

〈논 문〉 SAE NO. 943744

4기통 전기점화기관의 혼합기 불균일화가 기관성능에 미치는 영향

Effect of Non-Uniform Mixture on the 4 Cylinder S.I. Engine Performance

김 물 시,* 진 성 호,** 박 경 석** 이 용 길,***
M. S. Kim, S. H. Jin, K. S. Park Y. G. Lee,

ABSTRACT

In an automotive spark ignition, it is important to form the proper mixture(air/fuel) on each driving condition for developing the stabilizing combustion and exhaust characteristics. Since most of supply fuel is attached on the inside wall of the intake manifold for unadequate atomization by fuel injection system, it brings a bad effect on combustion and exhaust caused by nonuniformity of fuel distribution to each cylinder and mixture variation. Also it affects engine performance variation and causes noises and vibration.

In this study, we verified the effect of the mixture variation which is caused by fuel liquid film in an intake manifold on combustion characteristics and engine performance.

주요기술용어 : Engine Performance(기관성능), Mixture Distribution(혼합기 분배), Mixture Variation(혼합기 변동), Fuel Liquid Film(연료 액막), Combustion Characteristics(연소특성), Atomization(미립화)

1. 서 론

최근 각종 자동차용 원동기로써 널리 사용되고 있는 가솔린 기관은 엄격한 법규제에 의한 배기 가스 대책과 에너지위기 등으로 인하여 기관성능평가의 기준이 주로 연료경제성의 향상과 공해방지책에 중점을 두는 방향으로 크게 전환되고 있다.

따라서, 현재 자동차용 가솔린 기관의 유해가스 저감책으로서는 기관개량과 전처리방법 및 후처리방법 등으로 대별하여 연구 개발하고 있으며,

이 연구의 부수적인 효과로써 연료절약도 얻어지고 있다.

한편, 자동차용 기관의 배기가스 저감 및 연료 소비의 저감과 기관출력은 서로 상반하는 특성을 갖는 면이 많으므로 이들을 양립시키는데 많은 곤란이 따르고 있다. 또, 지금까지 배기가스 대책이나 연료소비절약을 위한 기관성능향상에 관한 많은 연구^(1,2,3)가 있음에도 불구하고 가솔린 기관에는 흡기관내 혼합기유동의 거동 규명에 관한 문제를 비롯하여 검토되어야 할 문제점이 남아 있다.

* 정회원, 대우자동차 기술연구소 엔진설계2실

** 정회원, 경희대학교 기계공학과

*** 정회원, 교통안전교육원

자동차용 가솔린 기관의 흡기계의 주요기능은 첫째로 공기와 연료의 인위적인 계량과 혼합이며, 둘째로 각 실린더에 대한 혼합기의 분배이다. 이상적으로 연소실에 도달하는 공기연료혼합기(mixture)가 각 실린더마다 일정해야 하며 연료는 충분히 증발하거나 미립화되어 공기흐름에 균일하게 혼합되어야 한다. 기화기 방식이나 TBI(Throttle Body Injection)의 경우 흡기관내 연료액막이 형성되거나 혼합기 형상이 이상적으로 되지 않을 경우 유해배기성분과 연료소비율의 증가에 영향을 미치게 된다. 자동차 배기와 연료절감에 대한 인위적인 요구때문에 흡기계 성능개선을 절실히 필요로 하고 이는 궁극적으로 좀 더 효율적으로 공기연료 혼합기 질을 향상시키는 것과 균등분배의 효과를 높이는 것을 요구하고 있다.

가솔린 기관의 기화기 개량에 관한 일련의 연구^(4, 5, 6, 7, 8, 9)에서 고찰된 바와 같이 기화기나 SPI(Single Point Injection)를 갖는 자동차용 가솔린 기관의 각 운전상태에 있어서 언제나 적당한 혼합기를 실린더 내에 공급하기 위해서는 우선 기화기 또는 분사노즐로부터 분출하는 연료유량이나 분무상태를 정확히 규제함과 동시에 분출후 실린더 내에 도달할 때까지의 흡기관내 연료거동을 명확히 파악하고 그것에 대처할 필요가 있다.

