

희박연소를 위한 혼합기의 성층급기와 유동에 관한 연구

A Study on the Effects of Induced Mixture Flows and the Stratified Charge for a Lean Burn

전 대 수*, 이 태 원**, 윤 수 한***, 하 종 블****
D. S. Jun, T. W. Lee, S. H. Yoon, J. Y. Ha

ABSTRACT

In the present study, the IDI-type constant volume chamber, which utilizes the indirect injection stratified charge method, is used to solve several problems including misfires and cycle-variations caused by unstable initial ignitions. A subchamber has been used to make an ignitable mixture under the low mean equivalence ratio.

After burned in the subchamber, the flame jet getting through the passage hole enters the main chamber and burns the lean charge. There are many factors which affect the combustion characteristics of the indirect injection stratified engine.

The passage hole angle is the most important since it determines the direction of flame flows into the main chamber.

In the present study, we measured the combustion pressure, and the wall temperature, and computed the heat flux through the cylinder wall in order to understand the combustion characteristics depending on passage hole angle and the equivalence ratio.

주요기술용어 : Indirect Injection stratified charge(간접분사층상급기), lean burn(희박연소) subchamber(부실), passage hole(연락공), main chamber(주실), heat flux(열유속)

1. 서 론

최근 선진각국은 환경보전 및 저 에너지 소비형 교통수단의 필요성을 인식하고, ULEV 및 ZEV 등의 강력한 법안으로 자동차 유해배기가스 및 연비에 대한 규제를 강화하고 있다.

따라서, 유해배기가스와 연비를 동시에 저감시킬 수 있는 대표적인 방법으로 희박연소에 대한 연구가 수행되고 있으나 희박연소는 초기착화성의 불량에 따른 연소상태의 불안정, 연소기간 증대에 따른 연소최고압력의 저하 및 열손실의 증가로 인해 아직도 많은 문제점을 안고 있다.¹⁾ 이의 대책으로서 점화방법의 개선, 연소실 내 혼합기의 유동 및 성층급기 방법 등이 주목을 받고 있다. 특히, 간접분사 성층급기 방법은 연락공으로 연결된 체적이 다른 두 개의 연소실을 사용하

* 정회원, 동아대학교 대학원
** 정회원, 창원전문대학
*** 정회원, 동명정보대학
**** 정회원, 동아대학교 기계공학과

므로 회박연소 조건에서도 부실 내에 분사된 연료의 일부는 주실로 분출되지만 부실의 체적이 주실에 비해 매우 작기 때문에 점화플러그가 위치한 부실에서는 안정된 착화가 가능하다. 따라서, 직접분사 성층급기 방법에 비해 다양한 혼합비 조건에서도 사이클 변동이 적은 재현성 있는 연소를 실현 할 수 있고, 회박 가연 한계를 확장시킬 수 있다.²⁾

그러나, 간접분사 성층급기 방법은 부실에서 생성된 화염이 연락공을 통하여 분출되고, 그 분출류에 의하여 주실의 회박한 혼합기를 연소시키는 토치점화(torch ignition)방식이기 때문에 연락공의 기하학적 형상이 회박혼합비 조건에서 착화 안정성과 주실로 분출되는 화염면의 체적, 분출 속도 및 분출방향을 변화시켜 연소기간, 연소압력 및 연소실 벽면으로의 열손실에 많은 영향을 미친다. 그러나, 본 연구에서는 예연소실에서 연소현상보다는 화염이 연락공을 통하여 주실로 분출된 후의 화염의 거동, 연소압력의 변화, 벽표면의 온도변화에만 주목한다.^{3),4)} 따라서, 본 연구에서는 간접분사 성층급기 방법을 적용한 부실식 정적연소기에서 혼합비와 연락공 각도를 변화시키면서 화염전파를 가시화하고 주실에서의 연소기간, 연소압력과 박막형 순간온도프로브를 이용하여 주실의 벽표면 순간온도를 계측한다. 이 결과를 이용하여 제 조건에 따른 연소특성의 해석과 순간열유속을 산출하여 연소최고압력, 연소기간 및 화염의 이동특성에 따른 열손실과의 관계를 밝힌다.

2. 실험장치

2.1 실험장치

본 실험장치는 부실식 정적연소기, 정압 연료 공급장치, 점화장치, 공기 공급장치, 연소실 벽면 온도 측정장치, 각종 제어 및 계측장치로 구성되어 있다.⁵⁾

Fig.1은 본 연구에 사용된 3종의 연락공의 형상과 치수를 나타낸다. 연락공의 기하학적 형상

은 실용엔진과 中園徹⁶⁾ 등의 연구결과를 참고하여 직경 5.5mm, 연락공 각도는 각각 0°, 30°, 45°로 하였다.

