

〈논 문〉 SAE NO. 96370066

IDI형 정적 연소기에서 점화시기 및 연락공의 형상이 연소특성에 미치는 영향

Effects on Combustion Characteristics Induced by Ignition Timing and Shape of Passagehole in a IDI Type Constant Volume Combustion Chamber

윤 수 한,* 이 중 순,** 김 현 지,** 박 춘 근,*** 하 중 료***
S. H. Yoon, J. S. Lee, H. J. Kim, C. G. Park, J. Y. Ha

ABSTRACT

In this research, we use IDI type constant volume combustion chamber which may make up stratified combustion to construct the design back data of lean-burn engine. Some experiments are conducted by the passagehole angle in the adapter of main chamber and sub-chamber. The effects on the combustion characteristics according to the ignition timing are investigated. The used fuel is methanol prospective for alternative fuel. Fuel is injected under 10.78MPa using solenoid and accumulator. As the results of the experiment, combustion characteristics reveals that ignition timing, passagehole angle and shape greatly effects on. Lean inflammability limit is extended to 0.45 in equivalence ratio.

주요기술용어 : Fuel injection device(연료분사장치), Passagehole(연락공), Sub-chamber(부실), Fuel/Air equivalence ratio(연료공기당량비), Lean inflammability limit(희박가연한계), Stratified mixture(층상혼합기)

기 호 설 명

<p>E : 점화에너지(mJ)</p> <p>ID : 점화지연시간(연료분사개시부터 점화시기까지의 기간) (ms)</p> <p>Pa : 공급공기 초기압력 (MPa)</p>	<p>Pi : 연료분사압력 (MPa)</p> <p>Ps : 분사노즐 설정압력 (MPa)</p> <p>PHA : 연락공 각도 (deg.)</p> <p>Pmax : 연소최고압력 (MPa)</p> <p>P₁₀ : Pa + (Pmax - Pa) × 0.1 (MPa)</p> <p>P₉₀ : Pa + (Pmax - Pa) × 0.9 (MPa)</p> <p>Ta : 공급공기 초기온도 (K)</p> <p>τ_{Pmax} : 점화시기부터 Pmax에 도달되는 시간 (ms)</p> <p>τ_{pr} : ($\tau_{Pmax} - \tau_{Pd}$) (ms)</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

* 정회원, 동명전문대학

** 정회원, 동아대 대학원

*** 정회원, 동아대학교

τ_{pd}	: 점화시기부터 압력상승개시까지의 시간 (ms)
τ_{10}	: 점화시기부터 (Pmax-Pa)의 10% 상승시간 (ms)
τ_{90}	: 점화시기부터 (Pmax-Pa)의 90% 상승시간 (ms)
ER	: 당량비

1. 서 론

선진제국은 자동차 배기가스에 대한 규제는 물론 연비규제도 한층 강화하고 있다. 석유계 연료의 유해가스 배출, 이산화탄소 배출로 인한 지구의 온난화 현상 및 환경파괴 문제를 해결하기 위해서는 전혀 공해가 없거나 공해가 적은 대체연료의 사용이 시급하며, 또한 연소방식의 개선에 대해서도 적극적으로 연구가 되어야 할 것이다^{1),2)}.

최근 내연기관의 연료절감 및 유해가스 저감을 위한 연소방식의 개선기술로는 희박연소가 유용한 것으로 알려지고 있다³⁾. 불꽃 점화기관에서 가솔린의 경우는 기관효율이 높고 정밀한 공연비 제어가 불필요한 등의 유리한 점이 있어 희박연소가 저연비화의 유효한 수단으로서 많은 연구가 보고되고 있다^{4),5)}. 그러나 메탄이나 천연가스를 예혼합시켜 연소시킬 경우 희박해 질수록 NOx는 저하되지만 화염전파속도가 느리고 연소기간이 길어지고, 연소상태가 불안정하여 엔진의 출력저하는 물론 착화성이 악화되기 때문에 이를 실용화하기에는 아직 문제점들이 있다^{6),7)}. 균일 예혼합기의 희박 연소는 연소실의 형상이나 공기 유동을 적정화 시킨다든지 보조 연료사용, 점화장치 개선에 의해 급속연소가 되게하면 저 NOx에 고효율의 기관이 될 가능성은 있지만 가연한계가 크게 변하지는 않는다⁸⁾⁻¹⁰⁾.

그러나 성층혼합기를 형성시킬 경우, 점화플러그 부근에 농후한 혼합기를 공급해 주면 다른 부분에는 희박 혼합기가 되더라도 가연한계를 대폭 희박측으로 확장하는 것이 가능하여 적은량의 NOx 배출과 고효율화가 실현될 가능성이 있다고 보고되고 있다¹¹⁾.

부실식 성층급기 방식에서는 주실과 부실이 연

락공으로 연결되어 있어 이 부분에서의 열손실이 있지만, 연락공의 크기와 길이, 형상의 변화에 의해 최소화 시킬 수 있다. 낮은 당량비의 연료를 부실내에 분사하면 주류는 주실로 분출되지만 부실의 크기가 주실에 비해 상대적으로 매우 작기 때문에 부실은 농후 혼합기를 이룰 수 있고 여기에 점화를 시키면 화염이 형성되어 매우 빠른 속도로 주실에 유입되어 주실내 혼합기가 착화되고 난류연소를 야기 하기 때문에 급속하게 연소되어 희박가연한계를 확장시킬 수 있을 것이다.

본 연구는 성층연소가 가능한 부실식 정적연소가 연락공 형상 및 점화시기를 변화시켰을 때의 당량비 변화에 따른 연소 특성을 조사한 것이다.

