하는 역할을 했다.

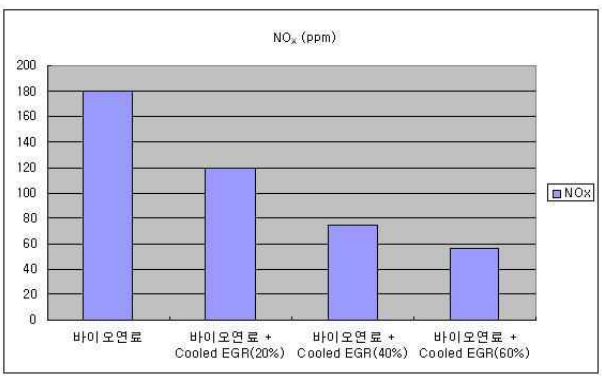

그림 7. EGR률에 따른 NOx 배출가스 량

그림 7은 EGR율에 따른 NOx 배출가스 량을 나타내며 60% EGR율을 적용시 재순환되어 연소실에 흡입되는 CO_2의 증가와 산소 농도의 감소로 인해서 순수 바이오디젤 배출량 대비 200% 저감효과가 있었으며 이는 저 NOx 버너 인증기준(60ppm)에 부합된다.

5. 결론

에너지 측면을 고려해서 기존의 연료인 경유를 대신할 수 있는 대체에너지원으로서 바이오연료를 사용하여 기존 버너에 적용시킬 수 있는 기술을 개발하였고 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 단계별 연소와 배기가스재순환 장치, 연료량 그리고 수분사량을 조절하여 폐식용유 연료를 사용하는 저 NOx 용 버너시스템을 개발했음.
2) 바이오디젤의 도입으로 온실가스 주범인 CO_2를 20% 이상 절감이 가능함.
3) Cooled EGR시스템을 도입하여 바이오디젤에서 배출 되는 NO_X 를 제거하는데 30% 이상 효과가 있었음.
3) 현 바이오디젤의 버너는 저 NO_X 버너 인정 기준 (CO 150 ppm, NO_X 60ppm)에 적합함.

참고문헌

[1] http://www.kier.re.kr
[2] 이영재, “디젤차량 대체연료로서의 바이오디젤의 현황,” 오토저널, pp. 16~23, 2006. 10.
[3] Henkel Inc, "Continuous process for the production of lower alkyl esters," us patent 5514820.
[4] http://www.biodiesel.de
[5] “Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel life Cycles." NREL/TP-580-24772, 2001.