

<論文>

유동분위기에서 메탄올의 연소특성에 관한 연구

이중순* · 이태원* · 박일주** · 정성식*** · 하종률***

(1994년 12월 22일 접수)

A Study on the Combustion Characteristics of the Methanol Fuel in a Turbulence Mixture

Joong-Soon Lee, Tae-Won Lee, Ill-Ju Park, Sung-Sik Chung and Jong-Yul Ha

Key Words : Forced Turbulence Field(강제난류장), Lean Inflammability Limit(희박가연한계), Turbulence Intensity(난류강도), Condenser Discharge Ignition Device(축전기 방전식 점화장치)

Abstract

The experiment was performed by using the condenser discharge ignition device in a constant volume combustion chamber for high pressure, equivalent to the TDC of spark ignition engine, which makes the forced turbulent field possible. The conclusions obtained under various initial pressures, initial temperatures, and turbulent conditions of the methanol-air mixture are as follows: As initial pressure, initial temperature of the mixture, and the ignition energy increase, the inflammability limit expands, but the lean inflammability limit decreases as turbulence intensity increases. Combustion duration is shorter in the case of the lower initial pressure, the higher initial temperature, an equivalence ratio of 1.1~1.2, and even though turbulence intensity increases up to optimum value. Maximum combustion pressure increases in turbulent ambience under the same mixture condition, only in the case each optimum turbulence intensity exists under every condition. As the turbulence intensity increases τ_{10} proportion increases while the τ_{pr} proportion decreases.

기호설명

T_{ci} : 연소실내 초기온도(K)
 ρ_{ma} : 대기온도에서 메탄올의 밀도(kg/m³)
 ϕ : 당량비
 U_m : 400 ms 기간 동안의 평균속도(m/s)
 U_i : 400 ms 기간 중 i 번째의 순간속도(m/s)
 N : 측정회수
 R_m : 메탄올의 기체상수(N · m/kg · K)
 V_c : 연소실 체적(m³)

P_i : 연소실내의 메탄올의 초기분압(Pa)
 P_{H2O} : 포화 수증기압(Pa)

1. 서론

날로 강화되고 있는 배기가스 규제와 연비규제를 동시에 만족시킬 수 있다는 측면으로부터 희박연소에 대한 기술이 거론되고 있다.⁽¹⁻³⁾ 또한 에너지 자원의 유효한 이용과 환경보존의 관점에서 내연기관용 대체연료로서 메탄올이나 천연가스를 포함한 각종 연료의 실용화가 연구되고 있는 실정이다.⁽⁴⁾ 자동차의 연비향상에는 경량화, 공기저항의 저감,

*정회원, 동아대학교 대학원
**창원기능대학 차량공학과
***정회원, 동아대학교 기계공학과

섭동부의 마찰저감 등 다방면에서 검토가 되고 있으나, 연소의 측면으로부터는 희박연소가 불꽃점화기관에 있어서 효과적인 연비향상 및 유해배출물 저감의 수단으로 주목 받고 있다. 그러나, 희박혼합기의 사용에 따른 화염의 전파 지연때문에 연소실 내의 혼합기에 적절한 유동을 가해줄 필요가 있다. 불꽃점화기관에 있어서의 연소는 흡입공기의 유동상태와 혼합기 조건에 따라 많은 영향을 받는데, 이상연소를 억제하고 희박연소의 안정화를 위해서는 급속연소가 이루어져야 한다. 그러나 혼합기의 유동은 연소속도를 촉진시키지만 모든 점화조건에 유리하지만은 않다. 또한 연소실 내에서 일어나는 연소현상을 지배하는 인자는 연소실 형상, 스파크 플러그위치 및 난류강도 등이 있는데 가장 큰 영향을 미치는 것은 난류강도이고, 그 중에서도 연소초기의 난류유동 특성이 연소의 안정성 및 연소 촉진에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.^(5~7) 또한, 연소기간에 거의 영향을 주지않을 만한 약한 난류에 의해서도 미연탄화수소는 크게 감소하는 것으로 Iwasita 등은 발표하고 있다.⁽⁸⁾ 그러나, 메탄올 연료를 대체연료로서 실기관에 사용하기에는 아직도 난류장에서의 혼합기의 유동에 따른 연소특성에 대한 정보가 충분하지 않다.

