

자동차 연료로서의 메탄올 이용 기술

Utilization Technique of Methanol for Automobile Fuel

김 문 현
M. H. Kim



김 문 현
· 1944년 5월생
· 정회원
· 숭실대학교 기계공학과 교수
· 내연기관

1. 머리말

지난 1970년대 두차베의 석유파동 이래 산업계, 각 에너지 분야에서 대체에너지 도입의 필요성이 극에 달하였으나 지금은 원유 가격의 하락으로 대체에너지에 대한 긴박함은 다소 약화된 감이 있다. 그러나 한정된 석유자원의 장기적인 관점에서나 현재 유류가의 상승을 감안한다면 대체에너지의 도입이 필요하다는 것은 기본적으로 그 변화가 없을 것이다.

과거에는 자동차가 이동오염 발생원으로 생각한다는 자체가 불경스러운 일이 었지만 근간에는 자동차의 급격한 보급으로 인해 대기오염의 주범이 자동차로 인정되고 있고 따라서 저공해 혹은 무공해 자동차의 판매를 의무화하고 있는 실정이다. 이러한 점을 고

려하지 않더라도 우리의 환경 보호 측면에서 저공해 연료의 생산 및 저공해 자동차의 연구개발은 시급한 과제라 하겠다. 현재 가솔린 대체연료로서 사용 혹은 개발중인 저공해 연료로는 메탄올, 에탄올, 수소, 천연가스 및 전기 등을 들 수 있다.

에탄올은 유독성이 적어 일반이 취급하기 용이하며 이미 잘 알려진 물질이라 보급상 유리한 점은 있으나 발열량이 가솔린에 비해서 1/3 수준이므로 주행거리에 대한 탑재 연료량이 많아야 한다. 옥탄가는 가솔린 수준이지만 증기압이 낮고 증발잠열이 커서 저온 시동성이 어려운 점이 있으며 또한 싼 값으로 안정된 공급을 할 수 없는 문제가 있다. 나무로부터 수송용 에탄올 연료를 제조하는 연구계획이 추진중에 있으나 그 결과는 좀 더 관망해야 할 실정이다.

수소연료는 그 원료가 풍부한 물이어서 고갈 염려가 없으며 연소에 의하여 다시 물로 환원되기 때문에 자연의 순환을 교란하지 않는다는 면에서 가장 큰 매력을 가지고 있다. 한편 수소 연소에 의한 배출물은 무공해이긴 하나 단열화열온도가 높기 때문에 질소산화물을 배출할 가능성을 가지고 있다. 그러나

무엇 보다도 수소의 저장과 이용면에서 어려움이 있으며, 연료탑재면에 있어서는 탱크의 소형 경량화가 이루어져야 할 것이고 또한 수소탱크를 자동차에 고정시켜 계속 움직이는 것은 안전성에 문제가 있다. 하지만 장기적인 면에서는 수소가 가장 유망할 대체연료로 보여진다.

천연가스는 주성분이 메탄가스로서 지구상에 풍부하게 부존되어 있으며 옥탄가도 120~130으로 매우 높으며 연료비가 싼 것이 장점이다. 그러나 단위 체적당 중량은 가솔린에 1/4밖에 되지 않으므로 1회 충전시 주행거리가 짧고 연료 충전속도가 느리며 또한 고압 또는 극저온의 보관용기가 필요하다. 그런 반면에 기존의 기관에 큰 변경없이 사용할 수 있는 개조의 용이성, 연소시 매연생성이 타 연료에 비해 상대적으로 적은 청정 연료로서 현재 우리나라에서도 그 개발이 활발히 진행되고 있다.

전기자동차는 차량으로서의 무공해라 할 수 있으며 구조 및 운전조작이 간단하다. 그러나 전기 저장량이 적어 주행거리가 짧고 충전에 소요되는 시간이 길며 또한 발전소나 축전지 폐기시 2차 공해를 유발시키게 될 것이다. 전기자동차의 실현은 무엇보다도 고밀도 축전지의 개발이 선행되어야 하기에 지금으로서는 가솔린 차량 수준의 편리함을 제공하기에는 수준 미달이라 하겠다.

메탄올이 자동차 연료로서 유망시 되고 있는 이유는 공급면과 이용면의 두 측면에서 장점을 가지고 있기 때문일 것이다. 공급면에 있어서는 원료가 천연가스나 석탄등 자원이 풍부하다는 점이 다른 연료에 비해 유리하며 특히 천연가스로 부터의 화학용 메탄올 제조기술이 거의 확립되어 있다는 점이다. 이용면에 있어서는 상온에서 운송, 저장 및 유량 제어 측면에서 취급이 비교적 용이하며 메탄올 연료의 특성상 옥탄가가 높고 희박연

소한계가 넓어 고압축비 희박연소기관을 실현할 수 있으며, NO_x나 매연 발생이 적은 저공해 연료인 점이 장점이다.

이런 측면에서 자동차 연료로서 메탄올의 이용은 단지 자동차용 연료의 석유 의존도를 저감시키는 목적 뿐만 아니라 고출력 저연료 소비율 기관의 실현 가능과 날로 심각해지는 배기가스 규제에 대비하기 위한 대체연료로서 현재 가장 적절하기 때문에 주목되는 저공해 연료로 생각된다.

본 고에서는 본인의 실험실에서 이루어진 메탄올 연료에 대한 몇가지 실험결과들을 토대로하여 메탄올 기관에 있어서의 일반적인 특성 및 문제점들에 대하여 소개하고자 한다.