연료 분사량을 분사시간 조절로서 정확히 제어할 수 있도록 개발된 연료 분사장치¹²⁾를 이용하여 고압분사를 시킨다. 또한, 연료는 기화온도가 비교적 높지만 대체연료로서 유망한 메탄올을 사용하여 안정적인 저온 착화성을 향상시키고 동시에 희박가연한계를 넓힐 수 있는 연소특성을 규명함을 목적으로 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

Fig.1은 본 실험장치의 개략도로서 정적연소실, 점화장치, 공기공급장치, 연료공급장치, 정압 연료분사장치, 각종 제어 및 계측장치로 구성되어 있다.

알루미늄 2024합금의 원통형 정적연소실은 Fig.2에서와 같이 직경 70mm, 폭 50mm의 주실과 직경 30mm, 폭 50mm의 부실 및 주·부실을 연결하는 어댑터로 구성되어 있다. 어댑터는 컵(cup)형상의 부실(7.8cc) 및 연락공으로 이루어져 있다. 연락공의 크기는 松井幸雄¹³⁾ 김 등¹⁴⁾ 中國徹 등¹⁵⁾ 및 실제기관에서의 크기를 고려하여 직경 5.5mm, 길이 10mm로 설계하였다.

Table 1은 실험에서 사용된 6종의 어댑터 및 연락공의 형상과 치수를 나타낸 것이다. 주실과 부실의 양측면에는 화염전파과정을 가시화 할 수 있도록 두께 19mm의 석영유리를 설치하였고,

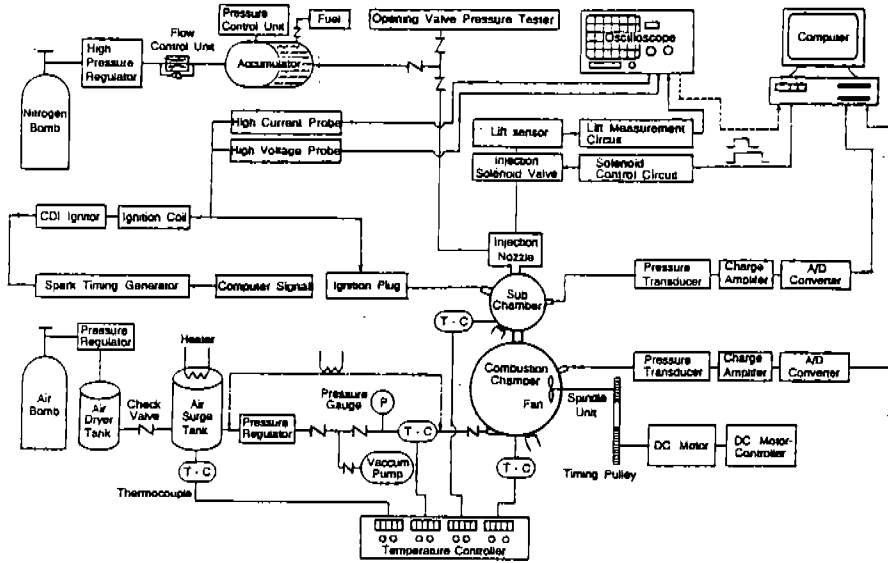
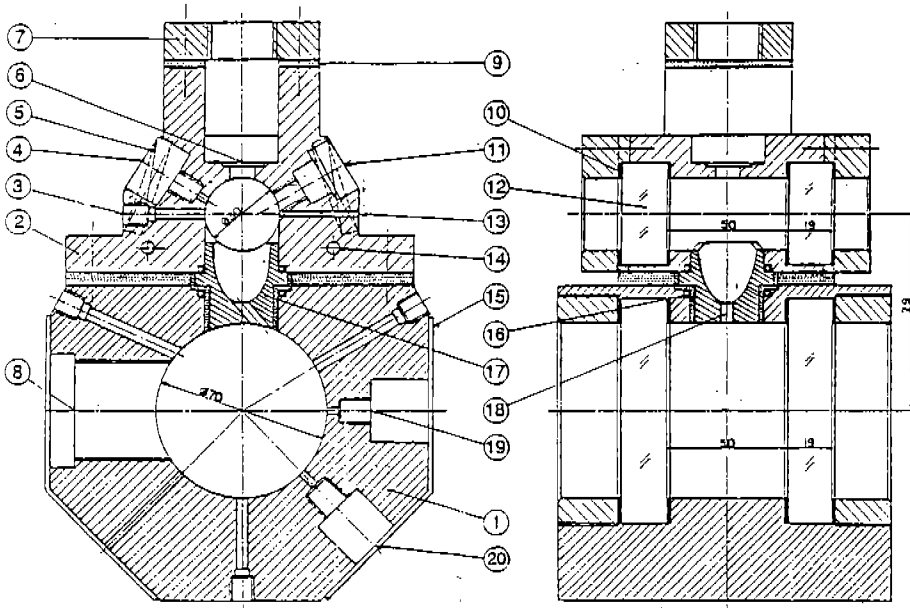


Fig.1 Overall schematic diagram of experimental apparatus



1. Main combustion chamber 2. Sub-chamber 3. Thermocouple 4. Pressure transducer 5. Ag-Cell heater 6. Injection nozzle bracket 7. Nozzle body attach plate 8. Turbulence generator 9. Adiabatic bakelite 10. Gasket 11. Ignition plug 12. Quartz glass 13. Heat flux measurement hole 14. Ceramic heater 15. Plate heater 16. O-ring 17. Chamber adapter 18. Passagehole 19. Pressure transducer 20. Inlet/Outlet of air

Fig.2 Schematic diagram of combustion chamber

공경은 1.0mm이다. 분사노즐 내부에 존재하는 연료의 온도 상승을 최소화하기 위해 노즐출터 하부에 냉각수 순환장치를 설치하였다.