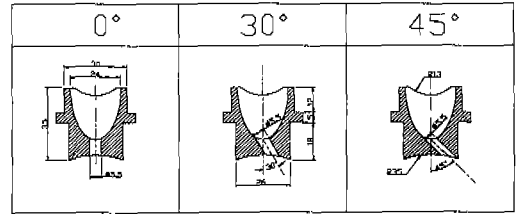


Fig.1 Configuration and specification of the passage hole

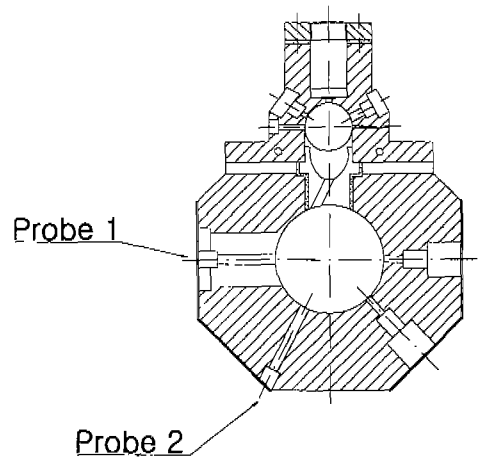
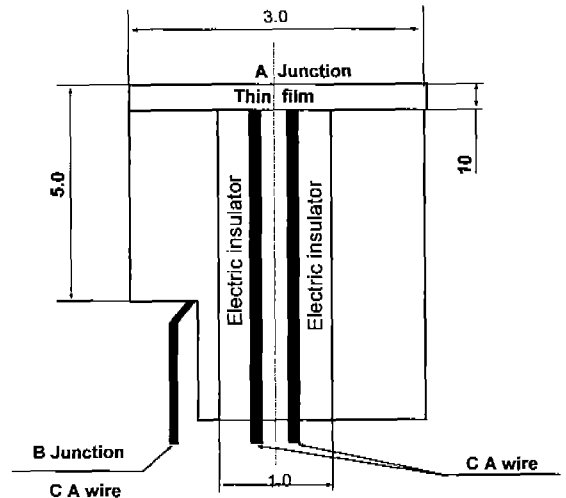


Fig.2 Schematic diagram and installed position of thin film instantaneous temperature probe

Fig.2는 본 연구에서 사용한 박막형 순간온도 프로브의 구조와 설치위치를 나타낸다. 박막형 순간온도 프로브는 Seebeck 효과를 응용한 것으로 접점부의 두께를 최소화하여 연소실 벽면의 순간 온도를 시간 지연 없이 측정할 수 있도록 열전대 소선의 직경이 작은 것을 사용하였다. 접점은 진공 이온증착법을 이용하여 백금으로 $0.3\mu\text{m}$ 의 두께로 형성한 다음, 그 위에 연소실 내부의 산화성 분위기에 강한 $10\mu\text{m}$ 두께의 무전해 니켈도금으로 접점을 형성하였다. 그리고, 연소실 벽면 온도 측정을 위하여 박막형 순간온도 프로브를 주실의 두 지점, 즉 프로브1을 주실의 좌측 중앙부, 프로브2를 주실의 좌측 하단부에 각각 설치하였다.

2.2 실험방법

탈습된 공기를 373K으로 가열하여 0.5MPa의 압력으로 연소실에 주입시키고, 주·부실의 온도를 100W용량의 판히터 2개와 130W 용량의 세라믹히터로써 373K으로 유지시켰다. 연료분사압력은 10.78MPa로 설정하였으며 연료는 메탄올(순도: 99.99%)을 사용하였다. 연료는 솔레노이드를 이용한 정압연료 분사장치에 의해 설정된 양만큼 부실에 분사되고 분사 시작으로부터 250ms 후에 CDI 점화장치에 의해 점화되도록 하였다. 정압연료 분사장치는 PC로부터 인가되는 펄스폭에 의해 연료 분사량이 결정되고, 솔레노이드의 급속구동에 의해 분사량의 정확도, 분사형태의 재현성 및 고 응답성이 확립되었다.

주실의 연소압력 및 연소실 벽면의 순간온도는 각각 주실에 설치된 압력변환기와 박막형 순간온도 프로브에 의해서 측정된다. Table 1은 실험의 초기조건을 나타내고, Table 2는 연료분사 후 점화시기까지인 예혼합기간 및 실험조건을 나타내고, 모든 계측 및 제어를 위해 PC를 사용하였다.

예혼합기간은 분사된 연료가 충분히 기화된 후 재현성있는 연소가 이루어지는데 필요한 최소한의 시간인 240ms로 설정하였고, 당량비 변화는 이론혼합비인 1.0에서 희박 가연한계 부근인 0.6까지 변화시켜, 연락공 각도 0° , 30° , 45° 조건에

서 연소실험을 행하였다.