가솔린 기관의 연료공급계통에 있어서 기화기 또는 분사 노즐로부터 분출된 연료분무는 흡기관내에서 그 일부는 액적상태로 고속기류 유동중에 부유하고, 나머지 부분은 흡기관 벽에 부착하여 액막상태로서 기통측으로 유동하는 과정에서 이들은 증발을 계속하나 대부분의 연료는 혼합기가 기통내에 흡입된 후에 기화를 완료한다.⁽¹⁰⁾

그러므로 자동차용 가솔린 기관의 성능은 흡기관의 구조와 기능에 의하여 크게 지배되며 기관의 출력성능, 운전성 및 난기성을 비롯하여 특히 근간에 주목되고 있는 연료경제성이나 유해배가에 의한 대기오염문제 등은 흡기다기관을 포함한 연료공급계통의 특성에 의존된다고 할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 기화기를 사용하는 자동차용 가솔린 기관의 흡기계통이 갖는 진술한 제결함, 특히 흡기관 내에서 관벽을 따라 유동

하는 연료분무중의 액막유동을 고찰하고, 실기기관의 공연비 변동에 따른 연소실험을 통하여 각 실린더간의 기관성능 인자들을 고찰함으로써 혼합기 불균일의 영향을 규명하고자 하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 혼합기 균질분배특성 실험장치 및 방법

Fig.1은 본 실험에서 제작사용한 혼합기 균질분배특성을 고찰하기 위한 액막분리실험장치의 개요도이다. 본 실험은 각 실린더로 유입되는 연료액막 유량의 불균일을 관찰하기 위하여 상용가솔린엔진을 연소시키지 않은 상태에서 모터링(Motoring)만을 행하여 엔진에 연료가 유입되고 흡기다기관 말단부와 엔진사이에 연료액막 분리장치를 설치하여 액막연료를 채취하였다. Fig.2에 엔진에 장착된 연료액막 분리장치를 도시하였다. 흡기관벽에 부착되어 흐르는 연료액막은 액막분리장치의 12mm 틈새를 통하여 밑부분에 모여지고 록밸브의 개폐에 의하여 이것을 배스실린더로 채취하여 연료액막 유량을 측정하였다. 실험엔진을 모터링하기 위하여 동력원으로 속도를 변환시킬 수 있는 최대마력 30Ps의 가변 속도모터를 사용하였고, 흡기관내 압력을 측정하기 위하여 $-15.6\text{pC}/\text{bar}$ 인 고감도의 압전형 압력센서를 사용하였으며, 흡기관 끝에서 각각 3.5 cm 떨어진 곳에서 압력을 측정하였다.

2.2 기관성능 실험장치 및 방법

본 연구에 사용된 기관성능 실험장치의 구성은 Fig.3과 같다. 실험은 본 실험실에 장치되어 있는 엔진성능시험장치를 사용하였고, 사용된 기관은 4기통 4행정 가솔린기관이다. 기화기는 2단 2연 기화기이고, 동력계는 와전류식 전기 동력계를 사용하였다.

내연기관의 실린더내 연소는 그 진행속도가 고속이므로 해석장치는 짧은 시간내에 충분한 실험데이터를 얻기 위하여 초고속의 응답속도와 정확한 데이터 처리 능력을 갖추어야 한다. 본 연구에서는 고속의 처리능력을 갖는 12비트 A/D변환기와 32비트 마이크로 컴퓨터 그리고 로

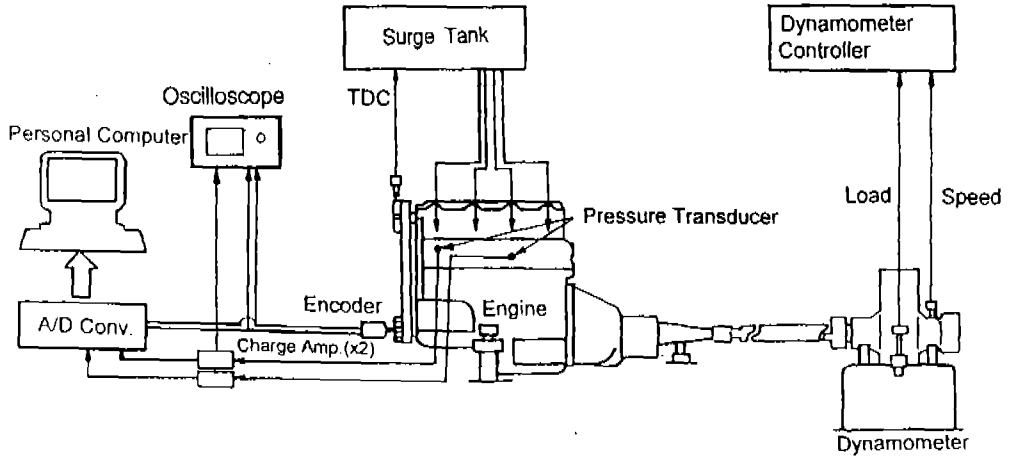


Fig.3 Schematic diagram of experimental apparatus.