연료분사는 서로 폭이 다른 1차, 2차 펄스를 동시에 PC에서 μs 단위로 인가하여 조정한다. 이때 1차펄스는 솔레노이드의 흡인 전류 상승을, 2차펄스는 유지전류를 제어하는 시간이 된다. 이에 따라, 분사노즐의 니들은 솔레노이드에 의해 상승되어 연료가 분사되고, 분사종료시는 노즐 내의 스프링에 의해 니들은 복귀된다.

연소실 내의 압력변화를 측정하기 위해 주·부실의 측면에 압력변환기(PE200kW, Kyowa Co.)로 측정하며, 증폭기를 거쳐 A/D변환기를 통해 PC에 입력된다. 점화시기는 PC에서 솔레노이드에 인가되는 펄스의 ON시점을 기준하여 리타더(retarder)로서 μs 단위로 지연시킨다.

2.2 실험방법

실험은 탈습된 공기를 373K로 가열하여 연소실에 0.5MPa로 주입시키며, 연소실의 벽면 온도 역시 373K로 유지시킨다. 연료분사압력은 10.78MPa로 설정하였으며 연료온도는 5~10°C를 유지하였다. 연락공의 각도(이하 PHA로 표시)는 수직축을 기준으로 0°~45°로 변화시킨다. 연료는 시약용 니트 메탄올(순도 99.95% 이상)을 사용하였다.

연료분사와 점화시기는 PC의 신호에 의해 조정하였다. 점화는 PC로부터의 신호가 점화신호 제어장치에 입력되면, 설정값으로 제어된 후, 점화장치에 공급되어 점화플러그에서 방전된다. 이때, 당량비는 1.0에서 회박가연한계까지 조절한다. 가연한계는 20회 분사하여 주실에 실화가 전적없는 하한값을 취하였다.

본 연구에서 사용된 CDI점화장치의 점화에너지는 연소조건에 따라 다르나, 이론혼합비에서는 5.4mJ의 값을 보였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 연소압력 특성시간

연락공의 각도에 따른 연소특성의 분석을 위해

연소압력 데이터에 의한 특성시간을 Fig.3과 같이 정의한다.

그림에서 A점은 점화시기, B점은 점화시기 직전의 압력을 기준으로 압력상승 구배가 시작되는 시기, C점은 최고압력 도달시기로서 본 연구에서는 C점을 연소가 종료되는 시점으로 판단하였다. 연료분사 개시부터 점화시기까지의 기간을 ID로 정의한다. A점에서 C점까지를 연소시간 τ_{Pmax} 로 표시하고, B점에서 C점까지를 압력상승 시간 τ_{Pr} 로 정의한다. 또, 초기압력에서 연소최고압력의 10%까지 상승하는데 소요되는 시간을 τ_{10} , 90%까지 상승하는데 소요되는 시간을 τ_{90} 으로 각각 정의하였다.

3.2 연료분사특성

본 연구에서의 연료분사량은 솔레노이드에 의해 제어된다. 인가된 펄스에 의해 솔레노이드 구동장치가 작동되며, 이 때 유지되는 자속에 의해 솔레노이드의 아마추어는 당겨지고, 노즐의 니들이 상승되면서 연료는 분사된다.

Fig.4는 인가된 펄스에 따른 니들의 상승 형태 및 연료의 분무형태를 리프트 센서와 포토콜리를 이용하여 채취한 결과이다. 점화시기는 리타더에 의해 제어되며, 2ms의 점화신호가 인가되어 CDI점화장치가 작동하면, 점화플러그에서 방전이 일어나고, 이 때 부실은 점화된다. 부실에서 연소를 시작하는 동시에 연락공을 통해 화염이 주실로 분출되어 주실은 빠른 속도로 연소하

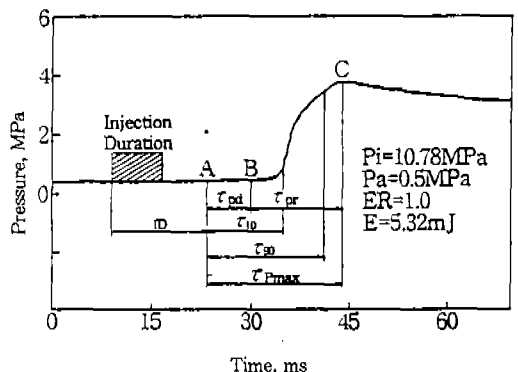


Fig.3 Typical pressure signal and definition of symbols

게 된다. 시간경과에 따른 주실과 부실의 압력변화에 대한 예를 펄스 인가시점부터 동기화시켜 Fig.4에 함께 나타내었다.

동일한 조건에서 분사된 연료량의 편차를 구하기 위해 초기압력(Pa) 0.5MPa, 초기온도(Ta) 373K의 상태에서 10.78MPa로 메탄올을 분사하여 예혼합기가 형성되도록 3분이 경과한 경우와 마이크로실린저(50mm³, 최소눈금 0.5mm³)로 정밀계량한 연료를 공급하여 3분이 경과한 경우에 각각 10회의 연소를 행한 결과, 연소최고압력 평균값은 각 당량비에서 거의 동일하며 변동계수는 0.4~0.9%의 범위의 매우 적은 불균율을 보였다¹²⁾.