이와 같은 관점으로부터 본 연구에서는 불꽃점화기관의 압축 상사점에 상응하는 정적 연소기를 제작하여, 강제 난류형성에 의한 혼합기의 유동특성과 연소실의 초기온도, 초기압력, 당량비 등의 초기조건이 혼합기의 발화성, 연소기간, 연소 최고압력 등에 미치는 영향을 밝힌다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 연소실 및 주변장치

실험에 사용된 정적연소실은 ϕ 65 mm, 폭 50 mm의 원통형으로 체적이 175 cc이며, 재질은 내식성과 강도 및 가공성 등을 고려하여 알루미늄 2024 합금을 사용하였다. 연소실은 가시화를 위하여 양 측면에 두께 19 mm의 석영유리를 설치하였고, 연소실내 압력이 6 MPa까지 기밀이 유지됨을 확인하였다. 점화는 연소실 중앙 또는 벽면에서 행하고, 중앙부 점화시에는 ϕ 1 mm인 피아노선을, 벽면점화에서는 상용 점화플러그를 사용하였다.

연소실 바깥둘레에 용량 100 W인 8각형의 판히터 2개를 부착하여 연소실 내부의 온도를 균일하게 제어하였고, 연소실 내부에 공급된 공기와 연료의 혼합과 난류강도의 변화를 위하여 연소실 내에 ϕ 38 mm의 팬을 설치하고, 팬은 회전수를 0~12,000 rpm까지 제어할 수 있도록 설계 제작하였다. 공기 압축기에 의해 가압된 공기는 공기 중의 수분 제거를 위하여 실리카겔 층을 통과시킨 후, 대용량의 예열탱크 내에서 200 W 용량의 U자형 막대히터를 사용하여 설정온도로 예열하였다.

점화장치는 축전기에 충전되는 충전전압을 변화시켜 점화에너지의 크기변화가 가능하도록 제작한 축전기 방전식 점화장치를 사용하였다.

2.2 실험방법

Fig. 1은 본 연구에 사용한 실험장치의 개략도이

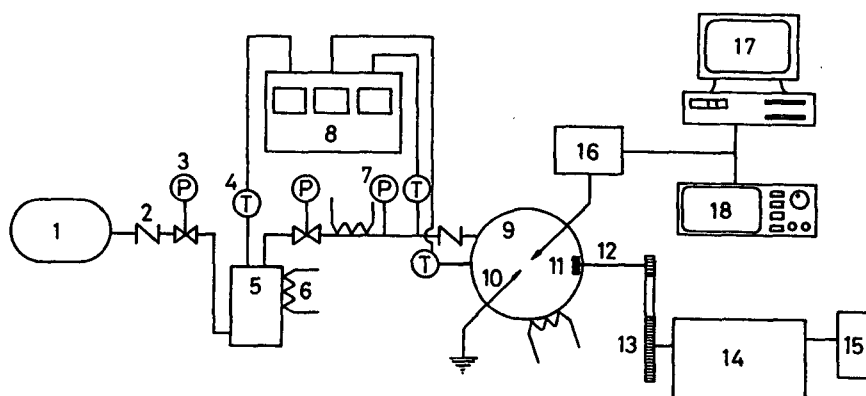


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

Table 1 Range of experimental conditions

Parameter	Condition	
Initial pressure(MPa)	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9	
Initial temperature(K)	313, 333, 353, 373	
Equivalence ratio	Lean limit~1.4	
Spark plug location	Side	Center
Turbulent intensity(m/s)	0.0~6.1	0.0~4.7

며, 공기압축기(1)에 의해 가압된 공기는 예열탱크(5)를 거쳐서 가열과 보온이 가능한 정적연소실(9) 내에 설정압력으로 주입된다. 점화플러그 간극에서의 유속의 측정은 점화플러그의 설치 위치에 열선($\phi 5 \mu\text{m}$)을 부착한 열선프로브(hot wire probe)를 설치한 후 온도도형 열선유속계로써 측정하였다. 또한 난류강도는 식(2)로써 구하였다.

