

엔진과 환경관련 기술 개발



정 동 수 (내연기관연구실장)

- '70-'77 서울대학교 기계공학과 졸업(학사)
- '84-'88 한국과학기술원 기계공학과 졸업(석사)
- '78.2-'79.1 서독 OPEL 자동차 엔진공장(기술연수)
- '82.1-'82.6 미국 SWRI 내연기관 연구부(공동연구)
- '84.1-'84.6 영국 RICARDO 엔진연구소(공동연구)
- '77.1-현재 한국기계연구소 책임연구원

1. 머릿말

한국기계연구소는 국내 자동차 공업의 급속한 발전에 반하여 가장 취약기술인 엔진의 핵심부분 설계 기술개발에 역점을 두고 있으며, 특히 최근 들어 대기오염의 심각성을 극복하기 위하여 엔진 저배기공해 시스템과 대체 연료 엔진의 개발에도 주력하고 있다.

아울러 내연기관연구실에서는 연소실 관련 설계 기술개발과 관련하여 ① 실린더, 흡기관내 유체 유동 측정 및 해석기술, ② 연소실 주변 부품의 열부하 해석기술, ③ 엔진의 연소특성 해석 기술을 구명하고자 하며, 그리고 성능향상을 위한 응용 기술 개발에는 ① 대체연료엔진 기술과 ② 가솔린엔진 연료분사, 전자제어기술 및 ③ 저배기 공해 시스템 개발을 중점적으로 연구하고 있다.

2. 수행중인 저배기공해 관련 연구

2.1. Heat pump용 천연가스 엔진 개발

기존의 가솔린 및 디젤을 연료로 하는 엔진을 천연가스를 연료로 하는 엔진으로 개조하기 위해서는 연료 공급 계통의 구조변경, 밸브 개폐 시기의 조정, 공기연료 혼합비 및 점화시기의 조정 또는 압축비의 증가나 과급등 엔진 구조의 소폭 변경이 가능하므로 현재의 국내 기술로도 충분히 가능할 것으로 판단하고 있다.

또한, 한국가스공사와 공동으로 에너지의 효율 및 전력수요의 급피크를 방지하기 위하여 사무실·구내식당·체육관·실내 풀장 등의 냉·난방 용으로 사용되고 있는 Heat pump의 콤프레샤를

표1) 주요 보유장비

장 비 명	사 양	수 량	제 조 원
엔진 동력계	22kw, DC	1	영 국
	130kw, EC	2	독일 schenck, plint 자체개발
	230kw, EC	1	일본 schenck
배기가스 분석기	THC, CO, NOx, CO ₂	1	일본 Horiba
공연비 분석기	O ₂ sensor	1	영국 Cussion
Laser Doppler Velocimeter (LDV)	2W, Counter type	1	미국 TSI
	5W, BSA type	1	덴마크 Dantec.
연료 소모량계	부피식	3	영국, 스위스, 자체개발
	무게식	1	자체개발
공기유량 측정기	laminar flow	4	미국 Meriam
오일 소모량계	Const. Vol.	1	오스트리아 AVL
Smoke meter	연속 sampling	1	오스트리아 AVL
	간이식	1	독일 Bosch
연소 및 분사해석 장치	고·저압 압력측정	1	오스트리아 AVL
Data 처리 장치	고속처리 및 그래픽	1	자체개발
	Memory 오실로스코프	1	미국
	Data 6000	1	미국
화염전파속도 측정장치	Ion 전류 5채널	1	자체 개발
실험용 단기통 가시화 엔진	4밸브 가솔린	1	자체 개발
샤시 동력계	100kw, DC DYN	1	미국 Clayton
	500 mm Roller		

자료 : KIMM 내연기관 연·

구동하기 위하여 전기모타의 사용대신에 엔진으로 대체하고자 천연가스 엔진의 개발 연구를 수행 중에 있으며, '89년도 1차년도 연구에서는 기존 생산중인 LPG엔진을 개조하여 천연가스를 사용할 경우의 엔진성능 특성을 실험하였다. 2차년도인 '90년도는 천연가스 엔진의 최적성능을 위한 각종 조절 시스템을 개발하여 시제품 제작을 완료하였으며, 3차년도인 '91년도에서 시제품의 성능평가를 완료할 계획이다.

