

Bio-gas 엔진 개발에 관한 연구 (I)^{*}

- 부품 및 시스템 설계 · 제작 -

Development of a Bio-gas Engine (I)

- Components and System Design & Manufacturing -

백 이*	유 영 선*	김 영 중*	강 금 춘*	조 기 현**	이 정 택**
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
Y. Paek	Y. S. Yu	Y. J. Kim	G. C. Kang	K. H. Cho	J. T. Lee

1. 서론

지구환경보존이 세계적인 과제로 되어있는 오늘날 디젤엔진으로부터 배출되는 배기배출물에 대한 문제가 대두되고 있으며, 미국의 캘리포니아주(CARB)에 있어서는 세계최초로 농업기계용 엔진을 포함한 운송용 엔진에 대하여 엄한 배기가스 규제법안을 세워 시행중에 있다. 또한 전미, 유럽 및 일본에 동일한 검사가 이루어지고 있는 실정이다. 따라서, 디젤엔진으로서 문제가 되고 있는 배기성분인 NOx와 파라클레이트(PM)에 대한 저감대책으로 최근 고압분사(HSDI), EGR 및 후처리(De-NOx)촉매등의 연구가 시행되고 있으며, 전망이 기대되어지고 있다. 그러나 경제성, 내구성, 제품의 크기, 차량의 중량증가등이 과제로 남겨지고 있다(유강택 외 1997).

Bio-gas 엔진의 개발은 고갈되어가는 석유연료의 대체에너지로서의 성격을 가지지만, Bio-gas 엔진은 점차 증대되는 엔진의 배출가스로 인한 대기오염을 저감시킬수 있는 청정에너지로서의 특성을 가지고 있다, 따라서, 기존 디젤엔진의 동력전달장치를 가능한 그대로 사용하기 위한 관점에서, 엔진최고속도, 최대토크 및 출력등의 동력성능이 기존 디젤엔진과 저속영역에서 토크가 유사한 수준으로 제시 되고 있다.

본 연구에서는 기존 디젤엔진의 대체 기관의 개발로서, 농업 부산물의 에너지인 청정에너지를 사용하는 Bio-gas 엔진의 개발로서 먼저 목표성능을 위한 기관의 개념설계 및 부품개발과 분석 등을 통해서 성능향상을 추구하고, 나아가 농업 활용 가능성과 경제성등을 분석하여, 기존 디젤기관의 대체 동력원으로서의 실용화 가능성을 타진코자 한다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서는 국내 농가에 널리 보급된 26PS 트랙터에 탑재된 와류실 방식의 디젤엔진

* 농업기계화연구소

** 경도대학 기계자동차과

을 토대로 하여 Bio-gas의 연소화를 위해 연소실내의 화염전파 향상을 위한 연소실형상 설계 및 연료 및 점화계통의 부품등을 조합하여 원형 디젤엔진과 저속영역에서 유사한 출력을 얻을 수 있는 기술을 확립하는 것을 본 연구의 목표로 삼고 있다.

본 연구에 사용된 디젤엔진의 개략도는 그림 1과 같다. 또, 원형엔진의 주요부 제원은 표 1과 같으며, 본 연구의 원형엔진은 직립 수냉식 4사이클 엔진으로 건조중량은 약 162kg 정도이다.

Table 1. Specifications of the original diesel engine

Item	Model TD-1400
Type	4 cycle, water cooled, in-line type
Number of cylinder	3
Bore × Stroke	85 mm × 82 mm
Length of connecting rod	133 mm
Displacement volume	1,395 cc
Rated horse power	19.2 kW
Max. speed	2,800 rpm
Rated speed	2,600 rpm
Combustion chamber	Spherical, swirl chamber
Compression ratio	21
Injection pump	Bosch type
Injection nozzle	DN12SD
Injection pressure	13.7 MPa
Injection timing	25° BTDC
Injection order	1-2-3

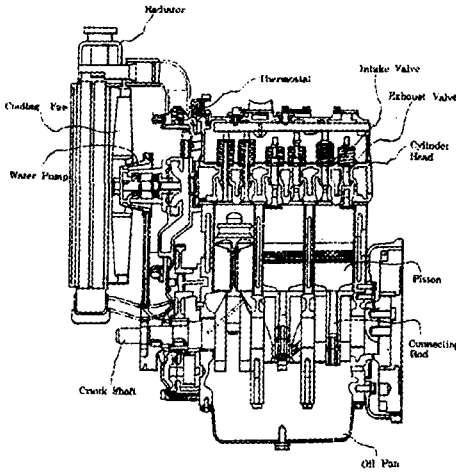


Fig. 1 Sectional view of the original diesel engine.