Table 1 Initial conditions of experiment

Parameters	Conditions
Fuel	Neat Methanol
Ignition method	CDI
Initial pressure, Pa	0.5MPa
Initial temp. Ta	373K
Fuel injection pressure, Pi	10.78MPa

Table 2 Experimental conditions

Parameters	Conditions
Equivalence ratio	0.6, 0.8, 1.0
Passage hole angle	0° , 30° , 45°
Pre-mixed duration, PD	240ms

3. 결과 및 고찰

3.1 연소압력의 시간특성

Fig.3은 연락공 각도에 따른 연소특성분석을 위해 연소압력에 대한 시간특성과 그때의 화염가시화 사진을 나타낸 것이다.

A점은 점화시기, B점은 압력상승 시작시기, C점은 최고압력 발생시기로서 본 연구에서는 A점에서 C점까지를 연소기간 τ_{Pmax} , 연료 분사개시부터 점화시기까지를 예혼합기간 PD(Premixed Duration), 초기압력에서 연소최고압력의 10%까지 상승하는데 소요되는 시간을 τ_{10} , 90%까지 상승하는데 소요되는 시간을 τ_{90} 으로 하였고, τ_{10} 을 초기연소기간, τ_{90-10} 을 주연소기간 및 $\tau_{Pmax-90}$ 을 후연소기간으로 각각 정의하였다. 또, 압력선도에 표시된 번호는 아래 화염사진의 번호와 시기가 일치한다. 화염가시화는 50mW 출력의 He-Ne Ion Laser 광원을 사용하여 Schlieren 기법으로 주실의 화염전파를 10,000fps의 속도로 고속촬영한 것이다.

사진2는 화염이 우측으로 벽면을 따라 회전하면서 연소실의 40%정도 전파가 진행되고 있는 상태이며 사진3은 약 70%, 사진4는 화염이 연소

실 전면에 전파되고 난류의 유동이 계속되고 있음을 보인다. 부실에서 주실로 화염이 분출될 때의 연소압력은 약 5% 정도 상승된 시기임을 화염사진을 통해 확인할 수 있으며, 연소최고압력의 90% 상승위치에서는 잔류가스의 연소가 이루어지는 것으로 판단된다.

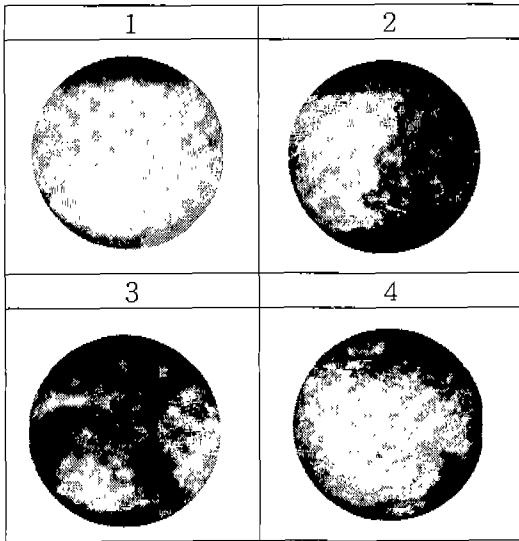
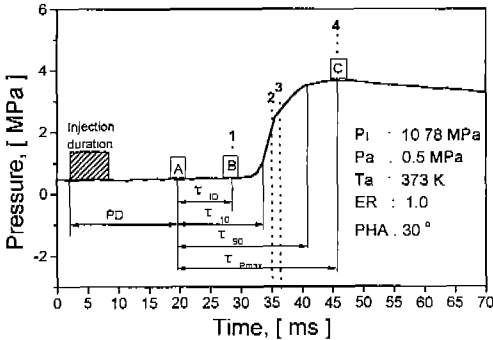


Fig.3 Typical pressure signal, definition of symbols and photographs of flame

3.2 연소기간, 연소압력에 대한 연락공 각도의 영향

Fig.4는 회박 및 이론혼합비에서 연락공 각도가 연소최고압력에 미치는 영향을 알아보기 위해 주어진 초기조건에서 당량비를 각각 0.6, 1.0으로, 연락공 각도를 0°, 30°, 45°로 설정하고 연소

시켰을 때의 연소최고압력을 나타낸다. 당량비에 관계없이 연소최고압력은 연락공 각도 30°가 다른 조건에 비해 1~3% 정도 높은 값을 보인다. 이는 연락공 각도 30° 조건이 연료 및 초기화염이 주실에 수직방향으로 분출되는 0°에 비해 상대적으로 강한 스윙 및 난류에 의해 연소속도가 증대되고, 분출화염이 주실의 벽면에 충돌하고 또 벽면상을 따라 이동하는 45°에 비해 열손실이 적기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 연락공 각도 0°와 45° 조건의 비교에서, 이론혼합비 조건에서는 0°가 높은 반면, 희박영역인 당량비 0.6 조건에서는 연락공 각도 45°가 높게 나타난다. 이는 연료분사시 주실로의 연료분출비율이 적은 연락공 각도 45° 조건이 0°에 비해 초기착화가 양호하기 때문으로 판단된다.