점화는 컴퓨터(17)로부터의 신호를 점화장치(16)에 입력시켜 행하고, 이 때 점화핵 생성 및 유지과정에서의 2차코일의 유기전압과 전류값의 시간경과를 고전압 프로브(HV-P30, Iwatsu electric Co.)와 고전류 프로브(CP-502, Iwatsu electric Co.)를 사용하여 2차 점화전압 파형과 1, 2차전류파형을 디지털링 오실로스코프(18)와 컴퓨터(17)에 각각 입력시켜 측정 및 관찰하였고, 에너지 계산식(9)을 이용하여 방전에너지를 구하였다. 연소실내의 압력은 Piezo type pressure sensor(6061A, Kistler Instrumental Co.)로 측정하며, 증폭기(5011, Kistler Instrumental Co.)를 거쳐 다채널 A/D변환기(샘플링속도 8 KHz)를 통하여 컴퓨터에 입력시키며, 점화시작 시간을 명확히 하기 위하여 점화신호와 압력 채취 프로그램의 진행신호를 동시에 채취할 수 있도록 하였다. 연소기내의 혼합기 형성은 진공펌프로 연소실 내의 압력을 부압으로 만든 후, 연료주입구를 통하여 마이크로리터 주사기(용량 10, 50, 100 μl , 최소단위 0.2, 1.0 μl)로써 설정 연료량⁽¹⁰⁾을 공급한 후, 설정된 압력과 온도로 조정된 공기를 공급하여 연료 공기를 균질하게 혼합시킨 후 연소를 행했다. 메탄올-공기 혼합기의 초기압력, 초기온도, 난류강도의 조건은 Table 1과 같고, 당량비는 각 초기조건에 따라 혼합기의 초기온도가 373 K인 경우, 초기압력의 변화에 따른 발화

혼합비(V_m)로 표시하면 다음과 같다.

$$V_m = \frac{12.42 \phi (P_i - P_{H_2O}) V_c}{100 (\rho_{ma} \cdot R_m \cdot T_{ci})} \quad (1)$$

난류강도 u' 의 계산식은 아래와 같다.

$$u' = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (U_m - U_i)^2} \quad (2)$$

3. 실험결과

3.1 연소압력의 시간경과

연소실 내에서의 연소압력의 시간경과와 해당시각에서 7,000 FPS로 촬영한 화염의 고속 솔리렌사진을 기호의 정의와 함께 Fig. 2에 보인다. 연소의 초기조건으로 점화에너지는 40 mJ, 초기압력과 초기온도는 각각 0.3 MPa, 343 K이며, 당량비 0.9, 정지분위기인 경우의 결과를 보이며, 데이터 입력의 시간간격은 250 μs 이다.

그림에서 A점이 점화시기, B점이 압력상승 시작시기, 그리고 C점은 최고압력 도달시기로서 본 연구에서는 C점을 연소가 종료되는 시점으로 판단한다. A점에서 C점까지를 연소시간 τ_{pr} 로 표시하고, B점에서 C점까지를 압력상승시간 τ_{pr} 로 정의한다. 또, 연소압력이 최고연소압력의 10% 까지 상승하는데 소요되는 시간을 τ_{90} , 90% 까지 상승 시간을 τ_{90} 으로 각각 정의한다.

3.2 가연한계

희박혼합비의 가연한계 부근에서 메탄올 공기 혼합기의 가연한계에 미치는 난류강도의 영향을 밝히기 위하여 여러 혼합기 초기조건에서 연소실험을 행하였다. Fig. 3은 중앙점화로서 혼합기의 초기온도가 373 K인 경우, 초기압력의 변화에 따른 발화

대기온도에서 연소실에 주입되는 연료량을 채적

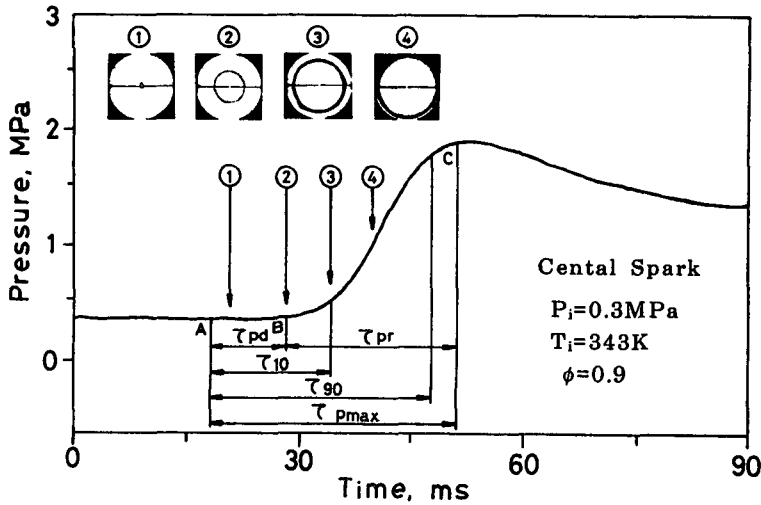


Fig. 2 Typical pressure signal and definition of symbols

성과 난류강도의 관계를 당량비로써 나타낸 것이다.