터리 엔코더(Rotary Encoder)를 사용하여 연소 해석 시스템의 Hardware를 구성하였다. 압력측정의 센서로는 점화플러그형 어댑터(Adapter)에 연결된 압력변환기(KISTLER제 Model 6001)를 사용하여 실린더내 압력을 전기적인 신호로 검출하고, 증폭기에서 증폭시킨 후 오실로스코프를 통하여 정상적인 연소가 이루어짐을 확인하였다. 이 정상연소 상태에서 로터리 엔코더에서 발생하는 원점신호를 상사점과 일치시켜 A/D 변환기의 시작신호로 하고 엔코더의 1°마다의 신호를 동기신호로 하여 압력값을 샘플링하였다.

본 연구에서는 4기통 기관에서 1번과 3번 실린더의 압력값을 연속적인 100사이클 분량의 데이터를 평균하여 측정 데이터로 사용하였다. 평균된 1사이클의 평균압력값은 연소해석 프로그램에 의해 평균된 $P-\theta$ 선도, 압력상승률 선도, 열발생률 선도, 적산열발생량 선도, 질량연소율 선도 등의 연소특성치를 데이터와 그래프로 일괄 처리하였다.

2.3 실험 조건

본 연구에서는 아이들링(약 850rpm)시 뿐만 아니라 스로틀 개도(Throttle Opening Degree) 25%, 50%, 75%, W.O.T.(Wide Open Throttle)에 대하여 기관 회전수를 2000rpm으로 하고 공연비를 18:1, 14:1, 12:1로 변화시키면서 이에 따른 실린더내 연소특성을 해석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 다기관내의 균질분배도

Fig.4와 Fig.5는 스로틀밸브개도를 25%, 50%, 75%, WOT로 변화시키고 엔진회전수를 1000rpm, 1500rpm, 2000rpm, 3000rpm으로 변화시키면서 각 실린더로 들어가는 액막유량의 값을 흡기다기관내의 말단부분에 부착한 액막분리장치로 채취하여 값을 무차원화하여 도시한 것이다. 여기서 $\bar{Q}f$ 는 각 흡기관내의 액막량을 평균한 값이고 Qf 는 각 흡기관내의 액막량을 표시한 것이다. 1번, 4번 흡기관내에서 보다 2번, 3번 흡기다기관내에서 연료액막이 상대적으로 많이 생성되었다. Fig.8은 스로틀밸브개도 100% 일때의 연료액막량으로 2번, 3번 흡기관내의 연료액막량이 1번, 4번 흡기관내에서 보다 많이 생성되었다. 이와 같이 각 다기관별로 연료액막량의 차이가 생기는 이유는 Fig.6과 Fig.7의 흡기관내의 압력선도와 같이 1번 흡기관의 압력과 3번 흡기관의 압력값이 동일 크로틀개도에서 서로 차이가 발생하고 흡입간섭 및 흡기관형상의 차이로 인하여 각 실린더로 공급되는 혼합기양의 변동이 그 원인인 것으로 사료된다.