2. 고압축비 희박연소 메탄올 기관

메탄올을 자동차용 기관의 연료로서 기존의 가솔린 기관을 이용하여 실용화하고자 할 경우, 가솔린과의 물성치 차이에서 생기는 문제들을 해결하여야 한다. 메탄올 S.I 기관의 실용화를 위한 기초 실험결과들을 요약 해본다.

2.1 출력특성¹⁾

메탄올의 발열량을 가솔린의 1/2에도 미치지 못하기 때문에 단위 체적당 주행거리가 가솔린기관의 반도 채 되지 않는다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해서는 연료탱크의 체적이 증대되어야 하는데 이것은 차량의 구조상 쉬운 일이 아니다.

그러나 메탄올은 가솔린에 비해 옥탄가(RON)가 높고, 연소속도가 빠르며 희박한계가 넓기 때문에 연료 소비율을 개선 수단으로 고압축비 희박연소에 의한 열효율을 향상시킬 수 있다.

Fig.1은 실험기관이 수냉식 단기통(배기량

631cc), 압축비를 7.5~19까지 변화가 가능한 동일 기관에서 메탄올 연료와 가솔린 연료를 사용하였을 때 기관회전수 변화에 대한 기관출력을 비교한 것이다. 이 경우 공기연료비는 각 연료의 이론 공기연료비로 하였으며 압축비 CR=8.5 및 MBT 이다. 기관회전수가 증가할수록 메탄올 연료가 가솔린 연료를 사용한 경우 보다 기관출력이 더 크게 증가하고 있음을 보여 주고 있다. 최대토크를 나타내는 기관회전수 1400rpm의 경우 메탄올의 경우가 5% 더 큰 출력을 나타내며, 최대 출력을 나타내는 기관회전수 2400rpm 경우에는 메탄올 연료가 10%의 출력 증가를 보여준다.

Fig.2는 메탄올 기관과 가솔린 기관의 공기 연료당량비 변화에 기관출력을 비교하여 나타낸 것이다. 이 경우 기관출력은 메탄올의 경우가 평균해서 5% 이상의 높은 출력이 얻어지고 있다. 이 이유로서는 메탄올의 증발잠열이 가솔린보다 크기 때문에 증발에 의한 흡기의 온도강하가 크게 일어나므로 흡입 혼합기의 밀도가 증가되고 따라서 흡기량이 증가하기 때문일 것이며 또한 메탄올의 경우

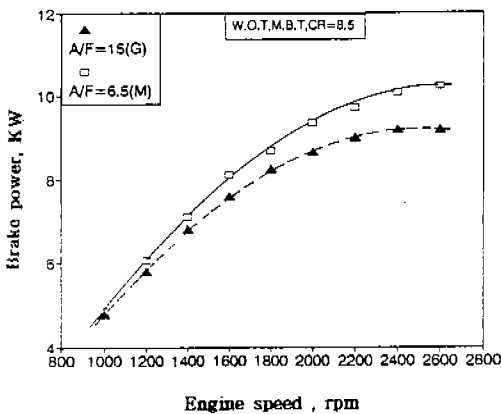


Fig.1 Brake power as a function of engine speed in methanol fueled engine and gasoline engine

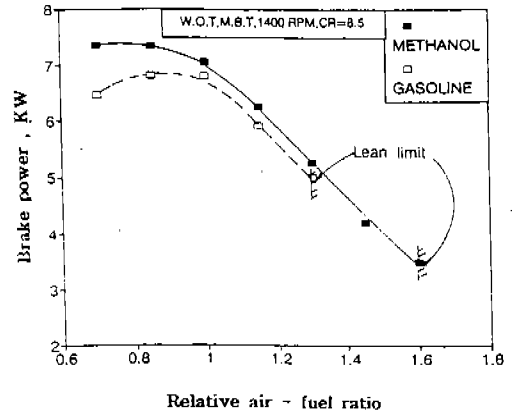


Fig.2 Brake power as a function of relative air-fuel ratio in methanol fueled engine and gasoline engine

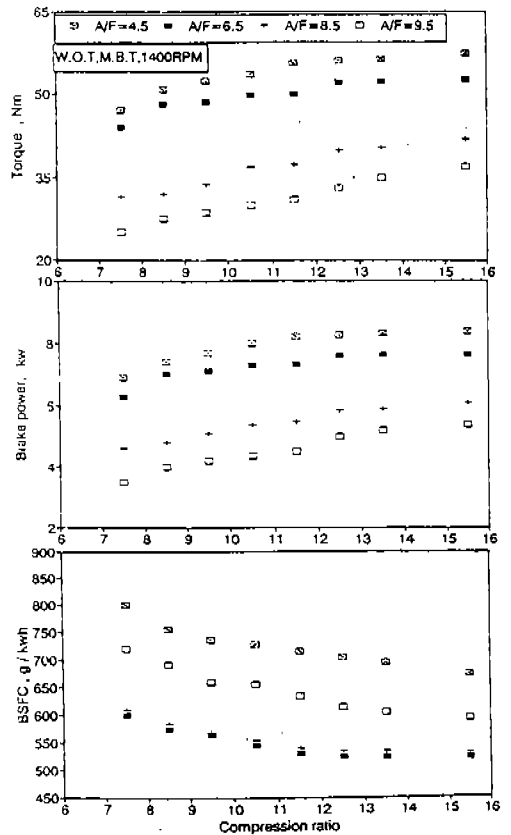


Fig.3 Torque, brake power and BSFC vs. compression ratio for variation of air-fuel ratio

에는 최적 점화시기가 가솔린보다 지연(re-tard)되므로 상사점을 중심으로 연소되는 비율이 증가되어 등용도가 증가되기 때문일 것이다. 또한 그림에서 보는 바와 같이 메탄올 연료는 가연한계가 확장되고 있음을 알 수 있다.