현재 수행중인 Heat pump 구동용 천연가스 엔진의 개발을 성공적으로 수행할 경우 경제적인 냉·난방 시스템 보급은 물론 열병합 발전 시스템을 개발할 것이며, 나아가 도심지 대기오염의 주범인 차량배기 배출물의 감소를 위한 차량용 천연가스 엔진의 개발에 축적된 기술을 활용하여

국민 복지 생활에 크게 이바지할 것으로 기대한다.

2.2. 고성능 저배기 가솔린 엔진 개발

가솔린 엔진의 연소실 설계에 관한 연구는 고출력, 저연비 및 저배기공해가스 배출에 관한 연구가 대부분이며 특히 연소과정의 해석기술은 엔진 성능과 배기가스 배출에 대한 주요변수를 찾고자 연소현상과 연소시의 화염진행을 규명하는 연구가 활발히 진행중이다. 저연비 및 저배기가스 배출을 위해서는 배기가스 재순환(EGR) 방식과 희박연소 방식을 사용하는데 희박연소에서는 연소속도가 느려 출력저하를 가져오는 단점이 있으므로 급속 연소방식을 사용하여 보완하고 있다.

급속 연소방식은 연소속도가 빨라 압축과정

에서 혼합기의 온도, 압력이 높은 점에서 점화를 시킴으로써 연소 최고압력과 온도가 높게 되어 엔진출력을 향상시킬 수 있고, 또, 연소기간이 짧기 때문에 회박연소시 발생할 수 있는 misfire를 줄일 수 있다. 가솔린 엔진에서 급속연소를 이룰 수 있는 방법은 연소화염 면적을 크게 하는 연소실 형상을 설계하고 점화플러그 위치를 최적화 하는 것과 연소시 혼합가스의 평균속도와 난류강도를 증가시켜 화염전파 기간을 단축시키는 흡기포트 및 피스톤 형상의 최적설계법이 있다.

배기공해 저감과 출력향상을 위하여 공기연료 혼합비를 이상 공연비로 제어하는 것이 절대적으로 필요하며 이를 위하여 전자식으로 연료분사량을 제어하는 장치를 사용하게 되는데, 전자식 엔진은 연료분사외에도 점화시기, EGR, 공회전속도 등을 컴퓨터로서 조절하며 각종 센서 및 actuator의 개발과 엔진 실험기법이 유기적으로 연관되어 있다.

본 연구는 '88년 5월부터 시작하여 약 3년간 걸쳐 국내 생산되는 MPI 4기통 2 밸브 시스템 가솔린 엔진을 대상으로 ECU의 설계 원리를 파악하고 새로운 제어법인 Sliding mode에 의한 제어법을 2년간 걸쳐 시도하여 개발하였다.

또한 가솔린 엔진의 저배기화에 큰 영향을 미치는 흡기포트 및 연소실 형상의 변화에 따른 엔진 연소실내 유체유동 특성을 규명하고자 LDV 등의 장비를 이용한 실험을 통해 연소실내 유체유동을 steady test와 motoring test에 의해 측정된 결과 그 밸브 시스템 엔진에서 herical형, shroud형, swirl

ring형, MSH(Masked Shroud Head)형 등 여러가지 흡기포트 형상중 MSH 포트가 가장 swirl 및 난류강도 효과가 큼을 알수 있었다.

따라서 앞으로 엔진의 firing 실험을 통해 MSH 형상의 연소성능 향상에 미치는 영향을 검토할 것이며 Ion 전류 측정법에 의해 화염전파 속도를 비교 측정하여 급속연소 정도와 배기저감 효과를 확인할 것이다.

2.3. 흡배기 및 연소실 시스템 개발

최근 가솔린 엔진에서는 최대출력 증가 및 저연비, 저배기공해가스 배출을 위해 흡기시스템 및 연소실 향상 설계를 중요과제로 삼고 있다. 그중 연소과정의 해석기술은 엔진성능과 배기가스 배출에 대한 주요 변수를 제공하므로 연소 현상과 연소실 화염전파에 관한 연구가 필수적이다.

현재 널리 사용하고 있는 4-밸브엔진은 흡배기 밸브의 열림 면적이 넓어 고회전수 영역에서 충전효율을 더욱더 증대시키고 있고, 전회전수 영역에서 엔진의 체적효율을 증가시키기 위해 흡배기 과정 중 발생한 압력파를 이용하는 방법, 흡기포트의 최적설계 및 Turbocharger와 Intercooler 장착으로 인한 엔진 흡입조건의 변화, 흡기밸브 개폐시기 조절방법을 통해 개발해 왔다. 엔진설계경향이 경량, 고속, 고출력이 됨에 따라, 피스톤·실린더 헤드 및 라이너와 같은 연소실 주위부품의 열적변형에 의한 손상을 규명하기 위하여 온도 분포 및 열변형을 해석연구하고 있다.