3.2 압력선도 해석

Fig.8~Fig.10은 기관의 크랭크각에 대한 1번 실린더와 3번 실린더의 압력을 엔진회전수 2000

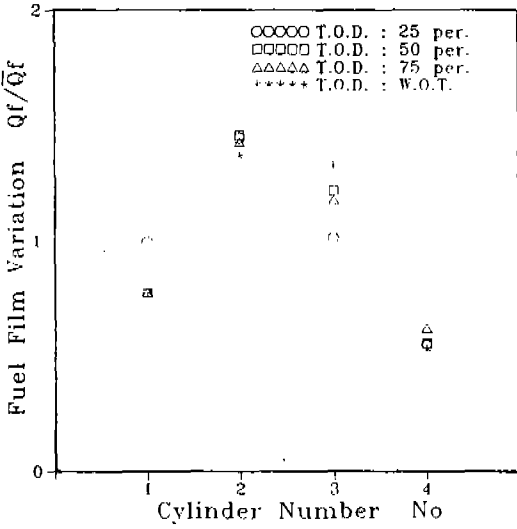


Fig.4 Fuel film variation versus cylinder number at engine speed 2000rpm

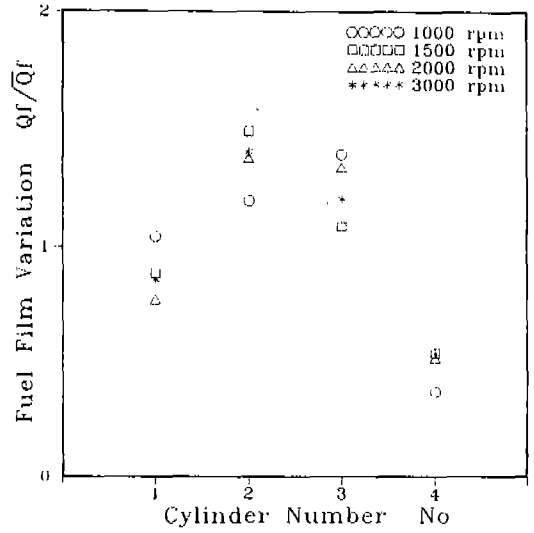


Fig.5 Fuel film variation versus cylinder number at wide open throttle

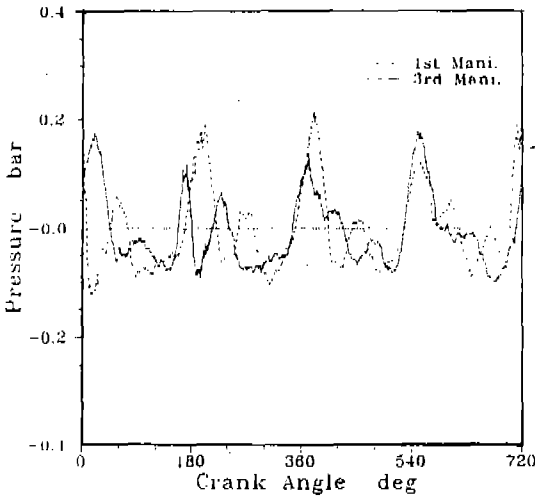


Fig.6 Pressures in the 1st and 3rd intake manifold at 50% throttle opening degree, engine speed 2500rpm

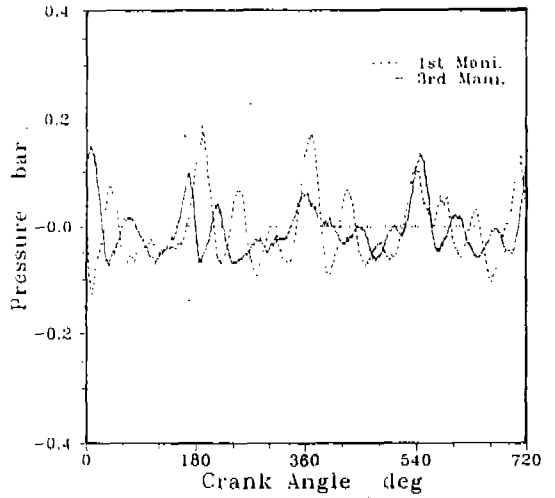


Fig.7 Pressures in the 1st and 3rd intake manifold at wide open throttle, engine speed 2000rpm

rpm, 스톱밸브개도 25% 및 75%, 공연비 18 : 1, 14 : 1, 12 : 1인 경우에 대하여 도시한 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와같이 전체적으로 3번 실린더의 연소최고압력이 1번 실린더의 연소최고 압력 보다 높음을 알 수 있고, 공연비 18 : 1인 경우 1번 실린더와 3번 실린더의 연소최소압력은

약 8bar 정도의 차이가 있으며 공연비 14 : 1인 경우는 그 차이가 1bar, 공연비 12 : 1인 경우 4bar 정도의 차이가 생김을 알 수 있다.