연소시도 회수는 동일조건에서 10회씩 실시하여 100% 발화된 경우만을 데이터로 채택하였다. 초기압력이 0.5 MPa에서 0.9 MPa로 증가함에 따라 가연한계는 정지 분위기에서 당량비로 0.12정도, 유동이 있는 경우는 당량비 0.1정도 확대되었고, 초기압력 0.5 MPa에서 난류강도가 0.0 m/s에서 4.1 m/s로 증가함에 따라 가연한계는 당량비 0.05 정도, 초기압력 0.7 MPa에서는 난류강도가 0.0 m/s에서 4.1 m/s로 증가함에 따라 당량비 0.04 정도, 초기압력 0.9 MPa에서는 난류강도가 0.0 m/s

에서 4.1 m/s로 증가함에 따라 당량비 0.06정도 좁아진다. 그러나 당량비 0.7이상에서는 초기조건에 관계없이 난류강도 4.1 m/s까지 발화가능한 것으로 보아 유동에 의한 가연한계의 감소범위는 다른 초기조건이 적절할 때 희박가연한계 부근에서만 영향을 받는 것으로 판단된다. 가연한계 당량비와 난류강도는 그림에서 제시한 범위에서 거의 직선적인 관계를 보이며, 난류강도가 증가할수록 희박가연한계는 좁아지는 경향을 보인다. 또한, 초기압력, 초기온도, 점화에너지 등이 증가할수록 가연한계는 확장됨을 알 수 있었고, 본 실험에서 축전기 방전식 점화장치를 사용한 경우에 점화에너지는 방전분위기의 초기압력, 난류강도, 초기온도, 습도, 1차전압 등의 조건에 따라 방전특성이 달라지며, 그 값은 2~45 mJ의 범위로 나타났다.

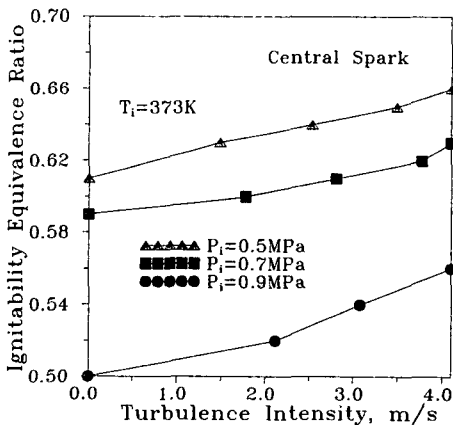


Fig. 3 Relations between ignitability equivalence ratio and turbulence intensity

3.3 연소기간과 점화조건

Fig. 4는 초기온도와 초기압력을 일정하게 한 상태에서 벽면점화를 한 경우 난류강도의 크기에 따른 연소기간의 변화를 나타낸 것이다. 본 조건에서의 유동특성은 전극을 중심으로 타원형의 형태로 회전하는 주류가 존재하는 유동이며, 중앙점화시 점화전극 부근의 유동은 주류의 영향이 적은 회전의 중심부에 해당하는 유동이다. 따라서, 중앙점화를 주류가 없는 유동으로 간주할 때, 벽면점화는 주류가 있는 유동에서의 연소특성을 대표하는 것으로 판단하였다. 벽면점화에서 당량비의 변화에 따른 연소기간은 희박혼합비 부근으로부터 이론혼합

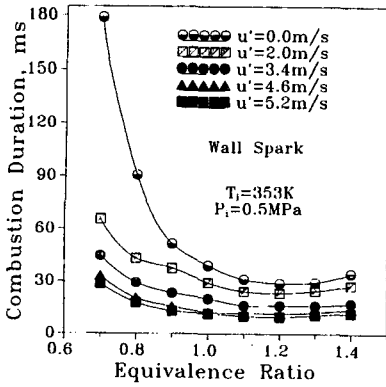


Fig. 4 Relations between combustion duration and equivalence ratio at each turbulent intensity

비 및 약간 농후한 당량비 1.2까지는 짧아지나, 당량비가 보다 증가하는 1.4에서는 모든 유속의 범위에서 연소기간이 다시 증가하는 경향을 보인다. 또한, 난류강도가 증가함에 따라 모든 당량비 구간에서 연소기간은 짧아지며 특히, 난류강도 2.0 m/s에서 5.2 m/s로 증가함에 따라 전 당량비 영역에서 55% 정도 감소하는 경향을 보인다. 주류가 없는 유동 조건인 중앙점화와 비교할 때, 정지분위기에서는 연소기간이 중앙점화 기준으로 벽면점화가 60% 정도 길게 나타나지만, 유동분위기에서는 동일한 난류강도 조건에서 비슷한 연소기간을 나타냈다.

