

대체 에너지 이용 열원동기의 연구개발 동향

이 성 열
성균관대학교 기계공학과 교수



● 1927년생
● 내연기관을 전공하였으며, 연소실내의 비정상 열유동 해석, 대체연료 엔진 및 고압축비 회박연소기관의 연구를 진행하고 있다.

1. 머리말

1970년대 두차례의 석유파동 이래 산업계, 각 에너지 분야에 있어서 석유 대체 에너지 도입의 필요성이 급격히 고조 되었지만, 원유가격이 대폭 하락한 현재, 대체에너지에 대한 절박감이 약화된 감이 있다. 그러나 장기적 관점으로 볼때, 대체에너지 도입이 필요한 것은 기본적으로 변화가 없다. 최근 대기공해 문제와 관련하여 자동차의 배출물 규제가 점차 강화됨에 따라 강화된 배출물 규제에 대응할 방안의 하나로 알콜 연료도입의 움직임이 활발해지고 있다.

석유연료 의존도가 극히 높은 자동차 연료에 있어서 석유대체 연료로서 가장 큰 기대를 걸고 있는 것이 메타놀이다. 메타놀이 자동차 연료로서 유망시 되고 있는 이유는 다음과 같다.

(1) 공급면에 있어서 원료가 천연가스나 석탄등, 자원이 풍부한 것과 메타놀 제조기술은 거의 확립되어 있다는 점이다.

(2) 이용면에 있어서 상온에서 액체이고 석유계연료와 유사한 것과 근년에 있어서 그 저공해성(저 NO_x 및 매연)이 주목되고 있다는 점이다.

이상과 같은 이점을 가지고 있는 메타놀 자동차의 실용화에 대한 연구 개발은 꾸준히 행해져 오고 있다.

장기적 안목에서 볼때, 그밖의 대체연료는 무엇이겠는가 할때 단연 수소연료를 들 수 있다. 그 이유는

(1) 원료가 풍부한 물이므로 연소에 의하여 다시 물로 돌아가기 때문에 자연의 순환을 교란하지 않는다.

(2) 연소에있어서 그 배출물이 무공해 하다. 단열 화염온도가 높기 때문에 NO_x 배출의 가능성이 있기는 하다.

이상과 같이 단기적으로 메타놀 연료가 유망시 되며, 또한 장기적으로 수소연료가 유망시 된다. 메타놀 연료와 수소연료의 엔진이용기술에 관한 국내의 연구개발 동향에 대하여 기술하고자 한다.

2. 메타놀 오토엔진

메타놀 오토(Otto)엔진의 연소방식으로는 스파크 점화방식이며 연료공급 방식은 기화기식과 매니폴드 분사방식이 있다. 따라서 종래의 스파크 점화기관을 개조함이 없이 그대로 사용할 수 있는 특징을 가진다.

메타놀은 세탄가가 낮고 옥탄가가 높다. 최적 압축비를 선택하여 그것에 맞는 최적 공기량을 공급함으로써 최적연소 고효율을 얻을 수 있을 것이다. 이미 실용중의 전자제어 방식을 개선하여 메타놀 엔진으로서의 최적연소를 얻기 위한 제어방식이 필요하게 되며 이것은

열효율 향상에 기여함과 동시에 배기가스 제어의 유효한 수단으로 한다.

2.1 기관 출력 특성

국내에 있어서 대체연료에 관심을 가지고 연구가 시작된 것은 늦은감이 있지만, 발표된 것으로는 1983년 류정인, 박경석, 양옥용의 공동연구⁽¹⁾가 시초인 것으로 생각된다. 이들은 현용의 가솔린 기관에 가솔린과 메타놀의 혼합연료를 사용하여 충분한 출력성능을 얻을 수 있는지에 대하여 진단하였다. 그 결과 오토엔진 연료로서 충분한 출력성능을 얻을 수 있다는 결론을 내리고 있다.

이무렵 저자도 메타놀 연료의 엔진 이용 가능성 및 기관 출력성능에 관한 연구⁽²⁾를 수행한 바 있다. 이것을 요약하면 다음과 같다. 그림 1은 당량비에 대하여 M100(메타놀 100%), M60(메타놀 60%와 가솔린 40%의 혼합연료), M30, G100(가솔린 100%)에 대한 제동마력을 나타낸 것이다.

그림에서 보는 바와같이 당량비 0.7~0.9의 범위에서 최대의 출력을 발생하며 혼합연료의 혼합비율에 따라 발생마력에 차이가 거의 없다. 이것은 다음과 같은 이유에서 설명이 가능하다.

표 1과 같이 가솔린과 메타놀의 이론연료공기비는 0.067과 0.156인데 비하여 발열량은 10500kcal/kg과 4800kcal/kg이므로 메타놀은 가솔린에 비하여 발열량은 1/2정도 이지만 단위공기량에 대한 공급연료량은 2배이상이다. 따라서 발생열에 있어서는 메타놀이 약간크다.