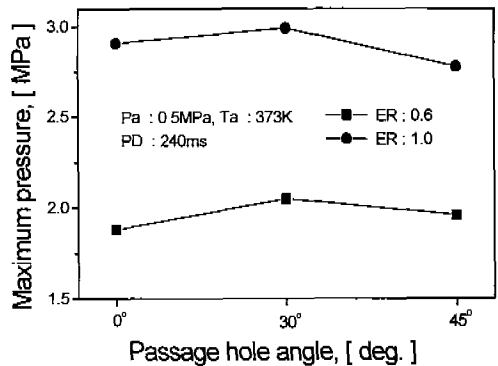


Fig.4 Effects of passage hole angle on maximum pressure at ER 0.6, 1.0

Fig.5는 회박 및 이론혼합비 조건에서 연락공 각도가 초기연소기간, 주연소기간 및 후연소기간에 미치는 영향을 고찰하기 위해, 주어진 초기조건에서 당량비를 각각 0.6, 1.0으로 일정하게 설정하고 연락공각도 변화(0°, 30°, 45°)에 대한 각각의 연소기간을 구간 별로 나타낸다. 이론혼합비 조건에서 초기연소기간은 연락공 각도가 증가할수록 약 5%정도 짧아지는 경향을 보인다. 이는 연락공 각도가 30°, 45°의 경우에는 분사된 연료가 부실 벽면과 충돌하여 부실내에서 미립화 및

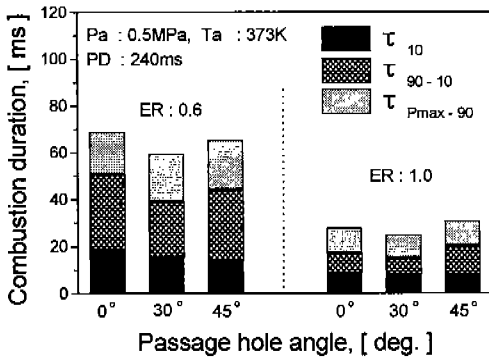


Fig.5 Effects of passage hole angle on combustion duration at ER 0.6, 1.0

기화되는 양이 0°에 비하여 많고 또, 이 상태의 강력한 초기화염이 주실로 분출할 때의 운동량이 상대적으로 크고, 이 화염 덩어리가 벽면을 따라 운동을 하면서 연소를 행하기 때문으로 판단된다. 그러나 0°의 경우에는 초기에 분출된 연료량의 부실 잔류 비율이 상대적으로 낮고 또, 분출된 연료는 연소실 하부 바닥면에 충돌하면서 미립화 및 증발하여 그 부근에서부터 혼합기가 형성되기 때문에 점화시 초기화염이 연락공으로부터 분출해도 연락공 출구 근처에는 혼합기가 희박하여 화염전파속도가 느린것으로 판단된다. 이러한 현상은 희박혼합기의 경우에 더욱 현저하게 나타남을 알 수 있다.

전체 질량연소의 90%를 차지하는 주연소기간은 연락공 각도 30°의 경우가 0°, 45°에 비해 각각 21%, 55% 정도로 짧아지는 경향을 보인다. 이는 주실로의 분출화염이 연소실 벽면을 따라 성장해 가는 30°가 연소실 중심축을 따라서 성장해 가는 0°에 비해 화염전파거리 및 벽면으로의 열손실은 증대하지만 전술한 것과 같은 이유로 상대적으로 강한 선회류를 발생시켜 연소속도를 증대시키기 때문으로 판단된다.

연락공 각도 45°의 경우, 주실 벽면에서의 충돌 및 선회류 형성이 타 연락공에 비해 조기에 발생함으로써 화염면 면적의 증가에 의한 미연가스쪽으로의 열전달이 촉진되어 연소중반부까지는

30° 조건과 비슷한 연소속도를 나타내고 있으나, 기·미연가스가 연소실 벽면과 접하면서 이동하므로 연소실 벽면으로의 열손실이 증대하기 때문에 연소 중반 이후인 주연소기간 및 후연소기간이 큰 폭으로 증가하고 있다.

희박 연소조건인 당량비 0.6의 경우, 연락공 각도 30°, 45°가 0°에 비해 초기연소기간이 각각 18%, 27%, 주연소기간이 각각 31%, 7% 정도 단축되고 있다. 이는 앞서 언급했듯이 연락공 각도 30°, 45° 조건이 연락공 각도 0°에 비해 초기착화의 안정성 및 주실 내에서의 상대적인 강한 유동에 의한 영향으로 판단된다. 또한, 주실에서의 열손실이 많은 연락공 각도 45°의 조건이 30°에 비해 주연소기간 및 후연소기간이 길어지는 것을 알 수 있다.