또한, 본 논문에서는 제시하지 않았지만 초기온도를 일정하게 하고 초기압력을 변화시킨 경우에, 유동의 유무에 따른 당량비와 연소기간과의 관계를 실험한 결과, 유동분위기와 정지분위기 모두 당량비 1.1~1.2 부근에서 가장 짧은 연소기간을 보이며, 희박가연한계에서의 연소기간은 짧은 연소기간을 보이는 당량비조건에 비하여 4~5배 정도 긴 값을 보이고, 선행연구⁽⁹⁾에 의하면, 정지분위기의 연소기간은 초기압력이 증가함에 따라 짧아지는 반면, 유동분위기의 연소기간은 초기압력의 변화에 무관하게 거의 동일한 값을 보임을 확인하였다.

이들 결과로부터 정지 및 유동분위기에서 연소기간에 영향을 주는 혼합기조건으로는 당량비 ϕ , 난류강도 u' (m/s), 초기압력 P_i (MPa)와 초기온도 T_i (K) 순으로 나타났으며, 본 연구를 통하여 메탄올의 연소기간 τ_{pmax} 값을 Arrhenius의 반응속도 이론을 모델로 하여 P_i , ϕ , T_i 와 u' 으로 표시되는 실험식을 작성하였다. 이를 정지분위기와 유동분위

기로 나누어 표현하면 다음과 같다.

정지분위기인 경우

$$\tau_{pmax} = 19.61 + 20.208 \cdot P_i^{0.3303} \cdot \phi^{-7.491} \cdot \exp(-0.00428 \cdot T_i) \quad (3)$$

유동분위기인 경우

$$\tau_{pmax} = 33.2068 \cdot \phi^{-2.4611} \cdot u'^{-0.8243} \quad (4)$$

본 연구의 실험조건 범위에서 전극사이에 커널이 형성되는 순간을 점화시작 시간으로 판단할 때 압력의 발생지연기간 τ_{pd} 는 유동이 있는 경우, 점화 플러그의 위치에 관계없이 전 연소기간의 18% 이상의 값을 보였다. 즉, 압력의 발생지연기간 τ_{pd} 와 압력상승 순간부터 연소 최고압력이 발생하는 시각까지인 압력상승기간 τ_{pr} 과의 합을 전 연소기간 τ_{pmax} 라고 할 때, 각각 차지하는 비율을 각 초기조건에 따라 도시한 것을 Figs. 5, 6에 보인다.

Fig. 5는 초기온도 353 K, 초기압력 0.7 MPa의 조건에서 τ_{10} , τ_{90} , τ_{pmax} 를 당량비에 대하여 표시한 것이다. 동일한 초기조건에서 정지 및 유동분위기에서의 연소해석을 행한 결과 τ_{10} 까지의 기간이 차지하는 비율은 정지분위기의 경우가 38~46% 정도인데 비하여, 유동분위기에서는 50~60%의 비율을 보인다. 난류강도가 증가할수록 즉, 최적유동조건까지는 τ_{10} 의 값은 증가하는 현상을 확인하였는데, 이는 점화로부터 발화 초기까지의 시간비율이 증가함을 의미한다. 이것은 유동분위기에서 τ_{10} 이 차지하는 기간보다 τ_{10} 이후의 연소기간의 비율이 짧아지는 것으로 보아 유동분위기는 혼합기의 발화에는 나쁜 영향을 미치나, 연소속도는 촉진하

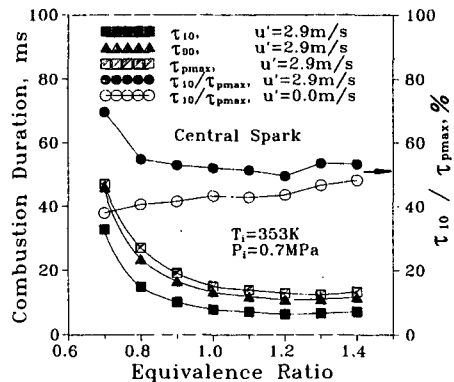


Fig. 5 Effect of equivalence ratio on combustion duration and τ_{10}/τ_{pmax}

는 것으로 판단하였다.