따라서 그림 1과 같이 각종 혼합연료의 발생

마력은 거의 비슷하게 되는 것이다. 그러나 메타놀 연료를 자동차에 사용하고자 하면 가솔린 연료탱크의 2배 크기의 연료탱크를 비치해야 하므로 설계상 문제가 된다.

그림 2는 그림 1의 경우의 제동연료소비율을 나타낸 것이다. 메타놀 혼합물의 증가에 따라

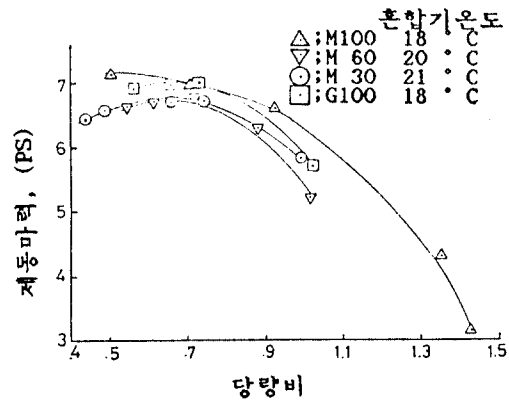


그림 1 당량비에 대한 제동출력의 비교

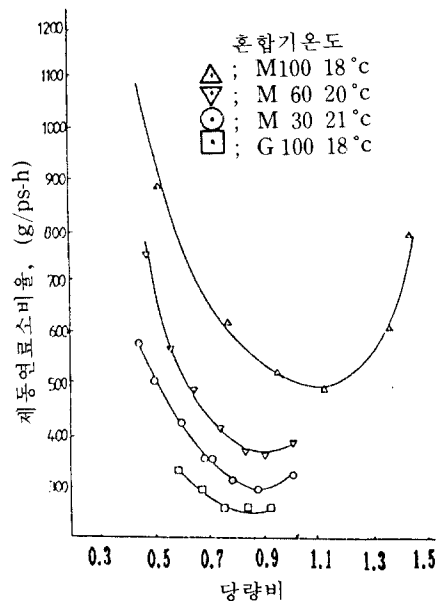


그림 2 당량비에 대한 연료소비율의 비교

표 1 가솔린과 메타놀의 발생열

항목 연료	이론연료공기비 (kg-fuel/kg-air)	발열량 (kcal/kg)	발생열 (kcal)
가솔린	0.067	10500	703.5
메타놀	0.156	4600	748.8

* 10500 kcal/kg 0.067kg=703.5 kcal

** 4800 kcal/kg 0.156kg=748.8 kcal

제동연료소비율이 점차 증가하여 M100은 G100에 비하여 약 2배 정도가 되는 것은 표1에서 이해가 가능할 것이다. 메타놀 자동차로 생각할 때, 연료탱크가 가솔린 연료탱크의 2배 크기의 탱크를 비치한다는 것은 어려운 일이다. 가솔린 연료탱크 용량과 대등하게 할 수 있는 대책을 강구해야 할 것이다. 이것으로는 고압축비 희박연소 메타놀 기관의 실현을 들 수 있다. 고압축비에 의하여 열효율을 향상시키고, 또한 희박혼합기 영역의 연소를 시킴으로써 열효율향상을 이루겠다는 발상이다. 이와같이 하여 단위 주행거리당의 연료소비(L/km)를 현재의 가솔린 자동차와 대등하게 하고자 하는 연구목표가 된다. 저자는 오래전부터 이와같은 문제에 관심을 가지고 연구를 진행하고 있으나 아직 뚜렷한 결과를 얻지 못하고 있다. 앞으로 좋은 결과가 얻어지는대로 보고하기로 하겠다.

또한 1987년 개질메타놀(dissociated methanol gas)을 사용한 스파크 점화 기관의 성능 및 배출물에 관한 연구를 김용서, 유세종이 발표한 바 있는데⁽³⁾ 이것에 의하면 출력성능에 있어서 개질기 출구온도가 200°C이하일 때는 개질메타놀과 메타놀의 출력이 비슷하나, 개질기 출구온도가 200°C이상일 때는 개질메타놀이 높은 값을 나타내는 것으로 되어 있으며, 제동열효율은 개질메타놀이 향상되고 있다. 이 개질메타놀은 촉매에 의하여 $CH_3OH \rightarrow 2H_2 + CO$ 로 H_2 와 CO 가스연료로 개질되므로 저온시동에는 매우 유리하겠지만 엔진에 부과장치를 해야 하는 번거로움이 따르고, 일찌기 일본자동차 연구소(JARI)의 연구그룹에 의하여 개발되고 보고된 바 있으나 그 후 차량탑재등의 보고가 없는 것으로 보아 제어등 여러 어려움이 있는 것으로 판단된다. 특히 상기 연구⁽³⁾에서도 보고하고 있는 바와 같이 배출물 농도에 있어서 미연탄화수소에 대하여는 유리하지만, 질소산화물은 메타놀에 비하여 200%까지 증가하는 것으로 보아 배출물에 있어서 커다란 약점으로 된다.

