

토치 점화 장치의 체적에 따른 연소특성 파악

권순태¹⁾* · 김형식* · 최창연* · 박찬준** · 엄인용**

서울산업대학교 에너지환경대학원, 서울산업대학교 기계공학과

Combustion Characteristics of Volume Variation of Torch in a CVCC

Kwon Soontae* · Kim Hyeongsig* · Choi Changhyeon* · Park Chanjun** ·
Ohm Inyoung**

*Graduate School of Energy & Environment, Seoul National University of Technology
Department of Mechanical Engineering, Seoul National University of Technology,*

요 약

토치 점화 장치의 연소 특성을 파악하기 위하여 6개의 각기 다른 토치 점화 장치를 설계하였다. 토치 점화장치의 체적이 메탄의 연소특성에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 토치 점화 장치의 높이(h)와 오리피스 직경(De)는 10mm와 6mm로 고정하고, 입구 직경(D)을 12mm에서 22mm까지 2mm씩 증가시키며 토치 점화 장치를 설계하였다. 초기 화염 생성 및 전파는 질량 연소율과 연소 촉진율로 분석하였다. 질량 연소율과 연소 촉진율을 계산하기 위하여 정적 연소실 내의 평균 압력을 측정하였다. 또한 shadow graph법을 이용하여, 초기 화염 생성과 화염 전파과정 전 영역을 가시화하였다. 토치 점화 장치를 사용한 경우에는 일반적인 스파크 점화와 비교하여 질량 연소율의 기울기가 증가하였고, 연소 촉진율도 개선된것을 확인하였다. 토치 점화 장치의 체적이 증가할수록 연소가 개선되었으며, 넓은 점화 표면을 제공하였다.

주요어 : 토치 점화장치, 오리피스 직경, 정적연소실, 질량연소율, 연소촉진율

Abstract- Six different size of torch-ignition device were applied in a constant volume combustion chamber for evaluating the effects of torch-ignition on combustion. The torch-ignition device was designed six different volumes and same orifice size. The combustion pressures were measured to calculate the mass burn fraction and combustion enhancement rate. In addition, the flame propagations were visualized by shadowgraph method for the qualitative comparison. The result showed that the combustion pressure and mass burn fraction were increased when using the torch ignition device. And the combustion duration were decreased. The combustion enhancement rates of torch-ignition cases were improved in comparison with conventional spark ignition. Finally, the visualization results showed that the torch-ignition device the torch-ignition induced faster burn than conventional spark ignition due to the earlier transition to turbulent flame and larger flame surface, during

[†] To whom corespondence should be addressed.

서울산업대학교 에너지환경대학원

Tel : 02-970-6936

E-mail: stkwon@snut.ac.kr

the initial stage. And the initial flame propagation was effected torch-ignition volume.

Key words: Torch-ignition device, orifice diameter, CVCC, MFB, CER

1. 서 론

천연가스는 배장량이 풍부하고, 높은 옥탄가와 넓은 연소 범위, 미연탄화수소의 저감 등으로 인하여 친환경적인 연료로 각광 받고 있다. 최근에는 천연가스 연료를 열병합용 엔진 및 수송용 엔진 등에 사용하고자 하는 노력이 다양하게 시도되고 있다. 하지만 열병합용 가스엔진은 가솔린 엔진의 연소 기구를 채용하고 있으나, 일반적인 가솔린 엔진과 비교하여 엔진의 기통 당 배기량이 일반적인 가솔린 엔진과 비교하여 비정상적으로 과대하게 설계되어 있다는 것이 단점이다. 기통당 배기량이 크면 엔진의 실린더내에 공급되는 혼합기의 절대량이 증가하게 되어, 이를 한정된 사이클 동안에 완전히 연소 시키지 못하게 된다. 또한 느린 연소의 발생으로 인하여 미연 성분의 증가로 인하여 배기를 악화시키고, 노킹 등의 이상 연소 현상도 유발시킨다. 따라서 기통 당 배기량이 큰 엔진에서는 초기 화염 발달을 지배하는 점화와 연소 성능이 엔진에 미치는 영향이 증대된다.¹⁻³⁾ 초기 화염 성장에 유리한 조건을 형성하기 위하여 이 연구에서는 부연소실 개념의 토치 점화 장치를 사용하였으며, 토치 점화 장치의 체적 변화에 따른 특성을 파악하기 위하여, 토치 점화 장치의 체적을 증가시키며 실험하였다. 연소 특성을 파악하기 위하여 정적연소실 내의 연소 압력을 측정하였으며, 화염 전파 특성을 파악하기 위하여 shadowgraph법을 이용하여 화염 가시화를 하였다.