Fig.6, 7은 이론 및 희박혼합비에서 연락공 각도에 따른 연소특성을 고찰하기 위해 주어진 초기조건에서 당량비를 각각 1.0, 0.6으로 일정하게 하고 연락공각도 변화(0°, 30°, 45°)에 대한 질량연소율을 나타낸다. 이론혼합비의 경우, 질량연소율이 10%까지인 초기연소기간에서 연락공각도 0°의 경우가 연소속도가 가장 느리며 30°, 45°는 거의 유사한 경향을 보인다. 질량연소율이 10%에서 90%까지인 주연소기간의 경우, 질량연소율 60%까지는 연락공각도 30°와 45°가 0°보다 앞서지만 60% 이후부터 연락공각도 45°의 경우가 30°, 0°에 비해 연소가 완만하게 이루어지며 전연소기간 역시 길어지는 경향을 보인다. 희박연소 조건인 당량비 0.6의 경우, 초기연소기간은 이론혼합비일 때와 동일한 경향을 나타내고 주연소기간의 경우에는 초기착화가 안정적인 조건인 연락공각도 30°, 45°가 0°에 비해 그 기울기가 급격하다는 것을 알 수 있다. 질량연소율 80%까지는 연락공각도 45°가 30° 보다 약간 앞서지만 80% 이후부터는 연락공각도 30°의 경우가 빠르게 나타났다. 이것은 전술한 벽면 열손실의 증대에 의한 영향으로 30°에 비해 연소속도가 현저하게 감소되는 것을 알 수 있다. 그러나, 전 연소기간은 0°의 경우가 가장 길게 나타났다.

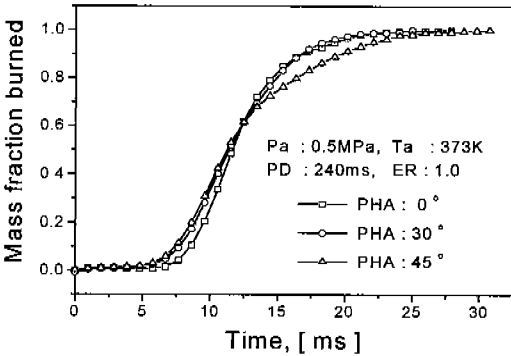


Fig.6 Mass fraction burned with passage hole angle at ER 1.0

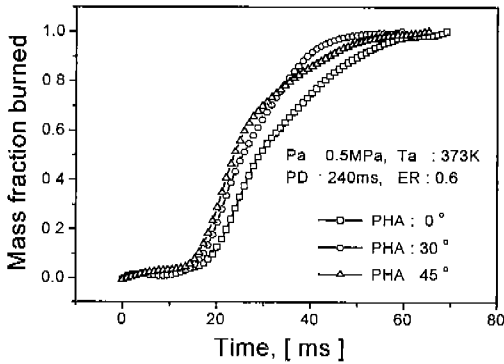


Fig.7 Mass fraction burned with passage hole angle at ER 0.6

3.3 연소실 벽면온도의 변화

Fig.8, 9는 이론 및 회박혼합비 조건에서 연락공 각도의 연소실 벽면온도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 주어진 초기조건에서 당량비를 각각 1.0, 0.6으로 설정하고 주실의 두 지점에서 측정된 벽면온도를 연락공 각도 변화(0°, 30°, 45°)에 대하여 나타낸다. 연락공각도 30°, 45° 조건에서의 주실로의 화염분출 형태는 화염이 연락공의 출구를 통하여 분출하는 순간이 초기연소기간의 후반에 해당하고 화염의 선단이 프로브1을 통과하는 시기는 주연소기간의 초기에 해당한다. 또, 연락공각도의 영향때문에 45° 조건의 화염이 30° 조건에 비하여 벽면부착 정도 및 벽면의 부착시간 비율이 가장 높다. 연락공각도 0° 조건에서는 연락공 출구로부터 분출된 화염이 연소실 중앙하

부로 전파하여 하부벽면에 충돌한다. 충돌화염은 양방향으로 벽면을 따라 전파하면서 프로브2를 지나게 되는데 하부 중앙벽면과 프로브2 사이의 간격과 30°, 45° 조건의 연락공 출구와 프로브1 사이의 간격은 거의 동일하다.

Fig.8의 이론혼합비의 경우, 프로브1에서 측정된 벽면온도는 연소실 벽면을 따라서 화염이 전파하는 연락공각도 30°, 45° 조건의 벽면온도 시간경과가 서로 유사하며 전술한 바와 같이 주연소기간의 초기에 해당하기 때문에 벽면온도는 상대적으로 높으나 최대치를 나타내지는 않는다. 또, 0°의 조건은 벽면온도 발생시기나 높이가 다른 두 조건에 비해 느리고 낮은데 이는 화염이 연락공으로부터 분출된뒤 주실의 중심축을 따라서 전파하여 중앙하부벽면에 충돌한후 프로브2를 거쳐 주연소기간의 후반부화염이 프로브1과 접하기 때문으로 생각된다. 이것은 연락공 0°의 경우가 화염과 벽면의 부착시간비율이 상대적으로 낮은 것을 의미한다.