2.2 기화촉진효과

메타놀은 증발잠열이 크기 때문에 증발하지 못한 액막유동량이 증가할 것이다. 이것은 실린더 벽의 윤활유를 씻어 내린다는가 하여 악영향을 미치게 할 것이다. 액막유동량을 줄이기 위한 방법은 잘 설계된 기화혼합장치를 기화기, 연료분사기와 엔진 사이의 흡기관에 설치하여 흡기관을 가열하는 방식을 들 수 있다. 흡기가열에 의한 기화촉진 효과에 관한 저자의 주요연구 내용⁽⁴⁾은 다음과 같다.

그림 3은 기화혼합장치를 가열하는 물의 온도에 따라 혼합기의 온도상승 T_b 와 기화혼합장치에 전달되는 열(Qh)를 나타낸다. 가열수

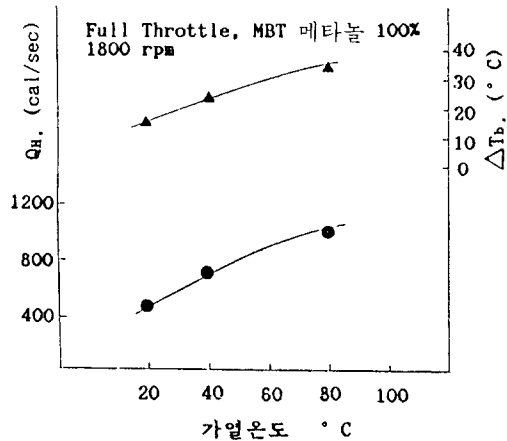


그림 3 가열온도에 대한 전열량과 혼합기 온도상승

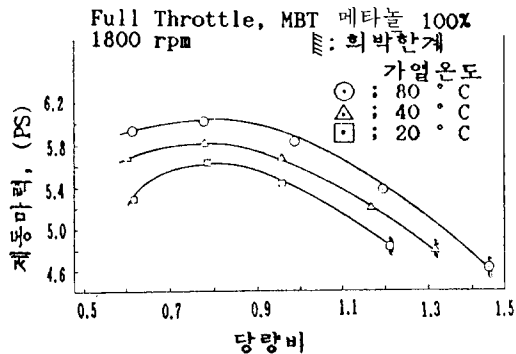


그림 4 당량비 및 가열온도에 대한 제동출력

온도를 20°C, 40°C, 80°C로 증가함에 따라 혼합기 온도의 상승은 10°C, 20°C, 30°C 정도로 증가하며 제적효율이 약간씩 감소하게 된다. 그러나 그림 4에서 보는 바와 같이 발생마력은 제적효율과는 역순으로 되며, 80°C로 가열한 경우의 출력이 가장 크다. 이것은 그림 5와 같은 지압선도의 해석으로 비교하여 볼때, 연소 개선 효과가 출력증대로 이루어진 것으로 본다. 즉 가열수 온도 증가에 따라 액막 유량이 감소하고 균질혼합기에 접근하므로 그림 5와 같이 질량연소가 촉진되며, 따라서 열발생물이 향상되고 압력상승도 증가됨을 볼 수 있다. 이상과 같이 메타놀 연료를 사용하는 경우는 기화잠열이 큰 단점을 보완하기 위하여 잘 설계

된 기화혼합장치를 사용하는 것이 효과적임을 알 수 있다.

이상은 흡기가열에 의한 기화촉진 효과였지만, 가열을 하지 않고 기화를 촉진시킬 수 있는 수단이 있으면 체적효율의 저하없이 오히려 더 효과적일 것이다. 현재 국내에서도 액체연료의 미립화에 관한 연구가 활성화되어 있는 것으로 알고 있는데 이와 같은 연구성과가 메탄을 기화촉진에 적용되었으면 하는 바람이 크다. 기관성능 개선뿐만 아니라 저온시동의 향상에 기여될 수 있을 것으로 생각되기 때문이다.