2. 실험 장치 및 방법

본 연구에 사용되어진 실험 장치들의 개략도는 Fig. 1 에 나타났다. 실험장치는 정적 연소실, 예혼합장치, 화염 가시화 장치로 구성되었다. 정적 연소실은 보어(Bore) 152mm, 스트로크(Stroke) 85.2mm이며, 연소실의 본체는 열과 부식에 강한 스테인리스 스틸(stainless-steel)로 제작하였다. 또한 초기화염의 생성에서부터 연소실 벽면까지의 전체 화염 전파 과정을 관찰하기 위하여, 연소실의 양측면에 두 개의 가시화창(visualization window)을 설치하였다. 연소실 본체와 가시화 창을 위하여 엔진용 고무제 실링재를 이용하여 기밀을 유지하였다. 또한 연소실의 윗면에는 예혼합기의 흡입과 배기가스 배출을 위해, 흡입밸브(intake valve)와 배기밸브(exhaust valve)를 각각 설치하였다. 또한 연소실의 중앙에는 점화 플러그(spark plug)와 토치 점화 장치(torch-ignition device)의 설치가 가능하도록 하였다. 연소실의 측면에는 압력센서(pressure sensor)를 장착하여, 점화 후의 연소실 내의 평균압력을 측정하였다.

정적 연소실에서 연소실험을 할 경우에는 이론 공연비(stoichiometric ratio) 또는 실물엔진의 공연비를 정확히 재연하여 공급해야 하므로 본 연구에서는 정확한 공연비의 혼합기를 제작하기 위하여 수치환법을 이용한 예혼합장치를 제작하여 사용하였다. 본 연구에서는 메탄(CH_4)을 사용하여, 이론공연비로 예혼합기를 만들어 정적연소실에 공급하여 실험하였다.

토치 점화 장치의 연소 특성을 파악하기 위하여, 토치 점화 장치를 제작하였다. 본 연구에 사용되어진 토치 점화 장치의 제원은 Table 1에 나타냈고, 형상은 Fig. 2에 나타났다. 토치 점화 장치의 오리피스 직경에 따른 연소 특성을 파악하기 위하여, 토치 점화 장치의 오리피스 직경(D_e)는 6mm, 높이(h)는 10mm로 고정하였다. 토치 점화 장치의 체적을 변화시키기 위하여, 입구 직경(D)을 12mm에서 22mm까지 2mm씩 증가시키며 제작하였다.

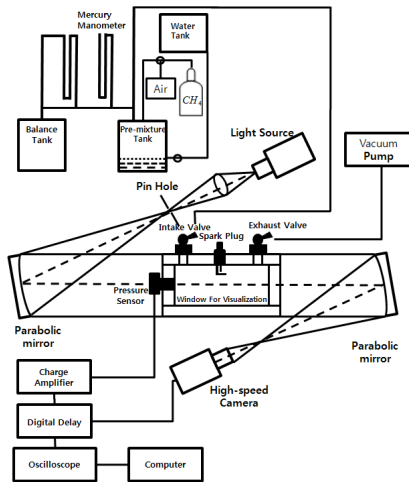


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

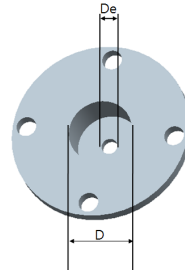


Fig. 2 Schematic of torch-ignition device

Table 1 Specification of torch-ignition device

D(mm)	12	14	16	18	20	22
V(cc)	1.1	1.5	2.0	2.5	3.1	3.8
De(mm)	6					
h(mm)	10					

3. 실험결과

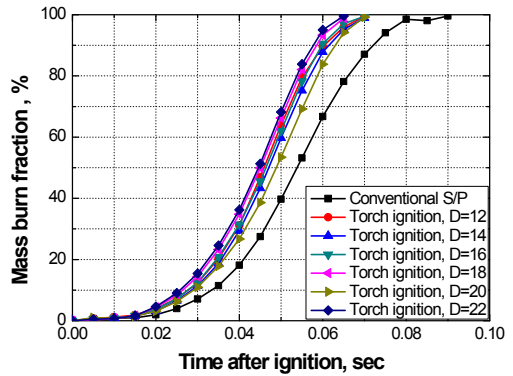
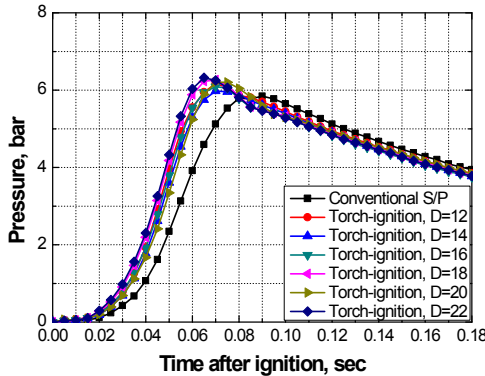


Fig. 3 Pressure rise and Mass burn fraction rise after ignition for torch-ignition and conventional spark-plug