프로브2를 통과하는 화염은 연락공각도 0°, 30°, 45° 조건 모두 주연소기간의 중간에 해당되나 0°조건의 벽면온도발생시기 및 초기의 화염온도가 빠르고, 최고온도도 높은 값을 보이는데 이는 전술과 같이 화염이 주실 벽면을 따라서 전파하는 30°, 45° 조건이 주실의 중심축을 따라서 화염이 전파하는 0°에 비해 주실벽면으로의 열손실이 증가하기 때문(벽면 접촉시간 비율이 높다)으로 판단된다. 한편, 최고온도 후의 온도 강하정도는 화염의 벽면과의 접촉정도 즉, 벽면에 충돌하는 조건(0°, 45°)과 벽면을 스치는 조건(30°)의 차이로 판단된다. 그리고, 주실로 분출되는 연료분무가 프로브1 부근에 충돌하는 연락공각도 45°, 프로브2의 설치위치 부근에 충돌하는 연락공각도 0°의 경우에는 연료분사기간에 액체상태로 분출된 연료의 증발잠열에 의한 영향으로 연료분사와 함께 주실 내 벽면온도가 감소한 후 시간경과와 함께 회복세를 보인다.

Fig.9의 회박 혼합비 조건에서도 프로브1, 2 지점에서 측정된 연소실 벽면온도에 대한 연락공각

도의 영향이 이혼혼합비 조건과 동일한 경향을 보인다.

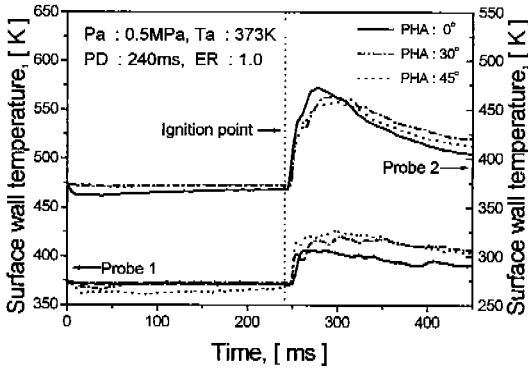


Fig.8 Surface temperature of wall with passage hole angle at ER 1.0

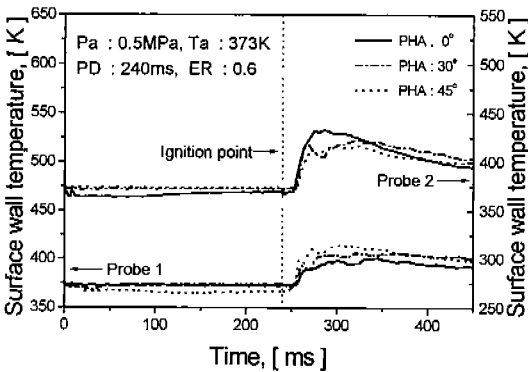


Fig.9 Surface temperature of wall with passage hole angle at ER 0.6

Fig.10은 연소실 평균벽면온도에 대한 연락공각도 및 당량비의 영향을 밝히기 위하여 주어진 초기조건에서 주실의 두 지점에서 측정된 평균 벽면온도를 당량비 및 연락공각도 변화에 대하여 나타낸다.

프로브1의 경우, 연락공각도 45°가 전 당량비 영역에서 가장 높은 값을 나타낸다. 또한 연락공각도 30°, 45°의 경우 당량비가 증가할수록 10~12K 정도의 상승폭을 가지는 반면 0°는 4~6K 정도로서 그 상승폭이 적은 경향을 보인다. 이와

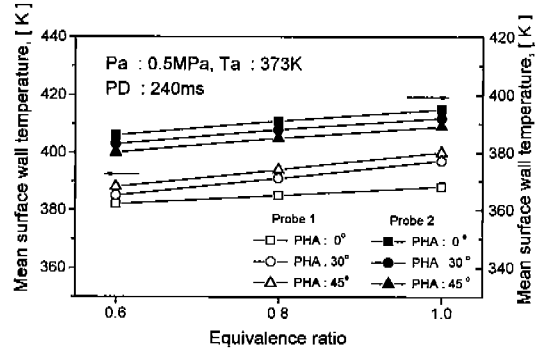


Fig.10 Mean surface temperature of wall with equivalence ratio and passage hole angle

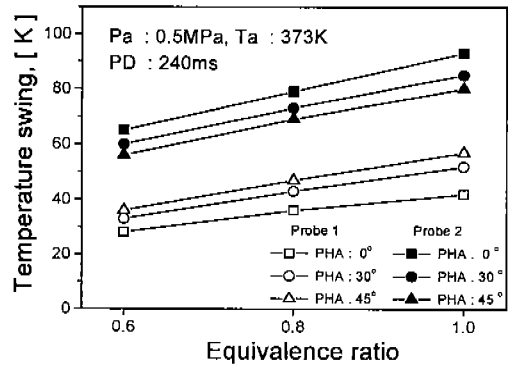


Fig.11 Temperature swing with equivalence ratio and passage hole angle

같이 연락공각도 0°의 경우 당량비 증가에 따른 평균벽면온도의 상승폭이 적은 이유는 화염이 주실의 중심축을 따라서 하부로 성장하기 때문에 당량비 변화에 관계없이 주연소기간 후반부의 화염이 프로브1과 접하기 때문인 것으로 생각된다. 프로브2의 경우, 전술한 이유로 인해 연락공각도 0°가 전 당량비 영역에서 가장 높은 값을 나타내고 그 상승폭은 9~11K 정도이다.