2.3 기타

(1) 저온시동성

M100을 연료로 한 경우, 저자의 경험에 의하면 10°C이하에서는 시동이 불가능하다. 이것은 메타놀의 기화잠열이 가솔린의 3배 이상이고 저비점 성분이 없는 단일 성분이므로 저온에서 가연혼합기 형성이 어렵다. 이 때문에 시동성을 개선하기 위하여 보조적으로 시동시만 가솔린 또는 저비점성분(예를 들어 프로탄, 부탄등)을 기관에 공급하는 dual fuel system이 주로 사용되고 있다. 이 경우, 연료 공급계가 복잡하게 되는 점과 차량에 2종류의 연료탱크를 탑재해야 하기 때문에 사용자가 2종류의 연료보급에 항상 주의를 해야 하는 번거로움이 있다. 이와같은 불리한 점을 해소하기 위한 수단으로서 미리 저비점 성분을 메타놀에 혼합시킨 고농도 메타놀 연료가 안정성면도 포함하여 실용성이 높기 때문에 많은 검토가 되고 있다. 일반적으로 연료의 rapid vapor pressuer를 높이면 저온시동성이 향상되는 것으로 생각하고 있지만 실제로는 저온시 평형중기의 공기과잉률이 시동성과 깊은 상관성이 있다는 것이 밝혀지고 있다.

이와같이 메타놀에 저비점 성분을 혼합시킴으로써 저온 시동성이 개선 되지만, 일반적인 오토엔진 베이스의 메타놀 자동차의 실용적인 저온시동한계는 -20°C 정도이다. 따라서 더욱

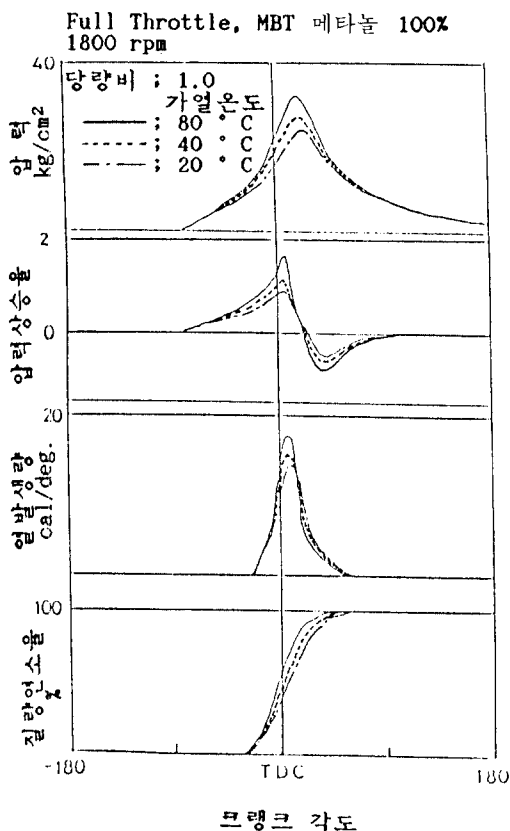


그림 5 가열온도에 대한 지압선도 해석

저온 시동성을 향상시키기 위해서는 흡기가 열, 연료의 기화, 무화촉진등, 여러 개선방안의 연구가 급후의 과제이다.

(2) 내부 부식성, 내마멸성

메타놀은 금속의 부식작용이 강하기 때문에 메타놀을 오토엔진 자동차에 사용하는 경우 금속, 표면처리의 적합성이 중요하다. 일반적으로 가솔린 엔진 자동차의 연료공급계에 사용되고 있는 알루미늄, 동, 아연등 금속은 메타놀에 의하여 부식되기 쉽기 때문에 현재 개발 또는 시험되고 있는 메타놀 오토엔진 자동차에서는 스테인리스, 니켈도금을 한 내부식성 재료를 들 수 있다.

또한, 전자제어 연료분사장치를 비치한 메타놀 자동차에 있어서 전자식 연료펌프(연료탱크 내장식)의 brush commutator가 부식되므로 brushless motor를 사용하는 연료펌프가 검토되고 있지만 장기간 사용에 있어서의 내구성에 대한 확답이 없다. 또한 연료분사밸브에 있어서도 코일이 부식에 의하여 단선되는 사례가 확인되고 있으며 이들 연료공급에 부품의 내구, 신뢰성을 더욱 향상시킬 필요가 있다. 메타놀 엔진의 마멸 메카니즘은 메타놀 연료의 연소생성물인 pseudo acid와 수분에 의하여 윤활유가 희석, 열화를 일으키는 것으로 생각되고 있다. 특히 저온 시동성이 가솔린 자동차에 비하여 떨어지기 때문에 저비점 성분을 메타놀에 혼합시켜도 연료공급량을 증가시켜 시동성을 확보하는 것이 현상이다. 그러므로 저온 시동, 단거리주행, 정지를 반복하는 주행조건하에서는 가솔린 자동차의 2~3배의 마멸이 있다.