Fig.3은 압축비 변화에 대한 토크, 제동출력 및 제동 연료소비율의 변화를 공기연료비를 매개변수로하여 나타낸 것이다. 압축비가 증가할수록 토크 및 제동출력은 증가하고 있으며 CR=13.5 이상에서는 그 증가율이 둔화되고 있다. 제동 연료소비율은 이론공기연료비 6.5 보다 희박영역인 8.5 부근에서 최소 제동 연료소비율을 나타내고 있다. 기관 회전수 1400rpm일 경우 압축비 CR=8.5에서 CR=15.5로 증가되면 토크는 7.3%, 출력은 7% 증가하며 제동 연료소비율은 9.2% 개선된다.

2.2 노크한계 및 희박한계

전술한 바와 같이 메탄올은 가솔린보다 옥탄가가 높고 희박한계가 넓다. 이 절에서는 메탄올과 가솔린 연료에 대한 노크한계, 운전가능한 희박한계 및 농후한계에 대하여 살

펴보기로 한다.

Fig.4는 메탄올 연료와 가솔린 연료의 노크한계(knock limit), 운전가능한 희박한계(lean limit) 및 농후한계(rich limit)를 압축비와 공기연료 당량비와의 관계를 나타낸 것이다. 메탄올 기관의 운전 가능영역이 가솔린 기관의 운전영역보다 크게 확장되고 있음을 알 수 있다. 공기연료 당량비 $\lambda=1$ 에서 메탄올 기관의 노크한계압축비(knock limited compression ratio)가 CR=15.5인 반면에 가솔린 기관의 경우는 CR=9.5 이므로 메탄올 기관의 노크한계 압축비는 6.0만큼 크게 증가하여 운전한계 압축비가 확장되고 있다. 또한 노크한계 압축비에서 희박한계는 가솔린 기관이 $\lambda=1.5$ 인 반면에 메탄올 기관은 $\lambda=1.8$ 로 확장되고 있다.

Fig.5는 공기연료비 변화에 대한 도시 평균유효압력 변동계수를 압축비를 매개변수로하여 나타낸 것이다. 공기 연료비 변화에 대한 도시 평균유효압력 변동계수는 공기연료비 7.5까지는 3% 이내로 안정된 운전이 가능하나 공기 연료비 10.5 이상의 희박혼합기가 될 수록 10% 이상의 사이클 변동이 크게 되어 불안정 운전을 초래하게 된다.

이상과 같은 압축비 및 공기연료비 변화에

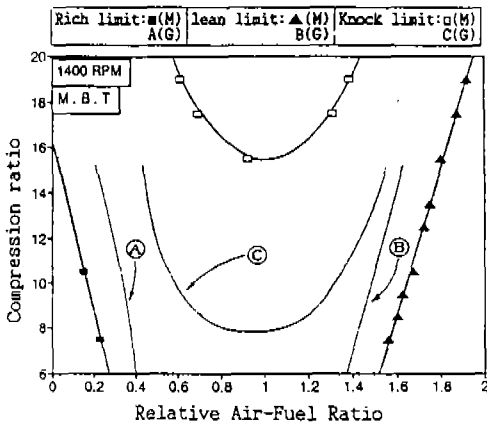


Fig.4 Knock limit and operating limit for methanol and gasoline engine

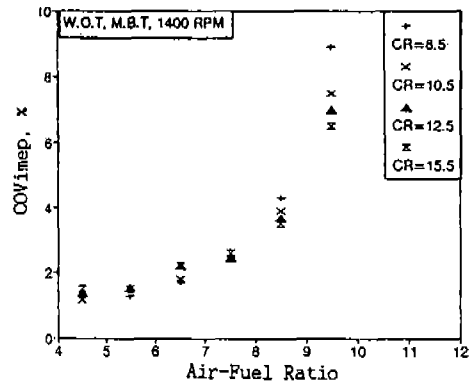


Fig.5 Coefficient of variation in indicated mean effective pressure vs. air-fuel ratio for variation of compression ratio

대한 출력특성을 살펴 보았지만 메탄올은 MON이 낮으므로 조기점화가 발생될 가능성이 크므로 압축비 상승에 한계가 있게 되고, 또한 초회박영역일 수록 사이클 변동이 크게 되어 불안정한 운전상태가 될 뿐만 아니라, 특히 NO_x 배기정화 효율이 급격히 저하하므로 NO_x 배출과 차량 운전성을 양립시키기 위한 회박 공기연료비의 정밀 제어가 필요하게 될 것이다.

3. 미립화 메탄올의 연소특성

메탄올의 기화잠열은 가솔린의 3배 이상이 되고 또한 저비점 성분이 없는 단일 조성의 연료이므로 저온에서 가연혼합기의 형성이 어렵게 된다. 특히 순수 메탄올은 자동차용 연료로 사용할 경우 10°C 이하에서는 시동이 불가능하게 되므로 저온시동성을 향상시키기 위해서는 연료의 기화 및 무화촉진, 흡기가 열등 여러 가지의 개선 방안들이 연구되어야 한다. 연료의 무화촉진을 위한 한 방법으로 미립화 메탄올의 연소특성에 대하여 살펴 보기로 한다.