Fig. 6은 초기압력 0.7 MPa, 초기온도 373 K인 조건에서 유동의 유무와 당량비에 따른 압력상승기간 τ_{pr} 의 비율을 나타낸다. 정지분위기에 비하여 유동분위기인 경우 그 값은 감소하는 경향을 보이고, 압력상승기간 τ_{pr} 은 전연소기간 τ_{pmax} 의 60~80%의 범위를 보인다. 따라서, 유동이 있는 경우에는 정지분위기에 비하여 연소기간이 짧아지면서 압력의 발생지연기간은 길어지지만, 일단 발화되면 난류연소속도는 급격히 증가하는 것으로 판단된다. 제시된 조건에서 정지분위기에 비하여 유동분위기에서는 중앙연소시 τ_{pr} 의 연소기간은 평균 7%의 감소를 나타내는데, 이것은 난류강도가 증가하면 어느 한계(본 연구에서는 중앙점화시 4.4 m/s)까지는 더욱 감소할 것으로 예측된다.

Fig. 7은 초기압력 0.5 MPa, 초기온도 353 K, 당량비 1.0에서 점화위치와 유동의 유무에 따른 질량연소율의 시간경과를 나타낸다. 본 실험에서 난류발생장치의 회전수는 중앙점화와 벽면점화의 경우에 동일하지만, 점화플러그의 위치에 따라 난류강도는 서로 다른 값을 갖는다. 그림에서 점화플러그의 위치에 따른 상호관계를 정성적으로 비교 분석하면, 유동의 유무에 따른 중심과 벽면점화에서 각각의 질량연소율의 기울기는 유동이 있는 경우가 초기부터 급격한 증가를 보인다. 유동분위기에서는 난류강도가 크면서도 유동의 주류가 있는 벽면점화의 경우가 초기 지연기간이 짧고 연소기간도 짧다. 그러나, 연소가 진행될수록 유동의 주류가 없는 중앙점화의 연소속도가 증가하여 점차 접근하는 현상을 보인다. 정지분위기에서는 벽면점화에서의 연소속도가 초기에 빠르게 나타났다가 곧 중앙점화의 연소속도에 추월을 당해 중앙점화의 연소가 먼저 종료 된다. 이와같이 벽면점화시의 질량연소율값이 초기에 잠시 빠르게 나타나는 것은 본 연구의 경우 동 조건에서 점화플러그와 압력변환기의 위치가 근접해 있기 때문에 중심점화보다 압력전파지연이 단축되기 때문인 것으로 판단된다. 또, 정지분위기에서의 연소속도는 초기에 완만하게 증가하는데 비해 유동분위기에서는 상대적으로 초기 연소속도가 증가함으로써 전체 연소기간이 짧아지는 것을 알 수 있다.

3.4 연소 최고압력 P_{max} 과 점화조건

Fig. 8은 초기온도 353 K에서 난류강도의 크기에

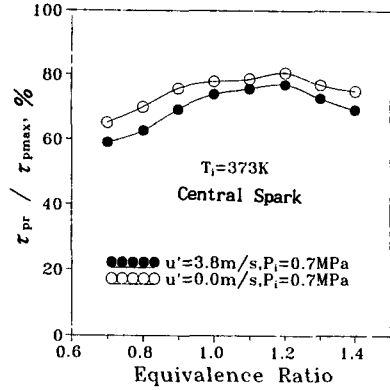


Fig. 6 Effects of equivalence ratio on τ_{pr} / τ_{pmax}

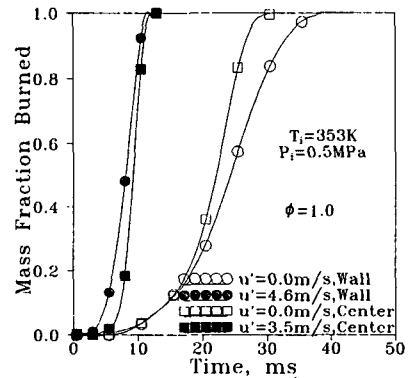


Fig. 7 Mass fraction as a function of time at spark plug locations and turbulent intensity

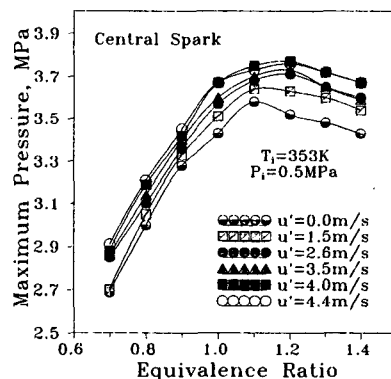


Fig. 8 Relations maximum pressure and equivalence ratio at each turbulent intensity