이와같이 연소최소압력의 차이가 생기는 이유는 각 실린더별로 공급되는 혼합기의 불균일분 배로 인하여 1번 실린더보다 3번 실린더로 공급

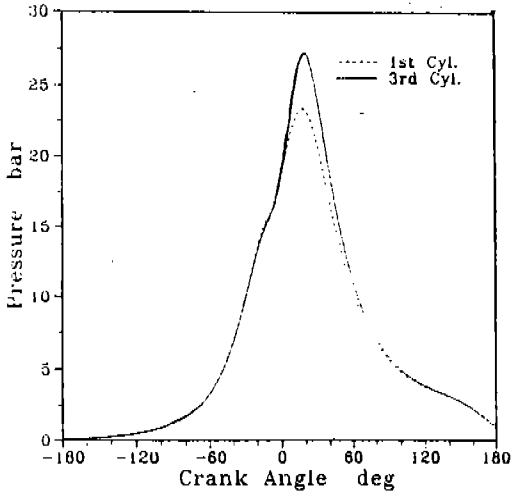


Fig.8 Pressures in the 1st and 3rd cylinder at A/F ratio 18/1, 75% throttle opening degree, engine speed 2000rpm

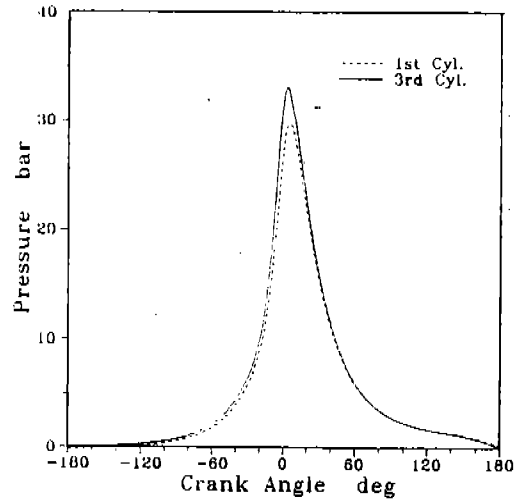


Fig.10 Pressures in the 1st and 3rd cylinder at A/F ratio 12/1, 25% throttle opening degree, engine speed 2000rpm

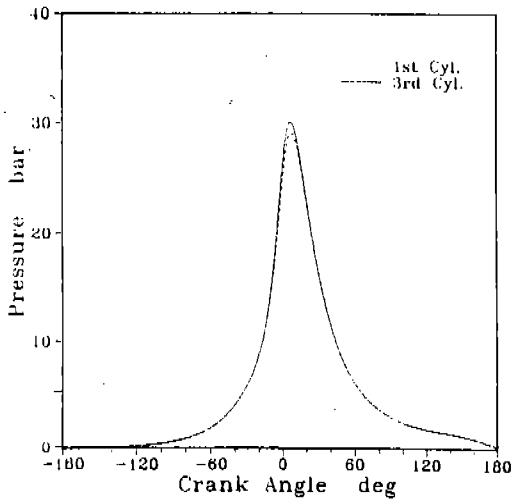


Fig.9 Pressures in the 1st and 3rd cylinder at A/F ratio 14/1, 25% throttle opening degree, engine speed 2000rpm

되는 혼합기의 농도가 더 농후해지기 때문이라고 사료된다.

3.3 열발생율선도 해석

Fig.11~Fig.13은 기관의 크랭크각에 대한 1번 실린더와 3번 실린더의 열발생율을 엔진회전수

2000rpm, 스토폴밸브개도 50%, 공연비 18 : 1, 14 : 1, 12 : 1인 경우에 대하여 도시한 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와같이 3번 실린더의 최고 열발생율이 1번 실린더의 최고 열발생율 보다 전체적으로 높음을 알 수 있다. 또한 3번 실린더의 최고 열발생율 기간의 1번 실린더 보다 약간 더 빨라지는데, 이는 3번 실린더로 공급되는 혼합기의 농도가 1번 실린더로 공급되는 혼합기농도 보다 더 농후하기 되어 열발생율이 커지고 연소 속도도 빨라지기 때문이라고 사료된다.