3.1 압력경과곡선²⁾

메탄올의 미립화는 6개의 티탄산 바륨계 초음파 진동자를 설치한 초음파 미립화장치를 구성하여 충분한 미립화량을 얻을 수 있도록 하였고 정적연소기내에 압축공기를 연소실의 접선방향으로 주입함으로써 연소실내에 유동장을 형성시켰다. 또한 레이저와 영상처리장치가 포함되어 있는 MFC 시스템을 사용하여 연소과정을 가시화하여 이것으로부터 화염속도를 구하였다.

Fig.6은 점화후 시간 경과에 따른 연소실내의 압력경과를 연료-공기 당량비(ER) 변화에 대해 나타낸 것이다. 이 경우 초기온도 313K, 초기압력 1.5bar, 점화에너지는

45.88mJ 및 평균난류강도(MTI)가 4.5m/s이다. 점화후 시간경과에 따라 연소실내의 압력은 급격히 상승하고 있으며, 연료-공기 당량비가 증가함에 따라 연소실내의 최고압력은 증가하고 최고압력의 발생시기도 빨라지고 있다. 그러나 연료-공기 당량비 1.1 이상에서는 연소실내의 최고압력은 감소되며 최고압력의 발생시기도 늦어지고 있다. 대표적으로 당량비 1.1에서는 점화후 11.7ms에서 최고압력 19.5bar 도달하고 있다. 이러한 경향은 다른 가스연료(예혼합 연료)의 연소특성과 별 다를바 없지만 연소실내의 최고압력의 크기와 최고압력의 발생시기는 상당한 차이를 보여 준다.

3.2 미립화 메탄올의 연소특성³⁾

Fig.7은 연료-공기 당량비를 변수로하여 점화후 시간 경과에 따른 화염속도를 평균 난류강도 4.5m/s의 경우에 대하여 나타낸 것이다. 화염속도는 화염이 전파함에 따라 증가하다가 최대화염속도에 도달한 후 감소되고 있으며, 당량비 1.1의 경우가 최대화염

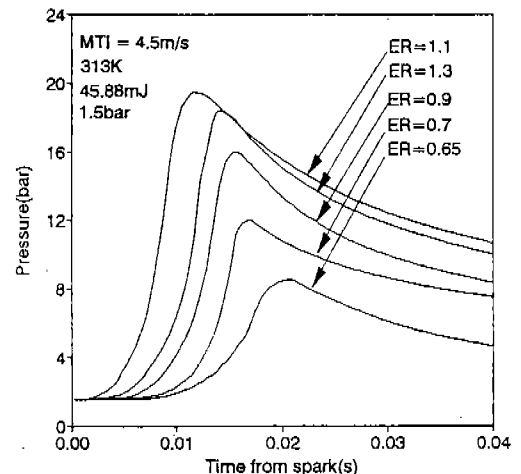


Fig.6 Pressure as a function of time from spark for equivalence ratio at mean turbulent intensity 4.5m/s

속도를 나타내고 있다.

Fig.8은 위와 같은 조건에서 화염전파중 난류연소속도를 나타낸 것이며 난류연소속도의 변화 경향은 화염속도의 변화나 거의 같은 경향을 나타내고 있다. 이와 같은 경향이 나타나는 이유는 시간이 경과함에 따라 질량 연소율은 급격히 증가한 후 감소되며, 화염 면적과 미연혼합기의 밀도는 계속 증가하는데 기인하는 것으로 판단된다.

Fig.9는 메탄올, 프로판 및 가솔린 연료의 총류연소속도를 당량비 변화에 대하여 나타낸 것이다. 메탄올의 총류연소속도는 평균난류강도 0m/s에서의 최대값을 취했으며 프로판과 가솔린 연료의 총류연소속도는 Ref.4에서 얻은 값들을 비교하여 나타낸 것이다. 각 연료에 대한 총류연소속도는 메탄올연료가 가장 빠르게 나타나고 있다. 총류연소속도는 당량비 1.1에서 연료에 관계없이 가장 높게 나타나고 있으며 이 보다 농후하거나 희박한 경우에는 총류연소속도는 감소하고 있다. 대표적으로 당량비 1.1에서 메탄올 연료의 총

류연소속도는 0.48m/s, 프로판은 0.41m/s, 가솔린은 0.36m/s 정도이다.

이와 같이 연료의 미립화는 가연혼합기의 형성이 용이하게 되어 연소촉진의 효과를 가

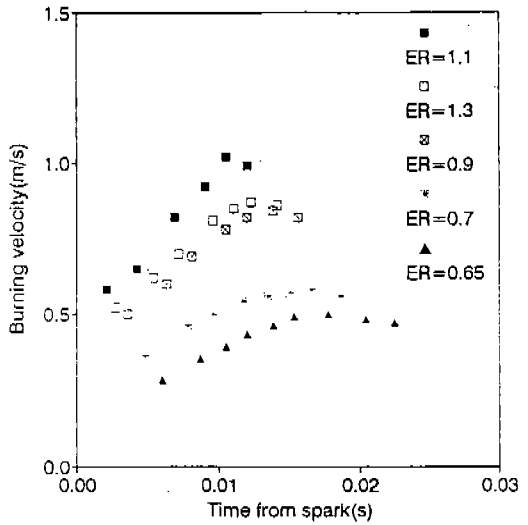


Fig.8 Burning velocity as a function of time from spark for equivalence ratio at mean turbulent intensity 4.5m/s