따라서 연소 최고압력과 당량비의 관계로서 도시한 것이다. 각 당량비조건에서 난류강도의 증가와 함께 P_{max} 는 증가하며 난류강도가 4.0 m/s 근처에서 그 증가치는 한계를 보임을 알 수 있다. 이와같은

난류강도에 따른 P_{max} 의 증가는 가연범위 내의 동일 당량비에서 거의 같은 경향을 보이며 정지분위 기에서의 P_{max} 값에 비하여 최고의 P_{max} 값을 보이는 최적난류강도에서의 P_{max} 는 4~7% 범위의 증가치를 보인다.

난류강도에 따라 약간의 차이를 보이지만, P_{max} 와 당량비의 관계에서 당량비 1.1~1.2 사이에서 최대의 P_{max} 값을 보임을 알 수 있다. 특히, 희박 가연한계에서의 P_{max} 값과 최대의 P_{max} 값을 보이는 당량비에서의 P_{max} 값의 비는 희박가연한계에서의 P_{max} 값 기준으로 전 유동조건에서 30~34%의 증가를 나타낸다. 이와같은 결과로 볼 때, 당량비 0.7이상의 난류강도가 발화에 지장을 주지않는 범위에서는 최고연소압력, 최단연소기간을 얻을 수 있는 최적의 난류강도 조건(본 연구에서는 중앙점화의 경우 4.0~4.4 m/s)에서 연소를 행함으로써 최대의 일을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 9는 최고연소압력과 초기압력과의 관계를 당량비에 따라 중앙점화, 일정온도 및 일정난류강도 조건에서 나타낸다. 그림에서와 같이 P_{max} 와 P_i 는 비례 관계를 나타내며 당량비에 따라 그 기울기가 변함을 알 수 있다. 본 그림에서는 표시되어 있지 않으나 T_i 에도 영향을 받으며, P_{max} 와 ϕ , T_i 와는 지수함수의 관계를 가짐을 확인하였다. 이와같은 현상은 유동조건, 초기온도조건이 변하여도 동일한 경향을 나타낸다.

본 연구의 결과로 얻은 최고연소압력 P_{max} 과 혼합기의 초기압력 P_i (MPa), 초기온도 T_i (K), 당량비(ϕ) 및 난류강도 u' (m/s)와의 관계로서 다음과 같은 실험식을 구하였으며, 실험의 결과와 실험

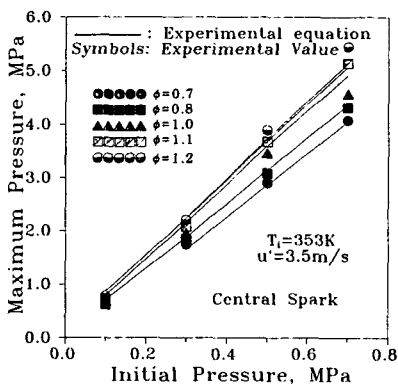


Fig. 9 Relations between maximum pressure and initial pressure at each equivalence ratio

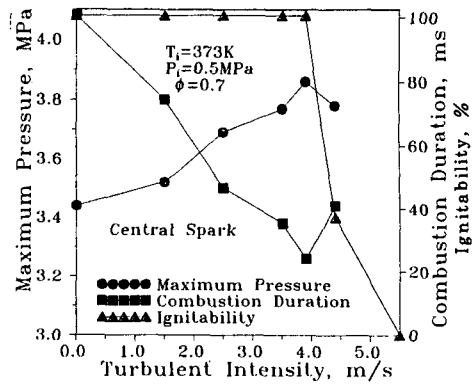


Fig. 10 Effect of turbulent intensity on ignitability, combustion duration and maximum pressure

식에 의해 계산된 결과치와의 비교에서 최소 95% 이상의 정도를 보였다.

$$P_{max} = 3.90457 \cdot P_i \cdot \exp(0.03u' + 0.58\phi - 0.0002T_i) \quad (5)$$

Fig. 10은 주어진 초기조건인 혼합기에 미치는 영향을 최고압력, 착화성, 연소기간과 혼합기의 난류강도와와의 관계로서 나타내고 있다. 전술한 바와 같이 난류강도가 증가하면 연소기간의 단축과 함께 P_{max} 는 증가한다. 착화성공률이 100%인 난류강도 범위 내에서 P_{max} 의 값은 난류강도의 증가와 함께 점차증가하여 최적의 난류강도 조건에서는 정지시에 비하여 11%의 증가를 보이고, 동일 조건에서 연소기간은 67%가 단축된다.