3. 결과 및 고찰

가. 연소실 형상 설계

원형 디젤엔진의 경우 압축비가 21:1이며, 이는 불꽃점화기관인 Bio-gas 엔진에는 부적합하여, 이러한 높은 압축비를 낮추기 위해 압축비 조정이 반드시 필요하였다. 따라서, 디젤엔진의 고압축비를 낮추는 방법은 실린더헤드와 실린더블록사이에 끼워지는 시임의 두께를 증대시켜 연소실의 체적을 증대시키는 방법으로 Bio-gas는 옥탄가가 비교적 높은 연료이므로 출력증대를 위해서 실린더헤드와 실린더블록간에 삽입된 압축비 조정시임의 두께를 3.5mm로 하여 옥탄가와 노크한계를 고려하여 압축비를 9.5:1의 최적압축비를 형성하였다. 압축비 조정시임의 형상은 그림 2와 같다. 또한, 피스톤의 크라운부의 형상을 그림 3과 같이 가스엔진의 bowl을 수정·설계 하였으며, 피스톤 헤드부의 체적은 30.25cc로 하였다. 원형 디젤엔진의 바울의 크기와 스커트의 두께등을 수정키 위해 디젤엔진의 연소실 제원은 다음과 같이 산출된다.

압축비 : $CR = \frac{V_c + V_D}{V_c} = 21.02 : 1$

행정체적 : $V_D = \frac{1.395}{3} (\frac{cc}{cyl}) = 465 \text{ cc}$

연소실 체적 : $V_C = V_W + V_H = 16.56cc$

피스톤 bowl 체적 : $V_W = 4.12cc$

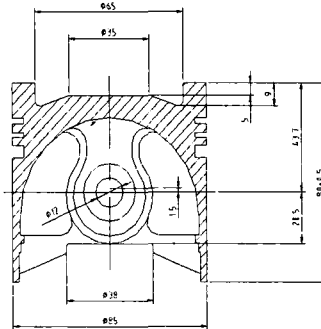
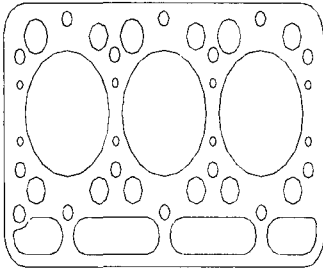


Fig. 2 Adjustor shim of the Bio-gas engine

Fig. 3 Design of piston bowl.

to decrease the compression ratio.

가스엔진의 압축비를 9.5:1로 하여 피스톤 스커트부의 두께를 최대한 허용하는 범위 내에서 피스톤을 설계하여, 알루미늄합금(AC9A-T7)을 사용하여 Bio-gas 엔진용 피스톤을 제작하였다.

나. 연료공급장치

본 연구의 가장 중요한 부분으로 Bio-gas 연료의 공급장치로서 Bio-gas엔진의 연료공급장치는 Bio-gas를 저장하고 있는. 펌배와 이 펌배에 충전된 액상의 가스에 함유되어 있는 불순물을 제거하는 필터와 전자석에 의해 작동되어 연료통로를 개폐하는 기상연료 공급밸브 및 액상연료 공급밸브와 이들 밸브를 통과한 Bio-gas를 예열하는 프리히터와 프리히터를 지나면서 예열된 고온의 Bio-gas를 감압하여 기화시키는 베이퍼라이저의 기화된 Bio-gas를 연료화하여 공기와 혼합하여 실린더내의 연소실로 공급하는 믹서로 이루어진다.

Bio-gas펌배에 저장된 Bio-gas는 베이퍼라이저를 둘러싸고 있는 워터자켓내의 냉각수 온도를 감지하는 수온센서의 신호에 따라 선택적으로 개방되는 기상 또는 액상 송출밸브를 통해 프리히터로 보내진 다음 다시 베이퍼라이저로 공급되어지며, 프리히터와 연결된 공급호스는 상술한 수온조절기 하우징에 형성된 출구포트와 연결되어 있으며, 베이퍼라이저와 연결된 리턴호스는 수온조절기 하우징의 입구포트

와 연결되어지도록 설계·제작하였다.