(3) 저 공해성

메타놀 자동차의 도입목적의 하나가 NOx, O₃, CO의 환경기준 미달지역의 대기 오염대책을 들 수 있다. 일반적으로 메타놀의 연소온도는 가솔린에 비하여 낮으므로 NOx의 생성량이 적다. 또한, 메타놀엔진으로 부터 배출되는 HC의 대부분은 미연 메타놀이며 가솔린과 비교할 때 광화학 반응성이 낮다. 그러나 메타놀

엔진에서는 미규제 배출물의 하나인 광화학 반응성이 높은 form aldehyde 배출은 공기연료비와 상관이 있으며, 이것의 저하에 관한 촉매의 연구가 활발하다. 즉 이론공기연료비와 비교하여 희박공기연료비인 경우가 aldehyde 배출이 많다. 아직 메타놀 엔진의 배출가스 정화 장치의 내구, 신뢰성에 대한 지표의 축적은 충분하지 않다.

국내에서의 메타놀 오토엔진의 배출물에 대한 연구는 아직 미미하지만 류정인, 양옥용은 NOx배출량은 주어진 당량비에서 메타놀 함유량에 반비례하고 CO, HC배출량은 당량비에 반비례하는 것으로 보고 하고 있다⁽⁶⁾.

최근에 메타놀 연료도입에 의한 배기성능의 개선⁽⁶⁾의 보고가 있었고 김문헌이 주축이 된 연구⁽⁷⁾는 다음과 같다. Pt, Rh을 사용한 3원 촉매변환기를 개발하여 실기운전을 통하여 3원 촉매변환기의 성능을 평가하였다. 그림 6과 같이 CO, HC 및 NOx를 동시에 변환시킬 수 있는 최적변환효율에 대한 공기연료비는 메타놀의 이론공기연료비인 6.5로 되며 이 경우, NOx, HC 및 CO의 변환효율은 각각 76%, 85%, 80%정도이다. 개발된 촉매변환기의 성적은 비교적 좋은 것으로 판단된다. 다만

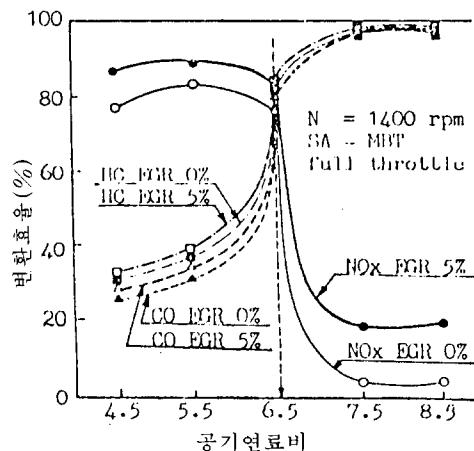


그림 6 3원 촉매변화기의 변환효율

aldehyde의 측정은 아직 고심중이다.

그밖에 현용 디젤기관에 메타놀 연료를 사용하고자 하는 연구는 국외에서는 활발하게 이루어지고 있으며 국내에서는 허병무, 노상순에 의한 연구보고⁽⁸⁾가 있고, 방중철의 연구보고⁽⁹⁾가 있다. 메타놀 디젤기관에 관해서는 지면 관계로 생략하기로 한다.

3. 수소엔진

수소엔진에 관한 국내의 연구는 아직 없고 초보단계에 불과하지만 저자의 연구그룹에서 수행하고 있는 일부를 소개하고자 한다.

3.1 수소엔진의 구성⁽¹⁰⁾

수소연료를 엔진에 사용하는 경우 가장 큰 문제가 되는것은 역화와 같은 이상연소의 발생이다. 이상연소를 억제하기 위해서는 수소가스를 흡기관내에 공급하는 것 보다, 실린더내에 직접 분사하는 방식이 유리하다. 따라서 본 연구에서는 직접분사방식의 수소엔진을 채택하였으며, 그 개략도를 그림 7에 나타낸다. 이 수

표 2 수소엔진의 명세

엔진형식	4행정 기관 공랭식, L-헤드
지름×행정	90×68mm
행정체적	433cm ³
압축비	5.0
실린더 수	1
커넥팅 로드 길이	132mm
점화방식	배터리 점화

소엔진을 표 2와 같은 제원의 엔진을 개조하여 수소엔진화 하였으며 주요 구성은 다음과 같다.