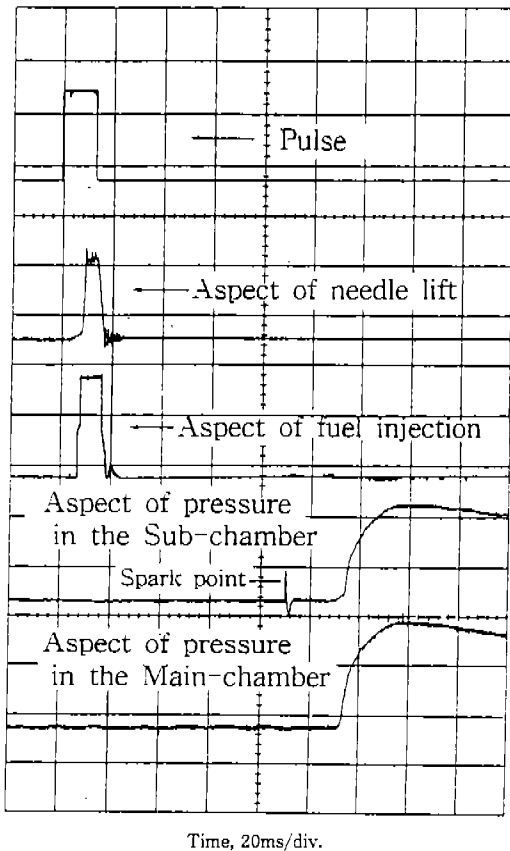


Fig.4 Characteristics of needle lift, injection and pressure

3.3 안정연소 ID 및 회박가면 한계

Fig.5는 당량비 변화에 따라 주실에 실화가 전혀 없는 안정연소 ID를 연락공 각도에 따라 나타낸 것이다. 점화지연시간은 0~300ms로 한정하여 실험하였다. 점화지연시간은 당량비가 1.0일 경우 PHA 0°인 경우 외에는 비교적 짧은 12~27ms의 값을 보이는 반면, 당량비가 회박해질수록 거의 지수함수적으로 증가하여 당량비 0.5에서는 120~260ms의 ID가 필요하였다. 이와같은 현상은, 점화시 점화플러그 주변의 혼합기가 가연한계 이내에 있는지의 여부와 주실로의 화염분출상태 및 주실내 혼합기 조건 등에 관계되기 때문에 생각된다.

즉, 당량비 1.0 또는 0.8에서는 상대적으로 많은 연료가 분사되어 비교적 분무각이 크므로 고온의 부실 컵과 연락공에 충돌되는 분류가 많고, 분무입경이 작은 액적은 분사 도중에 기화되어 가연 혼합기가 상대적으로 짧은 시간내에 형성되고 또한, 연료분사시 부실에 발생하는 공기 유동에 의해 화염전파속도가 커짐에 기인한 것으로 판단된다. 그러나 당량비 0.6이하에서는 연료분사량이 적어짐에 따라 분무각이 작게 되어 부실 벽에 충돌되는 분류와 공기 유동이 상대적으로 적으므로 가연 혼합기 형성을 위한 기화에 긴 시

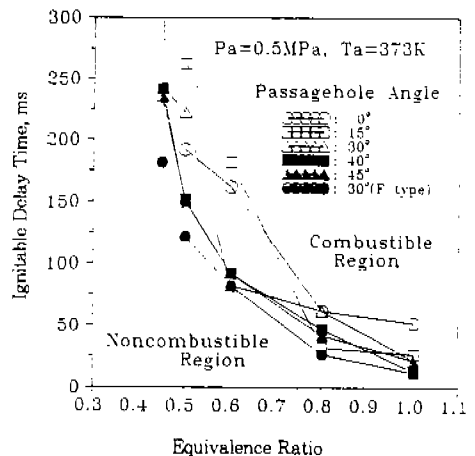


Fig.5 Relations between ignitable delay time and equivalence ratio

간을 요하기 때문으로 생각된다. 그러나, 본 연구에서 ID를 30ms까지 길게 하여도 당량비가 0.5까지 안정연소가 이루어 지는것을 감안할 때 주실과 부실의 혼합기는 성층을 이루고 있는 것으로 생각된다.

PHA 0°, 15° 인 경우 당량비 0.45에서 실패 되는 것은 대부분의 연료가 주실로 바로 분출되고 부실벽 또는 연락공에 충돌되는 분류가 매우 적어 시간이 경과 되어도 부실내에 가연 혼합기 형성이 되지 못하기 때문으로 판단하였다.

한편, 주·부 연락공을 가진 F타입의 경우 각 당량비에서 가장 짧은 ID를 나타내는데, 이는 주실로의 화염분출면적이 상대적으로 크며, 주연락공을 통해 분출된 화염분류가 연소실 벽면을 따라 스월을 형성하면서 주실 중심 부근까지 진행할 때 부 연락공(직경 3mm)을 통해 분출된 화염 분류가 주실 혼합기에 또 다른 난류를 발생 시키기 때문으로 생각된다.

희박 가연한계는 A, B, C, F 타입에서 0.45 까지 가능하였으나 0.3~0.4에서는 다소간의 실패가 발생하였다.

3.4 주·부실의 연소특성

Fig.6은 주실과 부실의 τ_{pd} , τ_{90} , τ_{Pmax} 를 PHA 40°, ID 242ms에서 당량비에 따라 비교한 것이다. 3가지 모두 당량비가 희박해질수록 거의 지

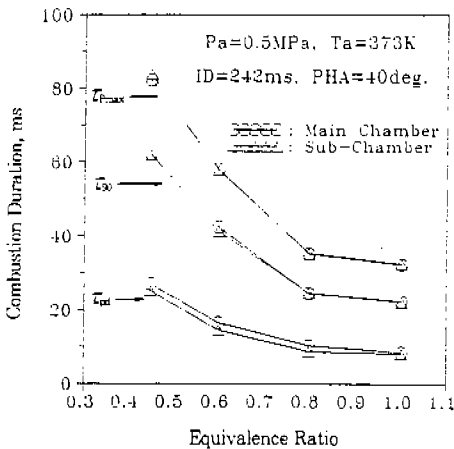


Fig.6 Effects of equivalence ratio on combustion duration

수 함수적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. 압력 상승시기 τ_{pd} 는 모든 당량비에서 부실이 주실에 비해 1~2ms 빠른 반면, τ_{90} 의 시간은 거의 같은 값을 보인다.