Fig.11은 연소실 벽면의 최고온도와 최저온도의 차인 온도진폭에 대한 연락공각도 및 당량비의 영향을 고찰하기 위해 주어진 초기조건에서 주실의 두 지점에서 측정된 온도진폭을 당량비 및 연락공각도 변화에 대하여 나타낸다.

프로브1의 경우, 온도진폭(Temperature swing)

은 연락공각도와 당량비가 증가할수록 증가하는 경향을 보이나, 연락공각도 0° 조건이 30° , 45° 에 비해 그 증가율이 감소하는 경향을 보인다. 이는 Fig.10과 동일한 경향으로서 연락공각도 0° 의 경우 주연소기간 후반부의 화염이 프로브1과 접하기 때문으로 생각된다.

프로브2의 경우에는 주실 벽면으로 열손실이 적은 연락공각도 0° 조건이 30° , 45° 와 비교해 전 당량비 영역에서 가장 높은 값을 나타낸다.

3.4 비정상 순간열유속에 대한 연락공각도의 영향

Fig.12, 13은 이론 및 희박혼합비 조건에서 연락공각도가 비정상 순간열유속에 미치는 영향을 밝히기 위해 주어진 초기조건에서 당량비를 각각 1.0, 0.6으로 설정하여 연락공각도 변화에 따른 주실의 두 지점에서 측정한 온도로부터 산출한 비정상 순간 열유속을 나타낸다. Fig.12의 이론혼합비에서, 프로브1은 연락공각도가 증가할수록 열유속의 최대값 및 그 발생시기가 크고, 빠르게 나타난다. 이는 연락공각도가 증가할수록 화염의 전파방향이 연소실 중앙부에서 연소실 벽면 쪽으로 이동하기 때문에 화염이 연소실 벽면과 접하는 열전달 면적 및 초기분출화염이 연소실 벽면과 충돌하여 연소실 벽면을 따라서 선화하는 유동에 의해 기연 및 미연가스의 대류 열전달계수가 증대하기 때문으로 판단된다.

프로브2는 연락공각도 0° 조건이 열유속의 발생시기 및 그 최대값이 빠르고, 크게 나타난다. 이는 연락공각도 0° 의 경우 부실에서 주실로의 분출 화염전면이 연소실 중앙부를 따라서 전파돼 나가기 때문에 연소실 벽면을 따라서 연소가 진행되는 30° , 45° 에 비해 화염면이 프로브2와 접하기 이전의 연소과정에서 연소실 벽면으로의 열손실이 상대적으로 적기 때문으로 판단된다.

Fig.13의 희박혼합비의 경우, 연락공각도에 따른 연소진행 방향의 차이에 의해 주실의 좌측면 중앙부에 설치된 프로브1의 경우에는 연락공각도 45° 의 경우가, 하단부 좌측에 설치된 프로브2의

경우에는 연락공각도 0° 조건이 열유속의 최대값 및 그 발생시기가 가장 크고, 빠른 경향을 보인다.