- (1) 수소 분사 밸브 : 수소가스는 고압(20kg/

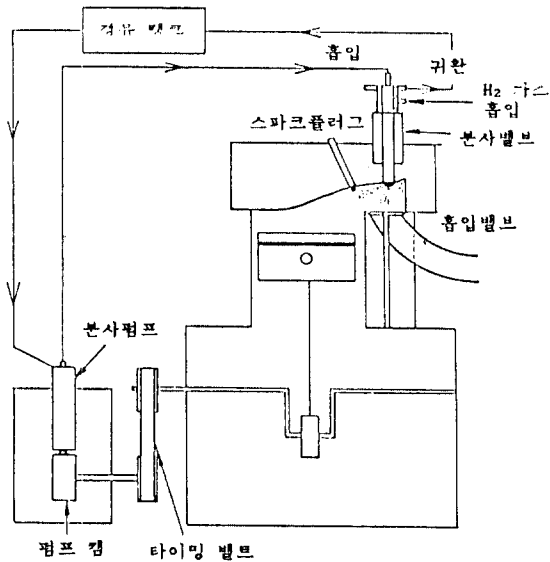


그림 7 수소엔진 구성도

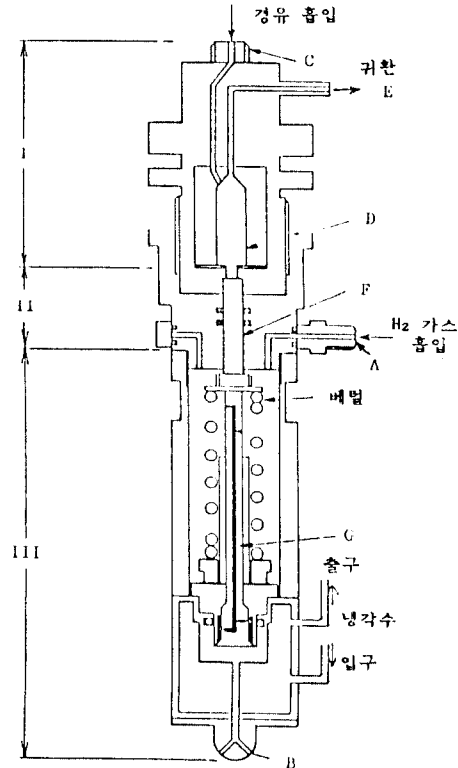


그림 8 분사밸브의 구성

cm²)으로 실린더내에 분사하므로 수소분사밸브는 고도의 기밀을 유지해야 한다. 이러한 필요성에 따라 제작한 수소분사밸브를 그림 8에 나타낸다. 수소분사밸브는 크게 분사밸브 구동부(Ⅰ), 푸시로드간극조정부(Ⅱ) 및 수소분사밸브부(Ⅲ)로 되어있다.

수소가스는 수소분사밸브부(Ⅲ)의 입구(A)를 통하여 밸브배럴에 충전된 후 분사밸브(G)의 개폐에 의하여 방출되며 분사구(B)를 통하여 실린더로 분사된다. 분사밸브의 개폐는 일반의 디젤분사노즐을 일부 개조한 분사밸브구동장치(Ⅰ)를 사용하였다. 연료분사펌프에 의하여 가압된 고압의 작동유(경유)가 입구(C)로 공급되어 소형 디젤기관용 노즐(D)의 니들을 움직이고 이 니들의 움직임이 푸시로드(F)를 통하여 분사밸브(G)에 전달되므로 작동된다. 분사노즐(D)로 부터 누출된 경유는 출구(E)를 통하여 다시 경유탱크로 귀환한다. 푸시로드의 간극은 분사시기 및 분사과형에 영향을 주므로 푸시로드간극 조절부의 조정너트로 조정한다.

(2) 분사구형상 : 분사밸브의 분사구형상에 따른 연소특성을 고찰하기 위하여 그림 9와 같은 4종류의 분사구에 대하여 실험하였다. 그림 9의 (a)와 (b)의 형상은 연소실내에 수소가스를 균일하게 분사하여 공기와와의 혼합을 촉진하고자 고려한 형상으로 (a) 형상은 직경 2mm인 분사공을 45° 간격으로 8개 뚫은 것이고,

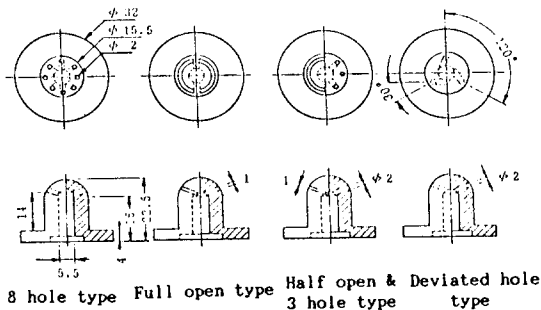


그림 9 분사구 형상

(b) 형상은 1mm 간격의 틈을 온 원주에 걸쳐 뚫은 것이다. 그림 9의 (c)형상은 수소분사가 압축행정중에 일어나므로, 피스톤 상승시 공기와 잘 혼합할 수 있도록 1mm간격의 틈을 반 원주에 걸쳐 뚫고 그 반대쪽에 직경 2mm의 분사공 3개를 뚫어 수소가스가 피스톤헤드 방향으로 집중 분사 되도록 한 형상이다.