주·부실의 연소시간(τ_{Pmax})은 당량비 0.6까지 비슷하게 나타났으며 희박 영역인 당량비 0.45에서는 주실의 연소시간이 미소하지만 짧게 나타내는데, 이는 PHA가 커서 주실로 분출된 화염이 벽면을 따라 전파됨으로서 난류에 의해 연소가 급격하게 이루어지기 때문으로 생각된다.

τ_{Pmax} 와 τ_{90} 의 차이는 당량비 0.8까지는 유사하지만 희박해 질수록 그 차이는 점점 커짐으로 보아 연소 말기의 열발생율이 현저하게 감소됨을 알 수 있다.

Fig.7은 당량비에 따른 주실과 부실의 연소 최고 압력과 압력상승 기울기를 PHA 30° 인 조건에서 비교한 것이다. 주·부실의 경우 연소최고압력과 압력상승 기울기는 혼합비가 희박해 질수록 선형적으로 감소하는 경향을 보이고, 모든 당량비에서 Pmax는 부실이 0.1MPa 정도 높게 나타났다.

τ_{90} 과 τ_{10} 사이의 압력상승 기울기는 당량비 1.0과 0.8에서는 부실쪽이 다소 크지만 희박해 질수록 동일한 값을 보이는데, 이것은 주실로 분출된 화염이 연소실 내에 지역적인 난류를 야기시켜 연소를 촉진하기 때문인 것으로 생각된다.

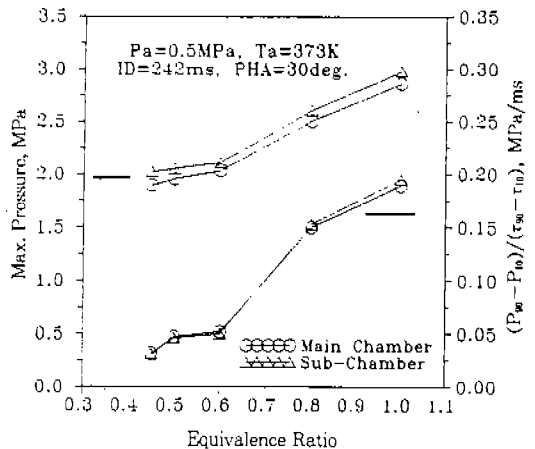


Fig.7 Effects of equivalence on maximum pressure and pressure gradient

3.5 ID에 의한 영향

Fig.8은 당량비 1.0에서 점화지연 시간에 따른 주실의 연소최고압력을 연락공 각도에 따라 나타낸 것이다. 대체적으로 ID가 길어 질수록 연소최고 압력은 증가하는 경향이 있다. ID가 비교적 짧은 60ms 이내에서는 PHA 40°가 가장 큰 Pmax를 보인다. 반면, PHA 0°도 비교적 큰 값을 보이지만 착화율이 낮음을 실험을 통하여 확인하였다. 또, ID가 길어 질수록 PHA 0°가 가장 큰 값을 나타내고 있다.

60ms 이내에서 PHA 40°의 경우에 연소최고 압력이 높게 나타나는 것은 부실에서 주실로 화염이 분출될 때, 주실 벽면에서 다소간의 열손실이 발생하지만 이 보다는 화염의 난류가 더 큰 영향을 미쳐 급격한 연소가 이루어지기 때문이다. 또한, ID가 긴 경우는 혼합기가 양호한 상태에서 연소하므로 Pmax는 커지며, PHA 0°에서는 주실 벽면으로의 열손실이 상대적으로 적기 때문에 40°에 비해 0.1MPa 정도 크게 나타나는 것으로 생각된다.

PHA 45°인 경우 전 영역의 ID에서 다른 PHA에 비해 다소 작은(0.1~0.3MPa) Pmax를 나타내는 것은 부실에서의 화염 분출이 주실에 대해 거의 직선 방향이므로 분출시 벽면으로의 열손실이 크기 때문인 것으로 판단하였다.

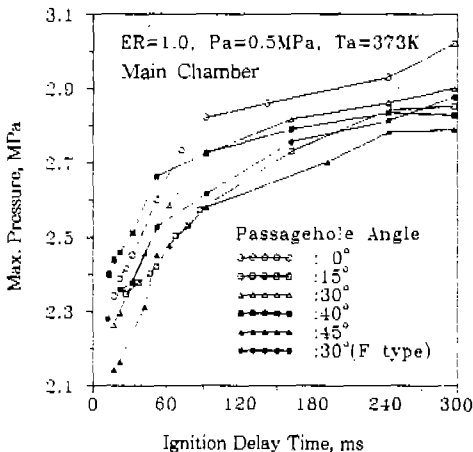


Fig.8 Effects of ignition delay time on maximum pressure(ER=1.0)

Fig.9는 Fig.8과 같은 영향을 희박혼합기 영역인 당량비 0.6에 대해 나타낸 것이다. 전체적으로 연소최고압력의 절대값은 당량비 1.0에 비하여 0.4~0.8MPa 정도 작게 나타나며, 그 값의 차이는 점화지연 시간이 길수록 크게 나타나는 경향을 보이지만, 전반적으로 ID가 클수록 Pmax는 증가한다. 그러나 안정 연소영역을 고려해 보면, 착화율이 100%인 경우가 PHA 0°와 15°에서는 200ms 이상, 30°, 40°, 45°인 조건에서는 90~100ms 영역이다. 또, ID가 120ms 이하인 영역에서는 PHA에 따른 Pmax의 차이가 거의 없음을 알 수 있다.

