

한국 내연기관 개발의 현재와 미래

이 현 순
현대자동차(주) 마북리연구소



● 1950년생
● 승용차용 기술리엔진에 대하여 연구하고 있으며 특히 엔진성능 향상을 위한 여러가지 방법을 많은 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

현재 한국의 자동차 공업은 80년대 초반부터 급격한 발전으로 세계의 다른 자동차 생산국으로부터 경계의 대상이 되고 있다. 그러나 그 내면을 살펴보면 아직도 중요한 기술은 거의 대부분 일본이나 독일, 미국 등 자동차 선진국의 기술에 의존하고 있으며 특히 엔진 분야는 대부분 외국 기술에 의존하고 있다고 해도 과언이 아니다.

엔진은 자동차 생산원가의 약 30%를 차지하며 자동차의 성능을 좌우하는 기본이고 이 엔진기술을 외국에 의존하는 경우 기술료 지급은 물론이며 부품구매 선택의 여지가 없어진다. 또한 요즈음과 같이 상품의 수명주기가 짧게 되어가는 추세하에서는 시장의 요구에 대처해 나가는 엔지니어링 적응력이 부족하게 되면 결국 경쟁성을 상실하게 된다.

그러나 이러한 문제점을 인식하면서도 80년대 초까지 독자적인 엔진개발을 하지 못했던 원인은 크게 2가지로 분석할 수 있다. 첫째는 한국의 자동차 회사들의 기술 축적의 미약과 둘째는 독자개발의 낮은 투자효율성이다. 즉 엔진과 변속기를 기술 도입할 때 기술료 지급은 자동차 생산대수당 5~6만원에 달하지만 엔진과 변속기를 독자개발시의 투자비는 약 300~500억원에 달하므로 간단한 산술적 계산

으로는 모델당 100만대를 생산하여야만 투자의 가치가 있는것으로 보여진다. 물론 위에서 언급한 바와 같은 여러가지 요인에 의하면 이 숫자보다 훨씬 적은 생산량으로도 경쟁성이 확보 될 것으로 예상된다. 이제 한국의 자동차 생산량도 연간 백만대를 상회하는 수준이며 앞으로 급격한 양과 질적인 팽창이 기대되고 있는 시점에 자동차 메이커들은 각자 모두 독자적인 고유 엔진 개발을 착수 하였으며 일부 회사는 이미 성공을 거두어 양산 준비를 하고 있는 것으로 알고 있다. 그러나 아직도 엔진의 설계부터 양산까지 걸리는 기간이 타 선진 메이커에 비하면 상당히 길며 이로인해 신제품의 경쟁력 저하가 우려되고 있는 상태이다. 이러한 문제점 해결에 도움을 주기 위해서 학계는 기업체의 기술 개발 방향과 전략을 이해하는 것이 필요하다.

2. 엔진의 설계 목표 설정

기본 엔진의 설계는 아래와 같은 요구 조건이 확실하게 된 후에 수행되어야 한다.

- (1) 탑재차종(경쟁대상 차종 파악 포함)
- (2) 탑재차의 요구 성능 및 연료 효율
(가속 성능, 최고속도, 운전성, 연비)
- (3) 주요 시장(수출 지역별 모델 개발 여부 포함)
- (4) 만족시켜야 할 규제(배기규제, 연비규제,

소음규제, 환경규제)

- (5) 주 운전조건 파악(city driving, highway driving)
 - (6) 목표 원가
 - (7) 부품 및 소재 개발 방향, 가공방법 등
- 이러한 요구들이 파악되면 이에 맞는 설계와 개발 방향이 결정된다. 즉 아래와 같은 좀 더 자세한 목표들이 경쟁차들보다 가능한한 우수한 상태로 결정하게 된다.
- (1) 최고 출력(kW/rpm)
 - (2) 최고 토크(Nm/rpm)
 - (3) 최고 속도(rpm)
 - (4) 엔진 연비(g/kW.h)
 - (5) 차량 연비(km/L city, highway)
 - (6) 오일 소모(%/of fuel consumption)
 - (7) 블로우바이(%/of air consumption)
 - (8) 차량 배기성능(LA-4, 10mode, EEC 등)
 - (9) 소음(dB at 7.5m), 진동
 - (10) 차량 내구성(100,000km, 160,000km 등)
 - (11) 사용 온도 조건(-30~50℃ 등)
 - (12) 엔진 치수 및 무게(kW/kg 등)
 - (13) 기타 제반 성능

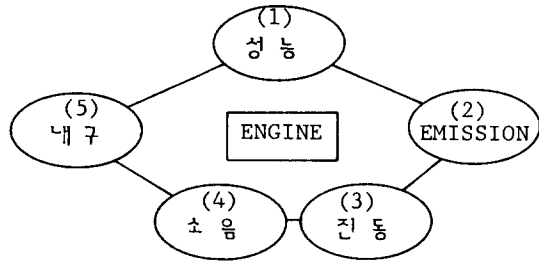
3. 엔진 개발

현재의 가솔린 엔진 개발 방향은 2000년대 초반까지는 큰 변화없이 유지 될 것이다. 과거 100년 동안의 발전과정으로 미루어 볼 때 고출력화, 경량화, 저소음화, 저배기화, 저연비 등은 계속 개발의 초점이 될 것으로 예상된다. 엔진 개발에 중요한 요소들의 상관 관계는 아래의 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

이러한 개발 기술외에 설계기술, 가공기술들을 들 수 있다. 필자는 이러한 기술들의 이용 현황과 전망 그리고 문제점등에 대하여 간단히 거론하기로 한다.