다. 조속기

기존의 디젤엔진에서는 일반적으로 조속기는 엔진의 공회전시나 과회전시에 부하에 따라 노즐홀더를 통해 분사되는 연료의 공급량을 자동으로 조정하여 기관의 출력을 일정하게 유지하기 위해 사용되어진다. 일반적으로 디젤엔진은 공회전시나 과회전시의 부하변동이 극히 적은 반면에 Bio-gas 엔진을 장착하게될 농업용 트랙터의 경우에는 경운, 썰토, 정지, 포장작업등을 수행하는 작업기를 별도로 부착하여 사용하기 때문에 이들 작업기를 사용하다보면, 작업기의 부하가 큰 폭으로 변동하게 되고 그로 인해 기관의 출력이 심하게 변화하게 되어진다. 부하가 갑자기 증가되는 경우에는 조속기에 설치된 경사레버가 컨트롤 케이블을 당겨 작동레버를 회동시킴으로써 믹서내의 드로틀밸브를 개방하여 출력을 증대시키는 결과를 얻을 수 있었다. 본 연구에서 적용한 조속기의 개략도는 그림 4와 같다.

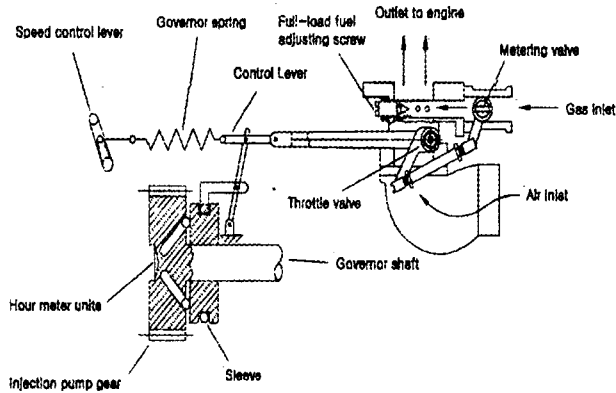


Fig. 4 Governor of control system.

라. 전기점화장치

원형 디젤엔진을 Bio-gas 엔진으로 대체하기 위해서는 기존의 압축착화방식에서 불꽃점화방식으로 전환되어져야 한다. 따라서, 전기적인 점화장치의 필요에 따라 Bio-gas 엔진에서 채용한 배전기는 하우징에 의해서 실린더블록의 외부에 설치되는 것으로, 하이텐션코드를 사용하여, 실린더헤드에 장착된 각 점화플러그에 고압의 전기를 공급하여 혼합기를 점화하게 된다. 배전기의 구조 및 기능은 가솔린 엔진에서 일반적으로 사용하는 배전기와 동일한 것을 사용하였으며, 기존의 디젤엔진에 배전기를 장착하기 위하여 기존의 연료 펌프구동축을 이용하여 구동하는 방식을 채택하여 구동하게 하였다.

구동기어는 배전기 기어를 회전시킴으로써, 점화시기에 맞게 각 점화플러그에 고압의 전기를 1-2-3순으로 각 실린더에 분배하게 된다.

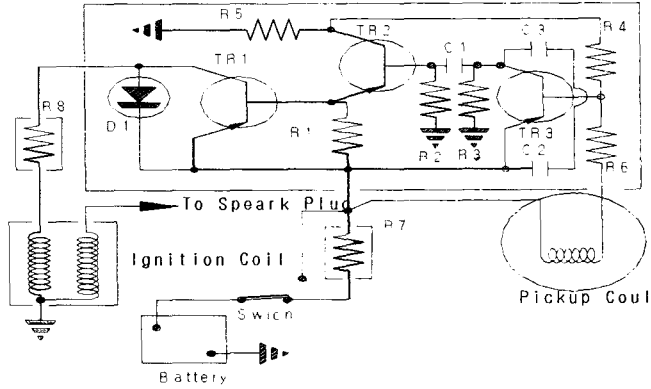


Fig. 5 Electric circuit of the ignition system.

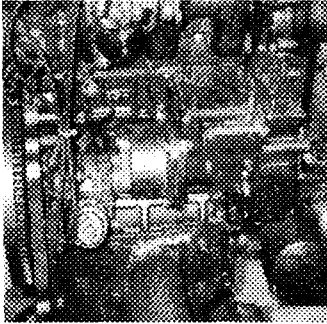


Fig. 6 Composition of electric supplier.

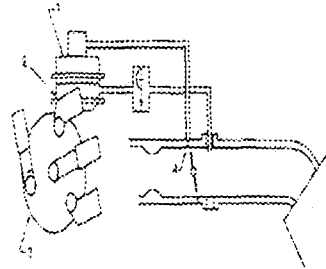


Fig. 7 Ignition of retard system.