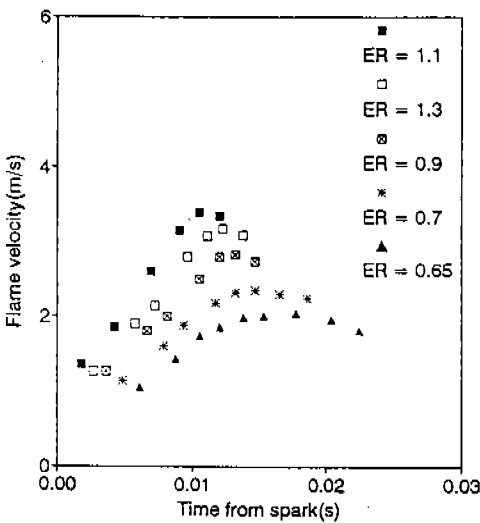


Fig.7 Flame velocity as a function of time from spark for equivalence ratio at mean turbulent intensity 4.5m/s

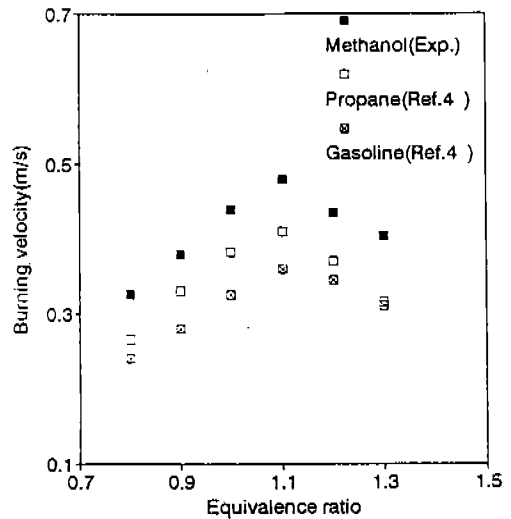


Fig.9 Burning velocity as a function of equivalence ratio for methanol, propane and gasoline.

저 오프로 저온에서의 시동성을 개선시킬 것으로 믿어진다.

이밖에 저온시동성의 개선 방법으로 시동시에만 가솔린을 사용한다든가 저비점 성분을 공급하는 dual fuel system을 택할 수 있겠으나 이는 연료 공급계가 복잡해지는 것은 피할 수 없을 것이며 다른 조치로서는 저비점 성분을 메탄올에 혼합한 고농도 메탄올 연료가 여러 면에서 실용성이 높을 것이다. 어떠한 방법을 동원하든지 간에 앞으로의 메탄올 기관은 -30°C 까지의 저온 시동성이 확보되어 저야 할 것이다.

4. 포름알데히드 배출특성

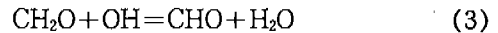
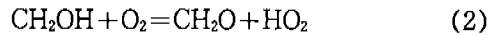
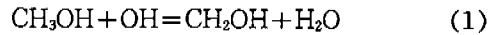
메탄올 연료를 자동차에 도입하는 큰 목적 중에 하나는 배기가스중 NO_x 배출이 적다는 점일 것이다. 또한 메탄올기관으로 부터 배출되는 HC는 대부분 미연 메탄올이며 가솔린과 비교할 때 광화학 반응성이 낮다. 그러나 메탄올기관으로 부터 배출되는 많은 Formaldehyde는 광화학 반응성이 높고 인체에 메스꺼움, 두통 및 호흡곤란을 일으키고 더욱 심하면(약 100ppm) 죽음에 도달하게 되므로 필연적으로 제거되어야 할 성분이다. 특히 냉시동시의 포름알데히드의 배출은 급증하게 된다. 현재 포름알데히드에 대한 배기규제는 아직 그 대상이 되지 않고 있으며, 배출농도에 대한 측정방법도 확립되어 있지 않은 실정이다. 본 절에서는 포름알데히드의 반응기구, 측정방법, EGR 및 흡기가열의 효과에 대하여 설명하고자 한다.

4.1 포름알데히드 반응기구 및 DNPH 용액제조

알데히드는 CHO 기를 가지는 유기화합물로서 여러 종류의 이성질체를 가지고 있지만 메탄올 연료를 사용하는 경우는 포름알데히

드가 97~99% 배출되고 Acrolein이 1~3% 정도 배출된다고 보고하고 있으므로 메탄올기관에서 생성되는 알데히드는 전부가 포름알데히드로 보아도 좋겠다⁵⁾.

포름알데히드는 연소 종료후 배기과정의 저온영역에서 실린더 소염층(quench zone)으로부터 배출되는 미연 메탄올의 산화에 의하여 생성되는 것으로 그 생성은 복잡한 반응경로를 갖지만 다음과 같이 반응경로를 요약할 수 있다⁶⁾.



위 반응식에서 보는 바와 같이 CH_3OH 는 반응 (1)에서 주로 OH 라디칼에 의하여 산화되어 CH_2OH 로 변환되고, 반응 (2)로부터 O_2 와 반응하여 CH_2O 를 생성하게 된다. 한편 반응 (2)에 의하여 생성된 CH_2O 는 반응 (3)에 의하여 OH 라디칼에 의해 소멸되기도 한다. 이와 같이 OH 라디칼은 CH_3OH 를 산화시키기도 하며 또한 CH_2O 를 소멸시키는 중요한 역할을 하게 된다.

포름알데히드의 농도를 측정하는 방법은 몇 가지가 있으나 DNPH($\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_4\text{O}_4$)의 알데히드 용해성을 이용하여 배기가스중의 포름알데히드 농도를 측정하는 방법이 가장 일반적이라 할 수 있겠다.