3.4 질량연소율선도 해석

Fig.14와 Fig.15는 엔진회전수 2000rpm, 스토폴밸브개도 50%, 75%, 공연비 18 : 1인 경우의 질량연소율을 도시한 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와같이 점화시기로부터 질량연소율이 90%인 경우를 주연소기간이라고 가정하면 3번 실린더가 1번 실린더 보다 주연소기간이 짧아짐을 알 수 있다. 이것은 위의 설명과 같이 3번 실린더로 공급되는 연료·공기 혼합기가 1번 실린더로 공급되는 연료·공기 혼합기보다 더 농후하게 되어 연소속도가 더 빨라지고 있음에 기인한 것이라고 사료된다.

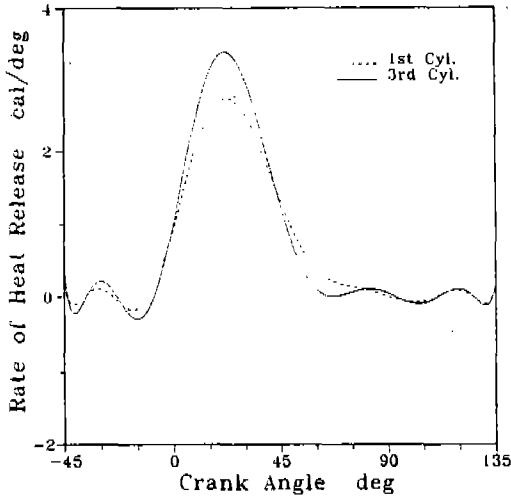


Fig.11 Rate of heat release in the 1st and 3rd cylinder at A/F ratio 18/1, 50% throttle opening degree, engine speed 2000 rpm

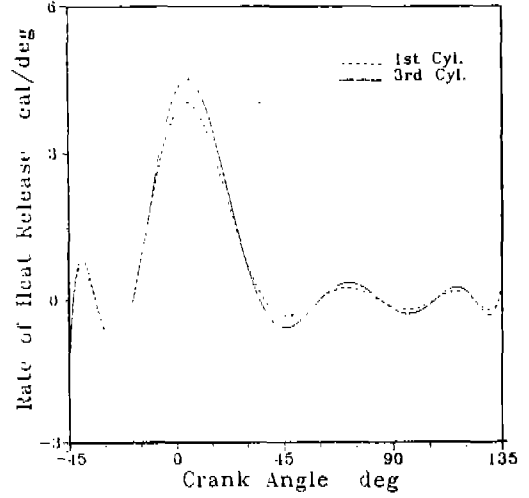


Fig.13 Rete of heat release in the 1st and 3rd cylinder at A/F ratio 12/1, 50% throttle opening degree, engine speed 2000 rpm

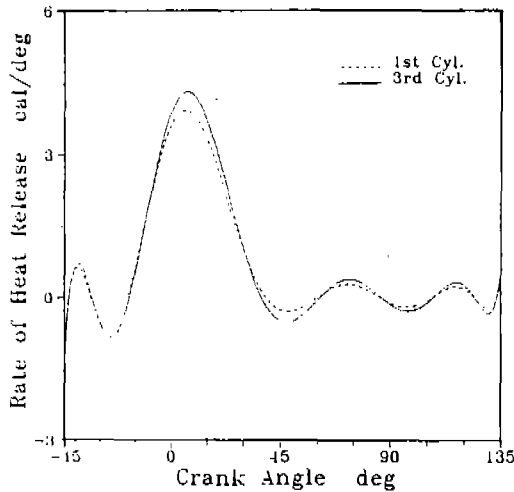


Fig.12 Rete of heat release in the 1st and 3rd cylinder at A/F ratio 14/1, 50% throttle opening degree, engine speed 2000 rpm

4. 결 론

본 연구에서는 4행정 4기통 가솔린기관을 사용하여 각 흡기관대로 흐르는 연료액막 유량의 변동과 이로 인한 혼합기의 불균일분배가 기관의

각 실린더간의 연소특성에 미치는 영향을 규명하는데 목적을 두고 실험을 수행하였다.