3.6 최고압력 및 연소시간

Fig.10은 ID가 비교적 긴 242ms에서 주실의 연소최고압력을 당량비에 따라 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 당량비가 증가할수록 연소최고압력의 상승은 거의 직선적인 증가 경향을 보이며, Pmax의 차이도 적은 편이다. 그러나 PHA 0°인 경우가 전 당량비 영역에서 높게 나타난 것은 전술한 바와 같이 벽면 열손실이 상대적으로 적기 때문으로 생각된다.

Fig.11은 Fig.10과 동일한 조건에서의 압력상승기울기를 나타낸 것이다. 당량비가 증가할수록 거의 선형성을 유지하며 증가한다. 또, PHA 30°(F type)인 조건이 적정 혼합비 영역에서

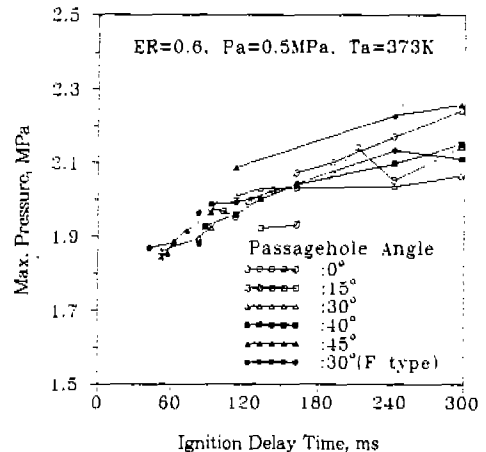


Fig.9 Effects of ignition delay time on maximum pressure(ER=0.6)

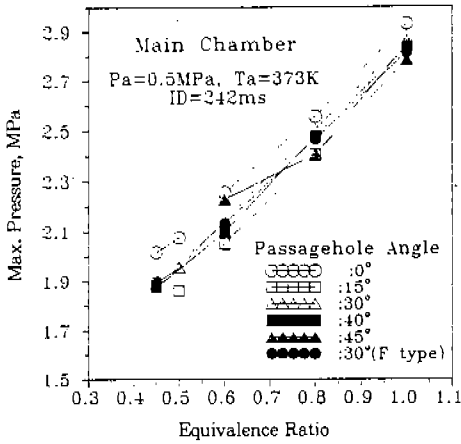


Fig.10 Effects of equivalence ratio on maximum pressure

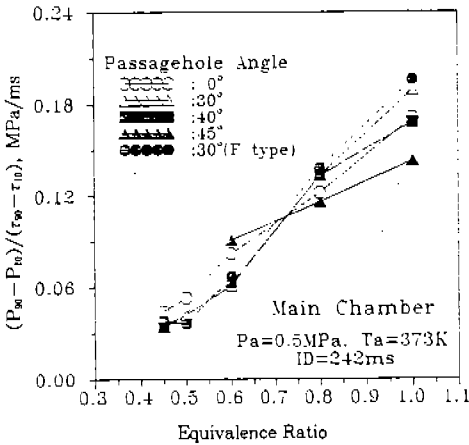


Fig.11 Effects of equivalence ratio on pressure gradient

압력상승 기울기가 가장 큰 값을 나타내는데, 이는 주연락공을 통해 분출된 화염분류와 부연락공을 통해 분출된 화염분류가 또다른 난류를 발생시키기 때문으로 생각된다.

Fig.12는 당량비 1.0, ID가 52ms의 조건에서 연락공 각도에 따른 주·부실의 연소기간, 특성 및 연소최고압력을 나타낸 것이다. 이 조건은 ID가 짧은 경우이기 때문에 부실 내에서는 상대적으로 농후한 혼합기가 형성되고, 이로 인하여 연소기간은 전 PHA조건에서 주실은 38~42ms

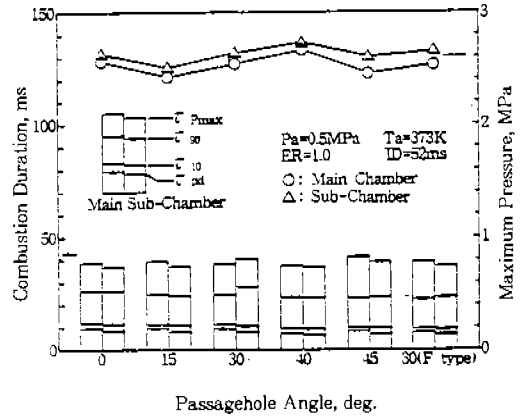


Fig.12 Effects of passagehole angle on combustion duration and maximum pressure(ER=1.0)

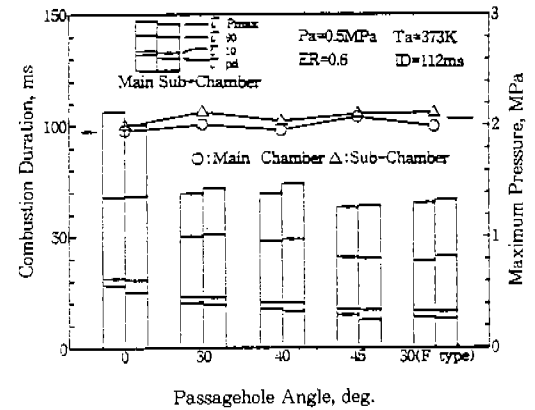


Fig.13 Effects of passagehole angle on combustion duration and maximum pressure(ER=0.6)

정도, 부실은 36~41ms의 값을 보이는 반면, 대개의 경우 부실의 연소기간이 주실에 비하여 약간 짧은 경향을 보이고 있다. 압력상승기간 τ_{pd} 와 연소기간이 짧을수록 연소최고압력은 높은 경향을 보이고 있다. 한편, τ_{pd} , τ_{Pmax} 가 가장 짧고 연소최고압력이 가장 높은 경우는 PHA 40°의 경우였다.