DNPH 용액의 제조⁷⁾는 먼저 제조하고자 하는 양만큼 Electronic moisture balance로 정확히 측정하여 여기에 Hydrochloric acid solution을 넣어 완전히 용해시킨다. 이때 Plate magnetic stirrer로 약 5시간 작동시키며 PH=2.5의 강산성 용액을 만들게 된다.

DNPH 용액에 흡수되는 포름알데히드 농

도는 배기 샘플링장치를 통과하는 배기가스 유동율과 샘플링 시간 및 DNPH 용액의 양에 따라 크게 달라지게 되므로 유의하여야 하며, DNPH 용액 시험관은 ice bath 내에 두어 배기가스중의 수증기를 응축시켜 수증기의 영향을 제거시켜야 한다. 또한 한 조건에서의 샘플링이 완료되면 시험관을 세척 건조시켜 새로운 DNPH 용액으로 교체시키는 것도 잊어서는 안될 사항이다.

Gas Chromatography의 칼럼은 OV-17를 사용하며, 이 때 carrier gas 또는 He이 사용되고 He은 50ml/min율로 Flow controller로 조정한다.

4.2 배기가스 재순환 및 흡기가열의 효과⁸⁾

배기가스 재순환(EGR) 방식은 잘 알려져 있는 바와 같이 NO_x의 생성을 크게 억제시킬 수 있으므로 촉매 변환기의 부담을 경감시킬 수 있는 장점을 가지게 된다. 그러나 잔류가스량이 상대적으로 증가되기 때문에 HC의 배출이 많게 되고 또한 기관출력의 저하와 운전성에 악영향을 주기 때문에 EGR 율은 자연 제한되게 된다. 잔류가스량의 증가

는 연소속도를 저하시킬 것이며 연소 최고온도도 저하될 것이다.

흡기가열은 흡기관내에서 분사된 메탄올의 무화촉진의 효과를 얻기 위하여 흡입공기의 온도를 냉각수를 이용하여 흡기를 가열한 것이며, 이는 냉각수의 순환량을 조절하여 흡기관의 혼합기 온도를 35°C로 일정하게 유지시킨 경우이다. 흡기 비가열(no heating)은 흡입공기의 온도를 온도 조절장치를 사용하여 흡기온도를 17°C로 일정하게 유지시켰다. 흡기를 가열하게 되면 무화촉진의 면에서는 유리하게 되겠지만 흡기가열에 의한 흡입공기의 밀도가 저하되므로 이에 따라 체적효율이 저하하게 되고 즉 단위 체적당 혼합기 질량이 적어지므로 연소온도가 감소될 것이다.

이와 같이 EGR이나 흡기가열은 연소온도를 저하시키게 되므로 메탄올 기관에서는 포름알데히드 배출농도에 영향을 미치게 될 것이다.

Fig.10은 공기연료비 변화에 대한 배기가스 온도변화를 나타낸 것이다. 배기가스의 온도는 공기연료비 5.5 부근에서 최고를 나타내며 이보다 희박하거나 농후한 혼합기가 되면 배기가스의 온도는 감소하는 것으로 나타내며, EGR율이 증가함에 따라 배기가스

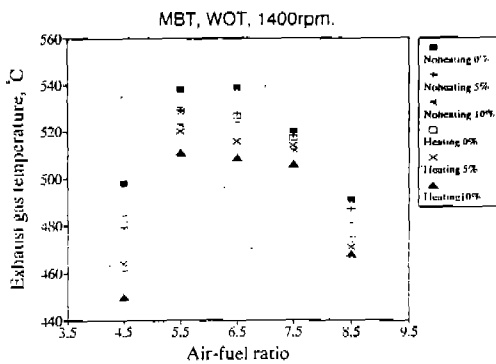


Fig.10 Exhaust gas temperature as a function of air fuel ratio for EGR rate and heating

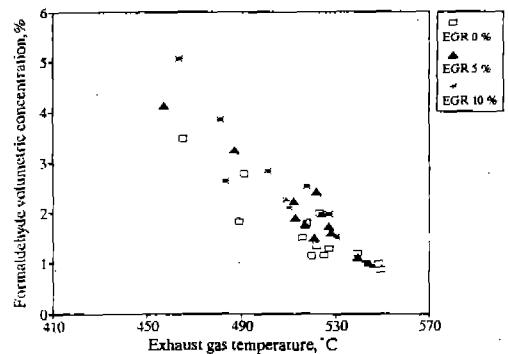


Fig.11 Exhaust gas temperature as a function of formaldehyde volumetric concentration

온도도 낮아 지고 있다. 또한 흡기가열의 경우도 흡기 비가열의 경우에 비해 공기연료비 전 구간에 걸쳐 배기가스의 온도는 저하되고 있음을 알 수 있다.

Fig.11은 흡기 비가열의 경우 EGR율에 대한 배기가스 온도와 포름알데히드의 배출농도와의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 포름알데히드 배출농도는 배기가스 온도가 상승함에 따라 크게 감소되고 있다.

Fig.12는 공기연료비 변화에 대한 포름알데히드 배출농도를 EGR율 및 흡기온도를 매개변수로하여 나타낸 것이다. EGR율의 증가 및 흡기가열의 경우는 포름알데히드 배출농도를 증가시키고 있다.

이상과 같은 결과를 보아 포름알데히드의 배출농도는 연소온도에 지배되고 있으므로 흡기가열의 경우 포름알데히드 배출면에서는 고려되어야 할 사항으로 생각된다.