그러나, 난류강도가 최적조건인 값을 초과하면 착화성은 나빠지고 P_{max} 및 연소기간의 값이 불안정해지면서, 결국 착화불능의 상태가 됨을 알 수 있다. 이와같은 결과로부터 희박혼합비 영역을 포함한 전 당량비 영역에서 최적착화와 최적연소 조건을 위한 각각의 적정 난류강도가 존재함을 알 수 있다.

4. 결론

강제 난류장의 형성이 가능한 불꽃점화기관의 압축 상사점에 상당하는 고압용 정적 연소기에 축전기방전식 점화장치를 점화원으로 하여, 메탄올-공기 혼합기의 초기압력, 초기온도, 혼합기 유동조건 등을 변화시킨 상태에서 연소를 행하여 얻은 연소 특성은 아래와 같다.

- (1) 혼합기의 초기온도, 초기압력, 점화에너지가 증가하면 가연한계는 넓어지나, 난류강도가 증가하면 회박가연한계는 좁아진다.
- (2) 혼합기의 연소기간은 혼합기의 초기압력이 낮을수록, 초기온도가 높을수록, 또한 당량비 1.1~1.2의 조건에서 가장 짧아진다.
- (3) 혼합기의 착화성 향상과 연소기간을 단축시키기 위해서는 당량비 조건에 따라 각각의 적정 난류강도가 존재한다.
- (4) 전 연소기간이 짧아지는 난류강도에서, 연소압력이 최고압력의 10%에 도달하는데 소요되는 시간비율 τ_0 은 커지고, 압력상승 시작부터 최고압력발생시 까지의 시간 비율 τ_{pr} 은 적어진다.
- (5) 동일 초기조건에서 정지분위기의 연소기간은 벽면 점화가 중앙점화의 연소기간 보다 길어지나 유동분위기에서는 그 기간 차이를 무시할 수 있을 정도로 줄어진다.
- (6) 동일 혼합기조건에서 최고연소압력은 최적유동조건에 접근할수록 증가한다.

후 기

본 연구는 상공자원부에서 지원하는 저공해 공동기반기술 개발사업인 G7프로젝트의 일환으로 수행하여 얻은 연구결과의 일부로서 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- (1) Satoshi Iguchi, 1993, "Development of Lean Burn Engine Systems in Japan," *The 6th Kia Motors International Symposium*, Vol. 1, Kia motors, Korea.
- (2) Satoshi Iguchi, 1992, "Combustion and Current Status of Lean Burn Engine," '91 Symposium of

- Lean Burn Gasoline Engine, JSME No. 16*, pp.1~6.
- (3) Hiroshi Okano, 1992, "Development of Lean Burn Engines in Toyota," '91 Symposium of *Lean Burn Gasoline Engine, JSME No. 19*, pp.20~25.
- (4) Kasumi Kataoka, 1992, "Effect of Fuel Characteristics on the Combustion Process of Homogeneous Mixture in a Closed Vessel," *The 10th Internal Combustion Engine Symposium, Japan*, pp.115~120.
- (5) 정연중, 조규상, 김원배, 1993, "가솔린기관의 점화플러그 위치에서 난류유동 특성," 대한기계학회 92년도 추계학술대회 논문집(II), pp. 478~482.
- (6) Arcoumanis C. and Bae, C-S. 1993, "Visualization of Flow/Flame Interaction in a Costant Volume Combustion Chamber," *SAE Paper 930868*.
- (7) David M. Checkel and David Sing-Khing Ting, 1993, "Turbulence Effects on Developing Turbulent Flames in a Constant Volume Combustion Chamber," *SAE Paper 930867*.
- (8) Iwashita, Y. and Yamada, N., 1980, "A Study of the Genesis Mechanism of Unburned Hydrocarbons in a Constant Volume Bomb", *TOYOTA Technology #30-2*, Japan, pp.149~160.
- (9) 이중순, 1994, "내연기관용 대체연료의 개발을 위한 메탄올의 연소특성에 관한 연구," 석사학위논문, 동아대학교, 부산.
- (10) 이태원, 이중순, 정성식, 하종률, 1994, "정용연소기를 이용한 메탄올의 연소특성에 관한 연구," 대한기계학회논문집, 제18권, 제2호, pp. 389~397.