Fig.13은 Fig.12와 같은 그림으로서 당량비 0.6, ID 112ms인 경우이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 PHA 45°인 경우가 τ_{pd} 및 τ_{Pmax}

가 가장 짧음에도 불구하고, 주실의 연소최고압력이 PHA 30°와 유사한 값을 나타내는 것은 화염분출시 벽면으로의 열손실이 크기 때문이 것으로 추정된다.

PHA 30° (C type)인 경우는 주연락공으로부터 분출되는 화염이 낮은 당량비 상태에서 연소실 벽면을 따라 선회하므로 화염전파속도가 저해되고 이에 따라, 상대적으로 벽면으로의 열손실비가 크게되어 연소기간이 길어진다. 반면에 PHA 30° (F type)의 경우는 부연락공에서 분출되는 화염이 연소실의 중앙부에 먼저 도달하며, 이에 따라 주연락공으로부터 분출되어진 화염분류가 주실내에서 또 다른 난류의 발생을 유발하기 때문에 연소기간이 짧아지는 것으로 생각된다. 반면 연소기간이 짧음에도 불구하고, 연소최고압력의 차이가 별로 없는 것은 부연락공의 교축손실 및 화염의 냉각 등에 기인하는 현상으로 생각된다. PHA 15°인 경우는 본 조건에서 전혀 연소가 되지 않았다.

3.7 질량연소율

본 연구에서는 압력신호로부터 B. Lewis와 G. V. Elbe¹⁶⁾의 식을 이용하여 질량연소율을 계산하고 각 실험 조건에서의 대표적인 값으로 비교하였다. Fig. 14의 (a)는 ID 242ms, PHA 30°에서 당량비에 따른 주·부실의 질량연소율을, (b)는 주실의 질량연소율을 시간경과에 따라 나타낸 것이다.

(a)에서 각 조건에 따른 질량연소율의 기울기는 주·부실 모두 당량비 1.0에서는 초기부터 급격하게 나타나며, 당량비가 희박해 질수록 주·부실의 질량연소율 기울기는 완만해지며 연소시간은 길어진다.

(b)에서는 당량비가 낮아 질수록 초기부터 연소가 불안정하며 질량연소 시작 시간과 연소기간이 모두 길어지는 일반적인 경향을 보인다.

Fig.15의 (a)는 ID 52ms, 당량비 1.0에서 PHA에 따른 주실에서의 질량연소율을, (b)는 주실에서 당량비 0.6, PHA 40°인 경우에 ID에 따른 질량연소율을 각각 나타낸 것이다. (a)에

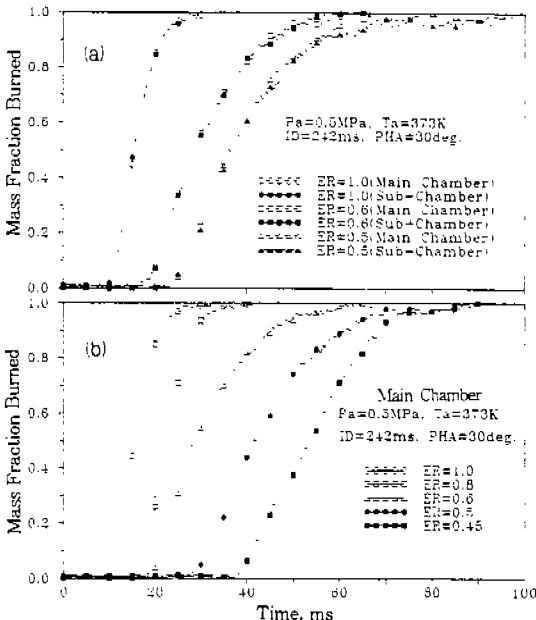


Fig.14 Mass fraction burned as a function of equivalence ratio

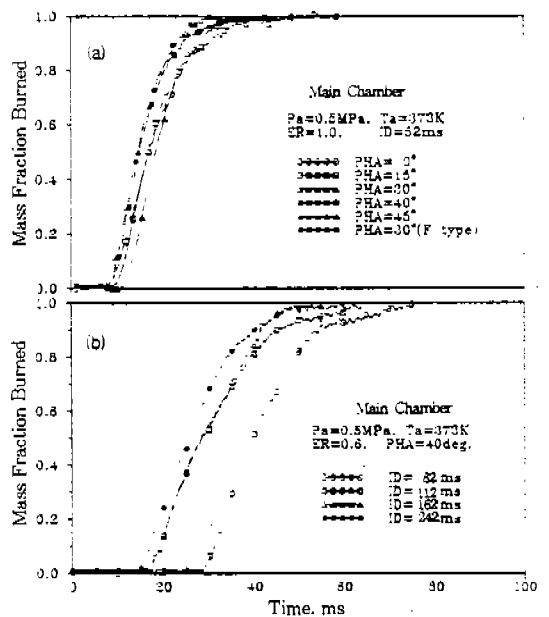


Fig.15 Mass fraction burned as functions of passagehole and ignition delay time

서 PHA 40°, 45°, 30°(F type)의 기울기는 거의 같지만 PHA 30°(F type)의 경우가 연소 기간이 가장 짧다. PHA 30°의 경우는 질량연소 시작 시간은 늦지만 기울기가 급격하게 되어 결국 연소말기에는 PHA 0°, 15°를 추월하게 되며 기울기가 PHA 40°, 45°와 거의 유사하다.