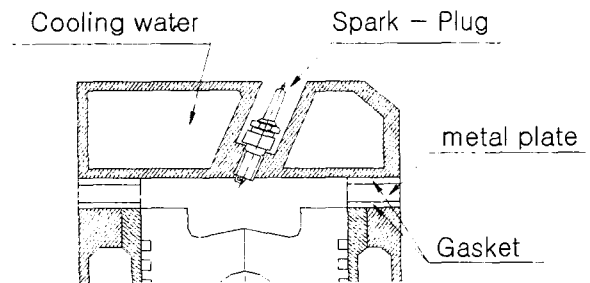
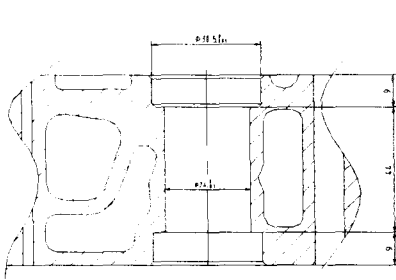


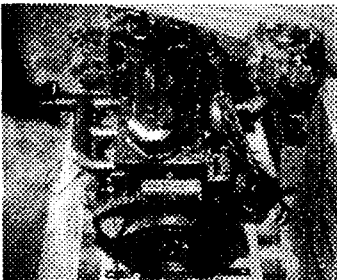
Fig. 8 Cross-sectional diagram of spark plug hole.

마. Bio-gas 엔진 시제품의 제작

Bio-gas 엔진 주요부품의 설계를 바탕으로 하여, 본 연구인 Bio-gas 엔진을 시제품 제작하였다. 우선 원형 디젤엔진을 완전분해하여, Bio-gas 엔진에 적합한 압축비의 구성을 위해서 압축비 조정시임을 적용하였고, 기존 디젤의 연소구조에 적합한 연소실의 형상을 Bio-gas 엔진의 Bio-gas 연소에 적합하게 연소실의 형상을 변형하여, 피스톤 헤드부의 형상을 변화하여 가공하여 장착하였다. 연료공급장치로 기존의 분사형식에서 혼합기방식으로 혼합믹서형식의 스톨바디를 사용하였고, 원형 디젤엔진의 예열플러그 위치에 점화플러그 장착을 위해 가공하여 점화플러그를 장착하였다. 또한, 원형 엔진의 분사펌프 구동장치를 이용하여 배전기를 가동시킬 수 있도록 가공하여 배전기를 장착하여, 전체적으로 원형 디젤엔진을 Bio-gas를 사용할 수 있는 불꽃점화기관으로 개발하였다. 그림 9는 본 연구에 의해 개발되어진 Bio-gas 엔진의 형상을 나타낸 것이다.

4. 결과 및 고찰

본 연구에서는 디젤엔진을 개량하여 Bio-gas를 이용할 수 있는 엔진을 설계 제작하였으며, 특히, 연소실형상 변경, 연료공급장치, 조속기 및 전기점화장치등을 개조하여 Bio-gas엔진을 설계 제작하여 다음과 같은 결론을 얻었다.



가. 연소실형상의 설계에서 피스톤의 재질은알루미늄합금(AC9A-T7)을 사용하였으며, 피스톤크라운부분을 bowl형으로 가공하였으며, 압축비 조정을 위해 실린더와 실린더헤드사이에 조정심을 넣어 기존디젤의 압축비 21:1을 9.5:1로 되게 설계하였다.

나. 연료공급장치는 Bio-gas를 저장할 수 있는 볼베, 베이퍼라이저, 믹서등으로 구성하였으며 가스볼베는 수압시험 200kg/cm², 내압시험 150kg/cm²이상 견딜 수 있게 하였다.

Fig. 9 View of Bio-gas engine.

다. 조속기는 엔진의 공회전이나 부하에 따라 엔진의 출력을 일정하게 유지하도록 드로틀밸브와 조속기의 경사레버가 컨트롤케이블에 연동되도록 설계하였으며, 작업기의 부하가 변화하더라도 경사레버가 컨트롤케이블을 작동시켜 출력을 증대시킬 수 있게 하였다.

라. 전기점화장치는 기존엔진기관에 연료펌프구동축을 이용하여 배전기를 장착하였고 윤활과 타이밍 조정, 점화시기 진각 및 각 점화플러그에 고압의 전기를 분배하도록 하였다.

마. Bio-gas엔진의 구성은 엔진본체, 연료공급장치 및 제어장치로 설계 및 제작하였다.

5. 참고문헌

1. 디젤엔진의 CNG 전환기술개발. 대우중공업 : 1-213
2. 유광택 외 11. 1997. 열병합 발전용 200kW급 가스엔진 개발. 쌍용중공업 : 1-219
3. 이석호 외 9. 1993. 자동차 배출가스 저감기술. 창원기화기공업 기술연구소 : 1-147