그림 9의 (d)형상은 수소가스에 선회유동을 주어 공기와 잘 혼합하도록 직경 2mm인 분사공을 중심구멍에 대하여 30° 편심시켜 120° 간격으로 3개를 뚫은 형상이다. 이상과 같은 분사구를 가지는 수소분사밸브는 연소실 중심에 설치하였고, 스파크플러그는 분사밸브로부터 32mm 떨어진 위치에 설치하였다.

3.2 분사구 형상에 대한 연소특성⁽¹¹⁾

그림 10은 분사구 형상에 대한 압력경과곡선을 나타낸다. 이 경우의 기관회전수는 1800 rpm, 공기연료비는 43 : 1, 점화시키는 28° btc, 분사시기는 140°btc로 한 경우이다. 최고 연소압력의 크기는 full open이 가장 크고 다음으로는 8 hole과 deviated hole이 거의 같고, half open & 3 hole이 가장 낮다. 또한 deviated hole이 가장 빠른 연소가 되고있음을

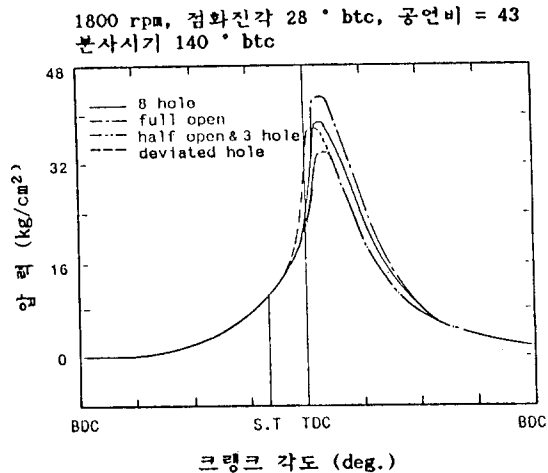


그림 10 분사구 형상에 따른 지압선도의 비교

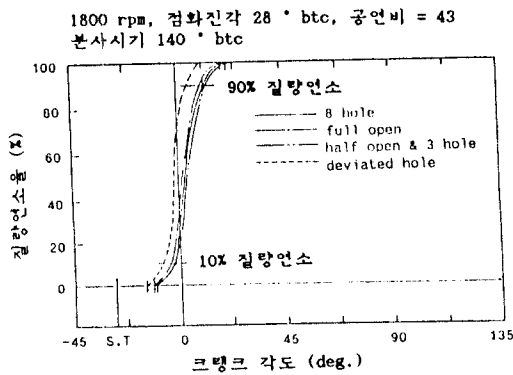


그림 11 분사구 형상에 따른 질량연소율의 비교

볼 수 있는데 이것은 질량연소율 곡선에서도 확인할 수 있다. 그런데 이 경우의 bmep는 반드시 최고 연소압력의 크기의 순으로는 되지 않는다. bmep가 가장 큰 것은 full open이고 다음이 8hole, half open & 3 hole이며, 최고연소압력은 half open & 3 hole보다 deviated hole이 더 높지만 bmep는 가장 낮다.

이와같은 문제에 관한 해석은 연소특성을 해석하므로써 해답을 줄 수 있다. 우선 이 경우의 질량연소율을 비교한 것이 그림 11이다. 그림 11의 질량 연소율의 자료로 부터 필요한 사항을 정리한 것이 표 3이다. 먼저 혼합기 형성의 동태는 점화지연기간으로 판단할 수 있다. 점화 지연기간이 짧다는 것은 점화성이 좋다는 것이며, 이것은 운전조건이 동일하므로 혼합기

형성이 잘되고 못되기에 좌우 될 것이다. 혼합기 형성이 양호하면 점화지연은 짧아질 것이다. 각 분사구에 대한 점화지연기간은 deviated hole이 가장 짧으며 다음 full open, 8 hole, half open & 3 hole의 순으로 된다. 연소에 있어서 주연소기간으로 평가한 점화성의 순서대로 각 분사구형상에 따라 나타남은 당연한 이치이다.

주연소기간이 짧으면 연소기간중의 열손실이 감소되는 효과가 있으므로 출력향상 효과가 있게 된다. 그러나 표 3에서 보는 바와 같이 deviated hole이 연소가 가장 빠르므로 출력이 가장 높아야 함에도 불구하고 가장 낮은 bmep를 제시해 주고 있다. 그 이유는 다음과 같다.