5. 메탄올 Fumigation⁹⁾

스파크 점화기관의 배기가스 정화는 지금 후처리 방식인 삼원 촉매장치를 이용하여 만족할 만큼의 효과를 얻고 있지만, 디젤기관은 배기온도가 낮고 촉매 피막에 매연의 부착이나 경유에 함유되어 있는 유황성분에 의한 황화합물 생성등의 문제가 있어 후처리 기술의 실용화는 어려운 실정에 있다.

메탄올 연료는 세탄가가 낮고 압축착화성이 거의 없기 때문에 직접 디젤기관의 연료로 사용할 수는 없다. 그러나 메탄올의 특성인 고옥탄가는 고압축비 채용이 가능하게 되고 단점으로는 생각되어 지는 기화잠열이 큰 점을 내부 냉각에 이용하면 열효율을 향상시킬 수가 있을 것이다. 그리고 메탄올은 단일 조성의 연료이기 때문에 디젤기관에서 문제가 되고 있는 스모그의 배출이 없고, NO_x

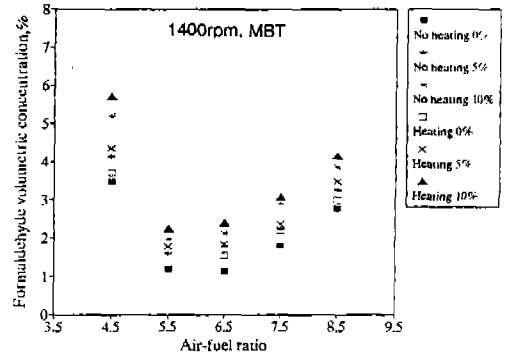


Fig.12 Formaldehyde volumetric concentration as a function of air fuel ratio for EGR rate and heating

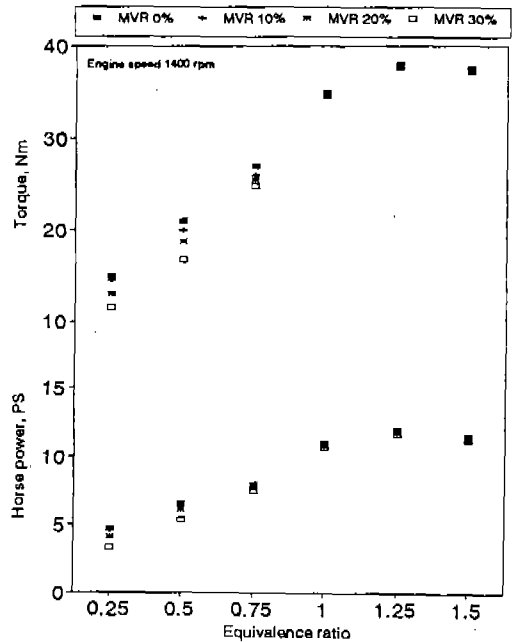


Fig.13 Torque and output as a function of equivalence ratio and methanol volume ratio at engine speed 1400rpm, optimum injection timing

배출도 현저히 낮출수 있을 것이다.

메탄올 연료의 디젤기관에 적용에 대한 이 용기술의 하나인 배기가스 저감을 위하여 흡기기관내에 메탄올을 저압 분사시키는 fumiga-

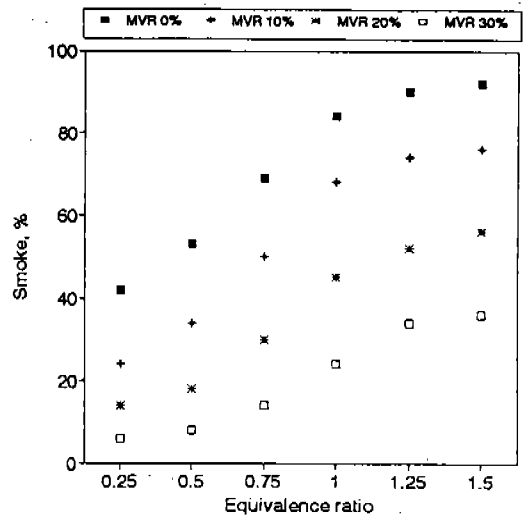
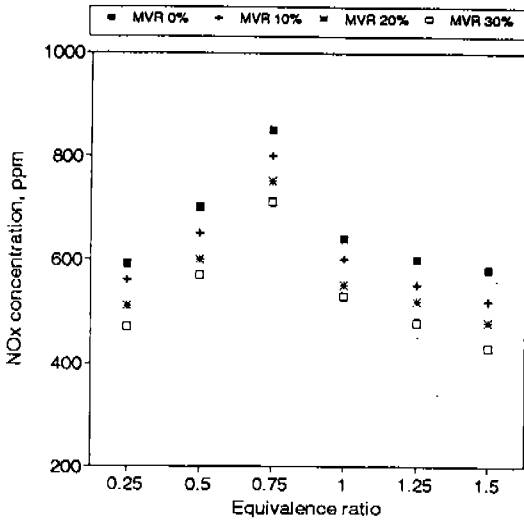


Fig.14 Characteristic NO_x emission as a function of equivalence ratio and methanol volume ratio at engine speed 1400 rpm, optimum injection timing

Fig.15 Characteristic smoke emission as a function of equivalence ratio and methanol volume ratio at engine speed 1400rpm, optimum injection timing

tion 방법에 의한 배기가스 저감효과를 파악하고자 한다.