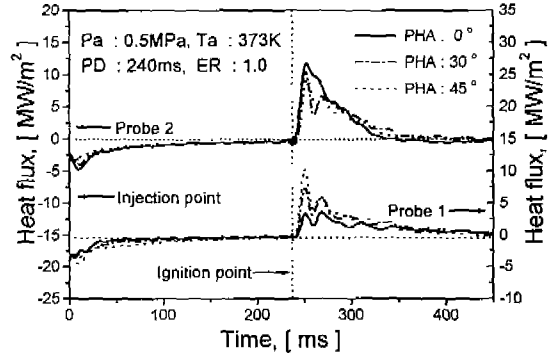


Fig.12 Unsteady heat flux with the passage hole angle at ER 1.0

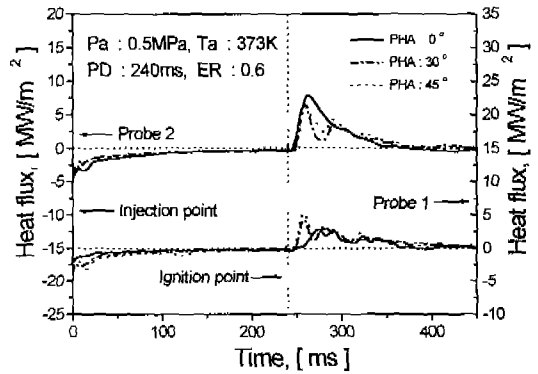


Fig.13 Unsteady heat flux with the passage hole angle at ER 0.6

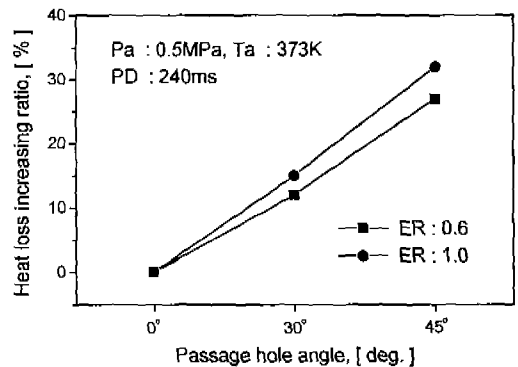


Fig.14 Heat loss increasing ratio with passage hole angle and equivalence ratio

Fig.14는 동일조건에서 연소실 벽면으로의 열손실에 대한 연락공각도의 영향을 밝히기 위하여 연소기간 동안에 프로브1과 프로브2에서 발생한 열유속을 합산하여 연락공각도 0°에 대한 30°, 45°의 열손실 증가비율을 나타낸다. 당량비 1.0, 0.6조건에서 연락공각도가 증가할수록 즉, 연소의 진행방향이 연소실 중앙부에서 연소실 벽면 쪽으로 이동할수록 연소실 벽면 열손실은 연락공각도 0°에 비해 30°, 45° 조건이 약 15~32%정도 증가하는 경향을 보인다. 또, 연락공각도를 동일(30° 조건)하게하고 당량비를 변화(1.0, 0.6)시켰을 때 벽면으로의 열손실을 의미하는 총열유속(전 연소기간의 적산치)은 두 당량비 조건 모두 275MW/m² 정도로 비슷한 값을 보였다.

4. 결 론

IDI형 정적연소기에서 연료와 화염의 유입방향을 결정하는 연락공각도 및 당량비가 주실의 연소특성에 미치는 영향에 대하여 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 이론혼합비의 경우, 연소초기에는 연락공각도 30°, 45° 조건이 연락공각도 0°에 비해 연소속도가 빠르며 질량연소율 60% 이후부터는 연소실 벽면을 따라서 화염이 성장하는 연락공각도 45°조건이 연소속도가 급격히 늦어져 전 연소기간이 가장 길게 나타났다.
- 2) 희박혼합비의 경우, 부실에서의 착화조건이 상대적으로 양호한 연락공각도 30°, 45° 조건이 0°에 비해 초기연소기간이 각각 18%, 27% 정도 단축되었고, 주연소기간은 각각 31%, 7% 정도 단축되었다.
- 3) 연소최고압력은 이론혼합비의 경우에는 연락공각도 30° 조건이 가장 높게 나타났고 다음이 0°, 45° 순이고, 희박혼합비의 경우에는 연락공각도 30°, 45°, 0° 순으로 나타났다.
- 4) 연소실 벽면을 따라서 화염이 성장하는 연락공각도 45° 조건이 연소실 중앙부로 화염

이 성장하는 0°와 비교해 연소실 벽면으로의 열손실은 이론 및 희박혼합비 조건에서 각각 35%, 25% 정도 증가하였다.

- 5) 연소특성이 가장 양호한 연락공각도 30°를 기준으로 생각할 때 연소기간은 당량비 0.6의 조건이 1.0에 비해서 2.4배 정도 길어지고 열손실을 의미하는 전 연소기간 동안의 총열유속은 당량비 1.0, 0.6 모두 비슷한 값을 보였다.

후 기

본 논문은 한국과학재단의 핵심전문연구과제 지원(961-1005-038-2)에 의하여 연구되었습니다. 이에 감사를 표합니다.

참 고 문 헌

1. Aparicio J. Gomez and Paul E. Reinke, "Lean Burn : A Review of Incentives, Methods, and Tradeoffs", SAE Transaction, No.880291, 1988.
2. 井元活二, 片岡洋一, 大村忠雄, "副室式ディーゼル機關の低公害燃焼システムの研究", JSME論文集, Vol.61, No.584, pp.358~364, 1995.
3. 松井辛雄, "副室式ディーゼル機關の連絡孔面積可變化に關する理論的考察", JSAE論文集, Vol.23, No.2, pp.51~56, 1992.
4. Bong-Seock Kim, Chul-Hong Kwon, "Combustion Pressure Characteristics in a Divided Combustion Chamber", Energy R&D, Vol.15, No.1, 1993.
5. 전대수, 이태원, 윤수환, 하종률, "IDI형 정적연소기에서 연락공각도가 연소특성, 및 열유속에 미치는 영향", 대한기계학회부산지부, 춘계학술대회논문집, pp.61~70, 1998.
6. 中園徹, "高速高效率副室式稀薄燃焼ガスエンジンの開發", 内燃機關, Vol.30, No.384, pp.23~25, 1991.