(b)에서 ID 82ms인 경우는 질량연소 시작이 가장 늦으며 불안정한 연소를 보이고 있다. 또한 급격연소 기울기 만곡점 이후에는 매우느린 상승을 하여 연소기간이 길어진다. 이는 충분한 혼합기 형성이 되지 않은 상태에서 연소가 진행되기 때문으로 생각된다. ID 112, 162ms에서는 기울기가 거의 같고, 약간 완만하게 상승하지만 ID가 162ms인 경우의 급격연소 기울기 만곡점이 242ms에 비해 더 높은 질량연소율에 존재하고, 그 이후 아주 느린 속도로 연소된다. 또, ID가 242ms인 경우 가장 먼저 질량연소가 시작되며, 급격연소 기울기의 만곡점은 162ms 보다 낮은 영역에 존재하지만 그 이후의 연소 속도가 상대적으로 빨라짐에 따라 결과적으로 연소기간이 단축된다. 이는 주실에서의 혼합기 형성이 전자의 경우보다 훨씬 양호하기 때문인 것으로 생각된다.

4. 결 론

저온 착화성 향상과 가연 회박한계를 넓혀 안정된 회박연소를 실현하기 위해 성층연소가 가능한 부실식 정적연소기에 연락공의 각도 및 형상, 당량비, 점화지연시간 등을 변수로 하여 메탄올을 분사시켜 연소실험을 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 본 장치로 사용하여 연소실험을 행한 결과 연료분사개시부터 점화시기까지의 시간(ID) 300ms 조건까지 주·부실 내의 혼합기는 성층상태로 존재함을 확인하였다.
- 2) 당량비 1.0으로부터 회박해질수록 안정된 연소를 위한 ID는 거의 지수 함수적으로 증가한다.
- 3) 연락공의 각도가 30°(C type)에 비해 주

연락공의 각도가 30°, 부연락공의 각도가 15°(F type)인 경우가 안정연소에 필요한 최소점화지연시간이 짧고, 연소기간도 회박영역에서는 다소 짧아짐을 확인하였다.

- 4) 부실의 압력상승시기는 전 당량비, 전 PHA 조건에서 주실에 비해 1~2ms정도 빠르다.
- 5) 연락공에 일정각도를 줌으로써 다소 연소 촉진 현상이 있었으며, 적정 각도는 30~40° 조건이었다.

후 기

본 연구는 한국과학재단에서 지원하는 핵심전문연구(941-1000-050-2)과제에 의한 연구결과와 일부로서 관계자에게 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 吸野眞人, 入江南海雄, “電氣自動車の現状と將來展望”, JASE, Vol. 45, No. 8, pp. 35~41, 1991.
2. T. S. Suga and Y. Hamazaki, “Development of Honda Flexible Fuel Vehicle”, SAE Transaction, No. 922276, 1992.
3. 渥美好崇 外4人 “天然ガスエンジンにおける燃焼室内の混合氣流動ガ燃焼および排氣特に及ぼす影響”, 第12回 内燃機關シンポジウム, No. 9537493, 1995.
4. Matusita, T. et al., “Development of Toyota Lean Burn Combustion System” SAE Transaction, No. 850044, 1985.
5. Kaoru Horie et al., “The Development of a High Fuel Economy and High Performance Four Valve Lean Burn Engine”, SAE Transaction, No. 920455, 1992.
6. 김봉석, 권철홍, 류정인, “부실식 정적 연소실 내 연소특성에 관한 연구(I) - 연락공의 기하학적 형상이 연소에 미치는 영향 -”, KSAE 논문집, 제1권, 제1호, pp. 66~79, 1993.

7. 卜藏傳郎 外 2人, "YANMAR-NHLG形稀薄 燃焼 ガスエンジンの研究と開發", 内燃機關, 第31卷, 第387號, pp. 87~93, 1992.
8. 保立誠 外 3人, "稀薄燃焼 エンジンの燃料制御系に関する研究", JASE 論文集, Vol. 20, pp. 5~10, 1989.
9. E. Murase et al., "Plasma Jet Ignition in Turbulent Lean Mixtures", SAE Transaction, No. 890155, 1989.
10. D. P. Clarke et al., "A Lean Burn Turbocharged Natural Gas Engine for the US Medium Duty Automobile Market", SAE Transaction, No. 921552, 1992.
11. 中國 徹, 夏目祥宏, "稀薄燃焼ガス機關に関する研究", JASE 論文集, Vol. 23, No. 3, 1992.
12. 윤수한, 이중순, 김현지, 배중용, 하중률, "슬레노이드를 사용한 정압연료부산장치의 제어에 관한 연구", KSAE 논문집, Vol. 4, No. 1, No. 96370021, pp. 229~237, 1996.
13. 松井幸雄, "副室式ディーゼル機關の連絡孔面積可變化に関する論理的考察" JASE 論文集, Vol. 23, No. 2, 1992.
14. 김봉석, 권철홍, 류정인, "부실식 정적 연소실내 연소특성에 관한 연구(II)-임계 연락공의 형상 변화에 따른 연소촉진효과-", KSME 논문집, 제17권, 제10호, pp. 2611~2623, 1993.
15. 中國 徹, 夏目祥宏, "副室式ガス機關の副室諸元の影響", JSME論文集, 58卷 553號, No. 92~0202, pp. 2931~2936, 1992.
16. B. Lewis and G. B. Elbe, "Combustion, Flames and Explosions of Gases", Academic Press, New York, pp. 367~381, 1961.