본 연구를 통하여 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 1번과 3번 흡기다기관관의 압력변화를 측정한 결과, 흡기관형상 및 흡입간섭의 영향으로 인하여 동일한 크랭크각도에서 각각의 압력값이 차이가 났음을 알 수 있었다.
- 2) 위와 같은 원인으로 인하여 4기통 흡기다기관내의 연료액막 유량은 전 운전범위에서 각 실린더별로 불균일하게 변동하고 있으며, 특히 흡기관 길이가 짧은 2번과 3번 실린더쪽이 흡기관 길이가 긴 1번과 4번 실린더에 비하여 연료액막 유량이 많음을 알 수 있었다.
- 3) 각 실린더별로 공급되는 혼합기의 불균일에 기인하여 기관의 연소특성도 차이가 발생하고 있으며, 2번과 3번실린더가 1번과 4번 실린더에 비하여 연소최고압력, 열발생율이 높고, 주연소기간도 짧아지고 있음을 알 수 있었다.

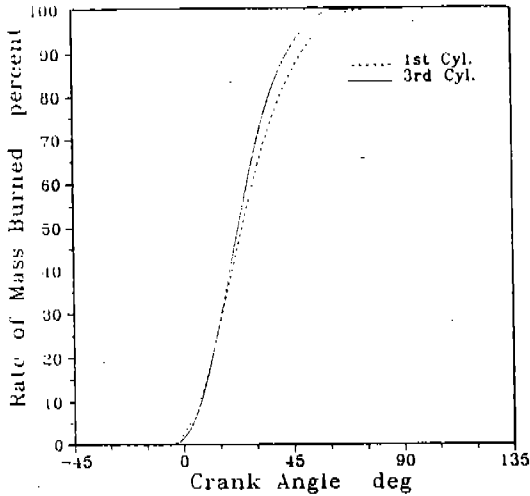


Fig. 14 Rete of mass burned in the 1st and 3rd cylinder at a/F ratio 18/1, 50% throttle opening degree, engine speed 2000 rpm

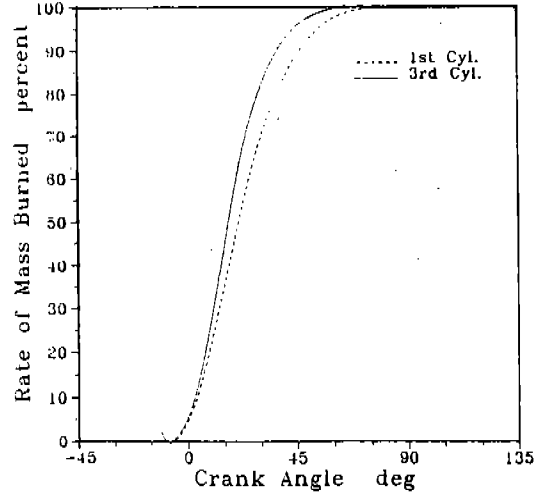


Fig. 15 Rete of mass burned in the 1st and 3rd cylinder at a/F ratio 18/1, 75% throttle opening degree, engine speed 2000 rpm

후 기

본 연구는 1991년도 한국학술진흥재단이 지원한 학술연구조성비에 의한 결과이며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. K.S. Park, "An Experimental Study on the Improvement of Mixture Distribution for the Automotiv S.I. Engine", KSME Journal, Vol.3, No. 2, pp.67-71, 1989.
2. 박경錫, "가솔린기관의 연료공급상태에 관한 실험적 연구", 경희대학교 산업과학기술연구소 논문집 제8집, 1982.
3. 入田柱三, "今後自動車技術", Journal of JSME, Vol.76 No.653, 1973.
4. 大澤克幸 外, "氣化器 ダブルベニテユリ内の流れに関する研究", 日本機械學會論文集(B編), 50券 449號(昭59-1).
5. ARTHUR B. BROWNE, "A Consideration of Certain Problems of Carburetion", SAE Trans, Part 2, Vol.7, 1973.
6. 田村友産 外, "氣化器のて重 ベニテユリ内の流れに関する研究", 第22券 第9號, 1970.
7. 吉田際, "氣化器について", Journal of JSME, Vol.23, No.9, 1969.
8. 魚住順藏, "氣化器から見たエンジンへの問題", 自動車技術, Vol.25, No.11, 1971.
9. 大澤克幸 外, "氣化器ダブルベニテユリ内の流れに関する研究", 日本機械學術論文集(B編), 49券 445號(昭58-9).
10. 正監田清 外, "吸氣管内液膜燃料流の舉動(第一報)", 日本機械工學會長野地方講演會, 昭和49年.