Fig. 3은 일반적인 스파크 플러그와 토치 점화 장치를 장착하였을 경우, 연소압력을 나타냈다. 일반적인 자동차용 스파크 플러그의 경우 정적 연소실에서 연소 압력을 측정하였을 경우, 최대 압력은 5.95bar이고, 최대 연소 압력까지 도달하는 시간은 0.085sec이다. 하지만 토치 점화 장치를 장착한 경우에는 토치 점화 장치의 체적이 3.6cc인 경우에 최대 압력은 6.39bar로 증가하였고, 최대 연소 압력까지 도달시간은 0.064sec로 가장 크게 단축되었다. 일반적인 스파크 플러그 점화와 비교하여 토치 점화 장치를 장착한 모든 경우에 질량 연소율(mass burn fraction)의 기울기는 증가하였다. 또한 질량연소율 10%에 도달하는 시간도 모든 경우에 단축되었다. 이는 토치 점화 장치내에 있는 예혼합기가 토치 점화 장치를 통하여 분출하면서, 초기 연소가 개선되었기 때문으로 판단된다. 일반적인 스파크 플러그 점화는 화염 형상이 층류화염을 나타냈다. 하지만 토치 점화 장치를 사용한 경우에는 화염이 토치 점화 장치의 오리피스를 통과하면서 층류화염에서 난류화염으로 천이되었다. 이는 넓은 점화 표면을 제공하기 때문에 연소 속도가 증가한 것으로 판단된다. 또한 토치 점화 장치의 체적이 증가할수록 분출되는 화염의 길이가 길었으며, 점화 표면이 넓었다. 토치 점화 장치의 체적이 작은 경우에는 층류화염과 비슷한 형상을 나타냈다.

Time Volume	0.015	0.016	0.017	0.018	0.019	0.020	(sec)
	0.025	0.030	0.045	0.050	0.055	0.060	
1.1							
1.5							
2.0							
2.5							
3.1							
3.8							

Photo1 Image of flame propagation

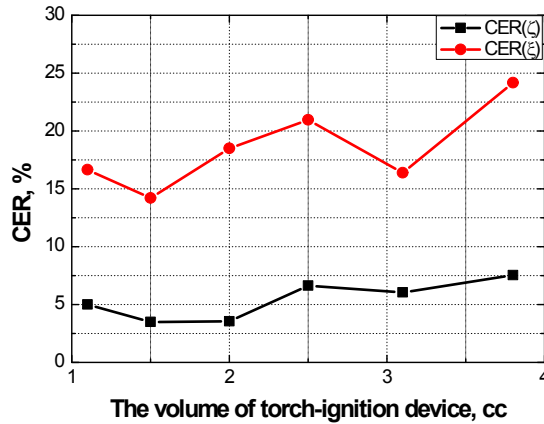


Fig. 4 CER as a function of torch-ignition volume

4. 결 론

토치 점화 장치를 장착하여 정적 연소실에서 메탄-공기 혼합기를 $\phi=1$ 에서, 토치 점화 장치의 체적을 증가시키면서 연소 특성을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 토치 점화 장치를 장착하여 연소를 한 경우에는 토치 점화 장치를 장착하지 않은 경우와 비교 하여, 모든 경우에 최대 압력이 증가하였고, 최대 압력 도달시간이 단축되었다.
- 2) 토치 점화 장치를 장착하여 연소를 한 경우에 연소실 내의 압력을 측정하여 질량 연소율을 계산해본 결과, 토치 점화 장치를 사용하면 질량 연소율의 기울기가 증가하였고, 이는 급속 연소가 일어났음을 알 수 있다.
- 3) 토치 점화 장치를 장착하여 연소를 한 경우에 shadowgraph법을 이용하여 화염 전파 과정을 가시화 한 결과 일반적인 스파크 점화는 층류화염, 토치 점화 장치를 장착한 경우에는 난류화염이 관찰되었다. 또한 토치 점화 장치의 체적이 증가할수록 넓은 점화 표면이 관찰되었다.
- 4) 토치 점화 장치의 체적이 증가할수록, 연소 시간은 단축되었으며, 연소압력은 높아졌다.

참고문헌

- 1) Kim, M. H., "Evaluation of Heat Loss by Means of Plasma Jet Ignition during Combustion Duration in the Constant Volume Vessel," Journal of KSAE, Vol. 11, No. 2, pp. 96-103, 2003.
- 2) Kim, B. S., "A study on Combustion Characteristics of the Methane-Hydrogen Lean Mixture by Using Multiple Spark Capacity Discharge in a CVCC(I)," J. Energy Engg., Vol.12(2), pp.124~130, 2003.
- 3) Nakamura, N., Kobayashi, T., Hanaoka, M., and Tagaki, N., "A New Platinum Tipped Spark Plug Extends the Lean Limit and Useful Life," SAE paper, No.830480, 1983.
- 4) Ferguson, C., Internal Combustion Engines, John Willy & Sons, New York, pp.103~148, 1986.
- 5) Ohm, I. Y., Internal Combustion Engine, A-jin, Seoul, pp50~57, 2006.