Fig.13은 디젤기관의 흡기관에 메탄올을 혼입시킨 경우 당량비 변화에 대한 기관토크 및 축 출력을 메탄올 혼입량(MVR %, Methanol Volume Ratio %)의 변화에 대해 나타낸 것이다. 이 경우의 운전조건은 이 기관의 최대 토크가 나타내는 1400rpm 및 MBT이다. 기관 토크는 당량비 1.25 부근에서 최대 토크를 나타내며 이 당량비보다 희박하거나 농후한 영역에서는 감소되고 있다. 메탄올의 혼입량이 증가할수록, 희박영역이 될수록 기관토크와 출력은 감소하는 것으로 나타나며 농후한 영역에서는 그 감소율이 아주 적은 것을 알 수 있다.

Fig.14는 당량비 변화 및 메탄올 혼입량 증가에 따른 NO_x 배출특성을 나타낸 것이다. 디젤기관의 NO_x 배출특성은 가솔린기관의 특성과 비슷하지만, 메탄올의 혼입량의

증가에 따라 연소온도 저하로 인하여 NO_x는 크게 저감하는 것으로 나타나고 있다.

Fig.15는 당량비 변화에 대한 메탄올 혼입량 증가에 따른 스모크 배출특성을 나타낸 것이다. 스모크의 배출특성은 농후한 혼합비가 될수록 증가하며 메탄올 혼입량이 증가할수록 스모크의 발생은 감소하는 것으로 나타나고 있다. 메탄올 혼입을 30%인 경우를 보면 경유로 운전하는 경우에 비하여 당량비 0.75, 1400rpm에서 스모크 저감율은 약 70%로 나타나고 있다.

이것 이외 메탄올 연료의 디젤기관에 대한 이용기술의 응용은 점화 플러그 혹은 글로우 플러그등의 강제착화 보조수단을 이용하는 방법 또는 2연료 분사방식인 메탄올과 경유를 각각 독립적으로 제어하여 시동시는 경유만을 분사하여 통상의 디젤기관의 착화성 및 시동성을 얻는 방법등이 고려될 수 있다.

이상 소개한 이외의 연구들로서는 메탄올

기관에 적용될 수 있는 3차원 촉매변환기의 개발⁹⁾, 미립화 메탄올 연료의 총류연소 속도 측정¹⁰⁾ 및 메탄올 기관의 연소실에서의 열유동에 관한 연구^{11)~12)} 등의 소개는 지면상 생략하오니 참고문헌을 참조해주시기 바라며 또한 메탄올 연료에 관한 많은 자료는 본 고에서 생략합니다.

6. 맺는말

이상과 같이 메탄올 연료를 기관에 적용하기 위한 이용기술에 대한 결과 및 문제점들을 본인의 연구실에서 이루어진 기초 연구 결과들을 토대하여 몇가지 경우에 대하여 언급하였다.

위에서 논한 것 이외에 메탄올 기관을 실현하기 위해서는 저온 시동성에 대한 획기적인 방법이 이룩되어야 하며 또한 내부식성 및 내마모성 문제들이 해결되어 수명에 대한 신뢰성이 확보되어야 할 것이다.

현재의 배기가스의 세계적인 규제를 만족하고 나아가서 무공해 자동차(ZEV)의 실현을 위한 과도적인 단계에서 메탄올 기관의 보급은 필연적인 것으로 생각되며 이미 일본을 비롯한 미주 국가에서는 대량 보급의 실현단계에 있는 것으로 알려지고 있다. 우리나라에서도 조만간 메탄올 기관의 출현이 예상되며 이 기관에 대한 사용자의 만족도도 오랜기간 동안 지속될 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

1. 조국환, 김문헌, 이성열, "메탄올 기관의 기본성능 평가", SAE paper 923871, 자동차공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 162~168, 1992.
2. 김영효, 김문헌, 이종태, "메탄올 연료의 초기 연소과정에 미치는 난류강도 및 점화 에너지의 영향", 대한기계학회 추계학술대회 논문집, pp. 13~17, 1994.
3. 김영효, "정적연소기내 메탄올 연료의 난류연소특성 및 초기연소과정에 대한 실험적 연구", 숭실대학교 박사학위 논문, 1995.
4. Chares K. Westbrook and Fredrick L. Dryer, "Prediction of Laminar Flame of Methanol-Air Mixtures", Comb. & Flame, 37, pp. 171~192.
5. K. Y. Imamura and T. Inoue, "Development of Methanol Lean Burn System", SAE 860247, 1986.
6. J. B. Heywood, "Internal Combustion Engine Fundamental", Macmillan press LTD, pp. 208~219, 1975.
7. 김홍성, 김영효, 김문헌, 이성열, "DNPH 용액을 사용한 메탄올 기관의 포름알데히드의 측정", 한국자동차공학회 추계학술대회, pp. 52~59, 1990.
8. 서영채, "메탄올 기관의 EGR 및 흡기가열에 따른 포름알데히드의 배출특성", 숭실대학교 석사학위 논문, 1992.
9. 김학영, "디젤기관의 메탄올 혼입에 의한 배기특성 및 열유속 특성에 관한 연구", 숭실대학교 석사학위 논문, 1993.
10. 김문헌, 오병진, "미립화 메탄올 연료의 총류 연소속도", 숭실대학교 대학원 논문집, 제11집, pp. 341~354, 1993.
11. 김문헌, 박정서, "고압축비 메탄올 기관의 연소실 표면에서의 열유동에 관한 연구", 숭실대학교 논문집(공학편), 제25집 제1호, 1995.
12. 김문헌, 임연기, 이종태, "메탄올기관의 흡·배기 밸브에서의 열유속 특성", 한국자동차공학회 논문집, 제4권 제1호 pp. 208~217, 1996. 1.