본 연구에서는 4밸브 DOHC 4기통 소형 가솔린 엔진을 대상으로 해서 흡기관내 진동하고 있는 압력파가 흡기밸브 닫힘 순간에 정압파의 극대치에 도달하여 최대 체적효율을 만족할 수 있도록 공기의 음향적 특성을 고려한 유체저항모델을 개발하였고, 확인실험을 통해 타당성을 입증하였다. 연소실내 혼합기의 유체유동은 회박연소시 발생할 수 있는 실화를 감소시키고 출력을 향상시키고 있는 급속연소 방식에 중요한 인자인 swirl와 tumble 운동을 규명하기 위해 본 연구에 사용된 4-valve DOHC 소형가솔린 기존엔진의 포트를 swirl 및 tumble 생성형 포트를 제작하여

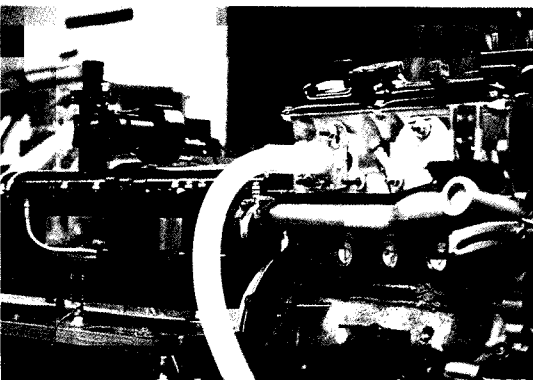


사진 1) LDV에 의한 엔진 모토링시 연소실내 유동 측정

연소실내 유체유동을 LDV로 측정하였다.

본 연구의 엔진은 엔진회전 실린더 라이너와 피스톤에 설치하여 온도분포를 측정하였으며, 열변형을 위해서는 2-D FEM 열변형 program을 구성하여 해석하였다. 현 단계는 2차년도 연구로서 흡배기관 설계분야로서는 체적효율향상 영향인자에 대한 정량적 검토가 필수적인데 관내 형성된 유체유동을 FDM(Finite Difference Method)으로 해석하고, 흡배기관내 압력측정을 통해 타당성을 입증한다. 연소실내 유체유동 분야는 단기통 가시화엔진을 제작해서 엔진 모터링시 LDV를 이용해서 유동을 측정한다. 열부하분야는 실린더 헤드의 온도분포와 열변형을 해석하기 위하여 tempplug와 3-D FEM 열변형 program을 사용할 계획이다.

본 연구는 앞으로 3차년도에 걸쳐서 흡배기 및 연소실 시스템에 대한 전반적인 연구를 통해 실제 시제품을 제작하고 시스템 활용 소프트웨어를 개발할 예정이다.

2.4. 자동차용 Diaphragm 밸브류의 국산화 개발

자동차에 사용되고 있는 배기공해 가스 감소용 각종 장치들의 작동을 제어하는 Diaphragm 밸브류는 설계기술 및 Diaphragm 고무제품에 대한 국내 소재의 문제점 때문에 전량 수입에 의존하고 있다. Diaphragm 밸브류의 국산화 개발을 위해 각종 밸브의 성능 및 내구성을 측정할 수 있는 시험방법, 기준설정과 관련 시험을 할 수 있는 시험장치의 개발이 시급하다.

관련 기업체와 공동으로 수행되고 있는 본 연

구는 1차년도(86년) 사업으로 각 밸브에 대한 기능 및 역할과 구조를 분석하였고, 밸브관련 시험방법과 시험 기준은 선진국이 자동차 규격을 근거로 밸브의 성능 및 내구성을 측정·분석할 수 있는 시험장치의 구조를 고안하였다.