사이클의 입장에서 볼때 엔진연소는 상사점 전 연소기간과 상사점 후 연소기간이 거의 같도록 점화시기를 조정할 때 최적의 사이클이 얻어지고, 따라서 사이클일도 최대가 된다. 이와같은 관점에서 볼 때 표 3에 표시한 바와 같이 deviated hole은 상사점전 연소기간이 크랭크각 15°나 되며 상사점 후 연소기간은 6°에 불과하다. 따라서 이 경우는 빠른연소로 인하여 상사점 전 연소기간에 있어서의 피스톤에 부과되는 부(-)의 일이 과대한 탓으로 결과적인 출력은 이들 경우에 있어서 최소의 값을 나타낸 것으로 해석된다.

Full open에 있어서 가장 큰 출력을 제시하

표 3 분사구 형상에 대한 연소특성

형식	분사지연기간(deg.)	10%~90%연소기간(deg.)	상사점전연소기간(deg.)	상사점후연소기간(deg.)	bmep(kg/cm ²)	최고압력(kg/cm ²)
8 hole	16.3	16.6	11.3	12.8	5.5	39.8
Full open	15.4	15.9	12.0	11.7	5.6	44.4
Half open & 3 hole	17.0	17.3	10.6	14.0	5.3	35.2
Deviated hole	12.2	13.9	15.0	6.0	4.3	39.4

는 것은. 점화성도 좋고 상사점전 연소기간과 상사점후 연소기간이 거의 같은 최적의 사이클을 이루고 있기 때문으로 판단된다. 그러나 연료분사시 swirl 형성을 기대한 deviated hole이 점화성이 가장 우수한 점으로 보아 점화시기등 개선에 따라서는 기대할 수 있는 분사구 형상이라 생각된다.

4. 맺음말

자동차용 메타놀 연료는 석유과동 이후의 석유 대체연료라는 관점에 저공해 연료의 관점이 추가되어 최근 그 도입에 대한 연구가 활발해지고 있다. 메타놀 자동차에 관해서는 종래의 기초검토의 단계로 부터 서서히 실용화를 향한 내구, 신뢰성을 포함한 많은 과제의 검토단계로 이행되고 있다.

수소엔진의 연구는 아직 초보단계에 있으며 안전성에 대해서는 일반이 염려하고 있는 것과 같은 위험성은 없지만 금후 자동차용으로서의 안전성에 관한 실험이 필요할 것이다.

수소의 장점을 살려 결점을 없애기 위해서는 LH2탱크, LH2펌프 4사이클 실린더내 분사가 이상적으로 생각되고 있다.

참 고 문 헌

- (1) 류정인, 박경석, 양옥용, 1983, "가솔린 엔진용 대체연료의 타당성에 관한 연구", 대한기계학회 1983년도 추계 학술대회, pp. 252~256.
- (2) 이영규, 1985, "가솔린-메타놀 혼합연료를 사용한 기관의 출력성능과 연소해석" 성균관대 석사학위논문.
- (3) 유세종, 김응서, 1987, "개질 메타놀을 연료로 사용하는 전기점화기관의 성능 및 배출물", 한국자동차공학회 1987년도 춘계 학술대회, pp. 41~48.
- (4) 문성수, 한성빈, 이성열, 1987, "기화혼합 장치를 사용한 메타놀 스파크 점화기관의 연료기화특성", 대한기계학회 1987년도 춘계 학술대회, pp. 394~397.
- (5) 이성열, 한성빈, 문성수, 1989, "기화혼합 장치를 사용한 메타놀 스파크 점화기관의 기화특성 및 출력성능에 관한 연구", 성균관대 논문집, 제40권 제1호, pp. 157~162.
- (6) 류정인, 양옥용, 1985 "가솔린 엔진용 대체연료의 타당성에 관한 연구", 한국자동차공학회, 공해부문위원회 학술강연, pp. 41~47.
- (7) 차종근, 김문헌, 이성열, 1989, "메타놀 연료도입에 의한 배기성능의 개선", 한국자동차공학회 춘계 학술대회, pp. 80~84.
- (8) 김하청, 김문헌, 이성열, 1989, "메타놀 기관의 배기성능 개선을 위한 3원촉매 변환기의 개발과 그 성능 평가", 대한기계학회 1989년도 추계 학술대회, pp. 565~568.
- (9) 허병무, 노상순, 1986, "소형 디젤 엔진에 있어서 알콜 이용에 관한 연구", 대한기계학회 1986년도 추계 학술대회, pp. 307~310.
- (10) 방중철, 1987, "디젤기관의 후연방지에 관한 고찰", 대한기계학회논문집, 제11권, 제6호, pp. 963~970.
- (11) 이종태, 이성열, 이재천, 김용환, 1988, "수소엔진 개발에 관한 기초연구" 한국자동차공학회, 1988년도 춘계 학술대회, pp. 59~63.
- (12) 김지문, 김용태, 이종태, 이성열, 1988, "수소엔진의 분사구 형상에 따른 연소특성", 대한기계학회 1988년도 추계 학술대회, pp. 173~176.