2차년도에는 본 연구를 기초로 관련 및 내구 시험기를 개발하여 밸브의 국산화 개발과 성능 향상을 위한 시험기술을 확립하고, Diaphragm 밸브류를 국산화 개발 하였으며, 3차년도와 4차년도에는 각종 EGR 장치의 특성분석과 EGR 밸브 내구성을 실험적 방법으로 수행하여 EGR 장치 국산화 개발 기술을 확립하였다. 기업의 EGR 장치 제조기술과 연구소의 엔진 및 배기가스 생성기구에 대한 전문지식이 효율적으로 협력하여 성공리에 본 연구과제를 수행하였으며, 본 연구결과는 현재의 가솔린 자동차 배기규제를 만족시켰고, 더우기 '95년부터 강화 될 배기규제에 대응하여 배기대책부품 개발 및 성능 향상에 관한 연구를 계속 수행하고 있다.

3. 환경관련 향후 연구 개발

선진국에서는 대기오염 발생원의 일부가 되고 있는 자동차 배출가스에 대한 규제가 연차별로 강화되고 있어 기존 자동차 엔진에 대한 신기술이 요구되고 있으며 장기적인 안목에서 저공해 대체연료 자동차 보급을 위해 적극적인 노력과 함께 심도있는 기술을 개발하고 있다.

당 연구소에서는 나름대로 향후 세계의 자동차 보급 추세를 표 1과 같이 분석하여 우선 기존 엔진에 대한 배기 저감이 급선무이므로 이에 대한 연구를 계속하면서 미래지향적으로 대체연료 차

표2) 세계의 자동차 보급 추세 예상

종류	년도		
	1990	1995	2000
기존 석유 연료 엔진 차량	-----		
대체연료 엔진 차량	-----		
전기 자동차	-----		

량과 전기자동차 개발을 계획하고 있다.

4밸브 가솔린 엔진의 저배기 연소 시스템 개발 연구는 과기처 첨단요소 연구로써 DOHC 4밸브 엔진의 실린더내 swirl 및 tumble 유동특성 해석을 통한 최적 연소실 설계 기술을 확립하고 점화시기, 흡기관 길이, 밸브 개폐시기, swirl control 밸브 등의 조직과 knocking 및 연료의 lean mixture 제어기능 등을 포함한 제어시스템 개발 기술을 완성함으로써 엔진의 전처리 배기 기술을 완성하고자 한다.

대체연료 차량의 개발을 위하여 지금까지 약 3년간의 축적된 기술을 바탕으로 하여 소련의 NAMI 자동차 연구소와 한·소 국제공동 연구를 통하여 버스·트럭 용으로 사용 가능한 디젤·천연가스 겸용 엔진의 개발에 착수하였으며 이미 양측기관은 서로 방문하여 기술협정을 체결한 상태이다. 소련과의 공동연구 수행중 캐나다, 미국, 뉴질랜드 등의 기술도 아울러 소화하여 우리 자체의 기술을 확립할 것이며 이 연구를 통해서 개발되는 천연가스·디젤 겸용 엔진은 도심지 운행 노선 버스와 청소차 등에 우선적으로 장착될 것이므로 대도시 대기오염의 원천적인 방지를 위한 첫걸음이 될 것이며 그 효과가 클것으로 기대된다.

또한 상공부 공업기반 연구 등을 활용하여 대도시 운행 taxi 용으로 승용차용 천연가스 차량의 개발을 시도하고 있으며 앞으로 LNG 전용 차량 개발도 계획하고 있다.

전기자동차는 현재까지 가장 각광 받고 있는



사진 2) 전지구동시스템을 장착한 장애자용 특수 차량

무공해 차량으로서 궁극적으로 개발하지 않으면 안될 실정이므로, 그 첫단계로서 '93 대전 박람회에서 운행할 van 타입 전기자동차의 개발을 위해 기업체와 공동으로 추진하고 있다. 그 전초전으로써 당실에서 91년초에 개발한 공냉식 엔진 구동 장애자용 특수차량에 전지구동 시스템으로 채택하여 장애자용 특수 전기자동차 개발을 독자적으로 진행중에 있으므로 이 기술을 바탕으로 박람회 운행 전기자동차 개발을 거쳐 버스나 트럭까지 실용화 할 수 있는 기술을 완성하고자 한다.

급속도로 발전하는 산업 기술로 인간사회에 각종 안락함과 편의를 제공하였지만 그 대가로 인한 폐해는 나날이 심각해지고, 곳곳에서 우리의 생활 환경을 위협하면서 불안한 삶을 강요하고 있으므로 이제는 우리의 기술도 환경을 고려한 기술 개발에 주력해야할 한계 시점에 다달았다고 여겨진다.