3.1 CAE

자동차 엔진의 개발에 있어 컴퓨터의 사용은 다른 분야와 마찬가지로 점점 중요시 되고 있



| 기본 기술 | 해당 분야 |
|--------|---------------|
| 연 소 | (1), (2), (3) |
| 흡배기 계통 | (1), (2), (4) |
| 전자 제어 | (1), (2) |
| 재 료 | (5) |
| 운 활 | (1), (5) |
| 마 멸 | (5) |
| 냉 각 | (1), (2), (5) |

그림 1 엔진 개발의 구성

다. 더구나 근래에 들어 자동차를 선택하는 고객 취향이 전보다 자주 바뀌기 때문에 이에 대응하기 위해 개발시간을 단축시켜야 하므로 설계의 초기 단계에서 가능한 최적설계를 고려해야 한다. 일반적으로 자동차 엔진의 개발은 크게 설계와 시험개발로 나누어진다. 설계에 의해 만들어진 시작품을 개발시험을 통해 문제점을 발견, 보완하는 과정을 반복함으로써 개발이 완료되기 때문에, 설계 단계에서 가능한 한 많은 문제점을 제거하여 반복의 회수를 줄임으로써 개발시간을 단축시키고 비용을 절감할 수 있다. 이런 목적에 가장 적합한 것이 CAD/CAE의 사용이 되겠으며 특히 크랭크 축의 운동부품은 물론이고 피스톤, 실린더 헤드와 블록의 해석에 도움이 된다.

엔진 실린더 내에서 반복 운동을 하는 피스톤은 엔진 마찰의 가장 많은 부분을 차지하므로 엔진 성능향상을 위해 피스톤의 설계는 매우 중요하다. 피스톤과 실린더 벽과의 틈새는 엔진 작동 상태에 따라 달라지기 때문에 피스

톤을 설계할 때에는 열변형을 반드시 고려해야 한다. 틈새가 너무 작을 때에는 piston scuffing이 생겨 마찰의 증가와 함께 피스톤 수명이 단축되며 너무 클 때에는 slap noise와 함께 오일소모량과 블로우 바이 가스의 증대로 배기 가스에 나쁜 영향을 주게 된다.

일반적으로 피스톤 해석은 열전달해석과 열응력해석의 단계로 나뉘어진다. 열전달 해석은 피스톤에 전달되는 연소열에 의한 피스톤 주요 부위의 온도분포를 주게 되며, 열응력해석은 주어진 온도분포로부터 피스톤 각 부위에 작용하는 열응력과 그 변형을 알려준다. 때로는 정확한 온도분포를 열응력해석에 주기 위해 측정된 온도분포를 사용하기로 한다.

실린더 블럭이나 헤드에서도 피스톤과 마찬가지로 연소열에 의해 열응력 및 변형문제는 아주 중요하다. 실린더 블럭의 해석에는 일반적으로 연소에 의한 폭발력, 헤드볼트 등의 체결력 그리고 열변형에 의한 힘이 함께 고려되어야 한다. 특히 실린더 블럭의 변형은 엔진 성능 뿐 아니라 진동특성에도 큰 영향을 주므로 엔진 소음에도 기여도가 높으며 블럭의 스킵트 부분으로 방출되는 소음은 엔진 소음의 주요 성분이다. 따라서 블럭의 고유진동수와 진동형태(mode shape) 등의 진동 특성을 얻기 위해 3차원 유한요소법이 사용되기도 한다.

또한 근래에는 진동특성과 엔진소음과의 상관관계를 정립함으로써 많은 비용과 개발시간이 요구되는 소음시험없이 진동해석만으로 엔진소음을 줄일 수 있도록 연구가 진행되고 있다. 밸브구동계에서도 다이나믹 시뮬레이션을 이용하여 설계 단계에서 가능한 최적설계를 하도록 하여야 하며 이를 위해서는 많은 자료수집과 경험이 필요하다. 실린더 헤드도 연소열에 의해 많은 열부하를 받게 되므로 취약부위(critical section 보통의 경우 흡배기 구멍들의 사이)에서 열적 피로에 의한 파단(thermal fatigue crack)이 자주 발생하는 데 이를 방지하기 위해 설계시 효과적인 냉각을 고려해야 한다. 실린더 헤드 열응력해석에는 실린더블

럭, 그리고 블럭과 헤드간의 가스켓이 실린더 헤드의 열응력에 큰 영향을 주는 경우가 있으므로 좋은 해석 결과를 얻기 위해 가스켓을 포함하는 헤드, 블럭 일체의 모델이 사용되기도 하나 아직까지는 상대비교의 의미로서 사용되며 절대값 자체의 의미는 아직도 미약하다고 하겠다.

3.2 엔진 냉각

수냉식을 사용하는 가솔린 엔진에서 냉각수로 빼앗기는 열량은 연료 소모량의 약 1/3에 해당하며 연소시 연소 가스의 최고 온도는 2000~2500℃에 달한다. 이처럼 고온의 연소 가스와 접촉하는 연소실을 일정한 온도 범위 내에 유지시켜주기 위하여 냉각 시스템의 설계는 중요하다. 실제로 냉각 시스템의 용량의 부족에 의하여 과열이 발생시에는 연소실을 형성하는 실린더 블럭, 실린더 헤드, 피스톤, 밸브 등이 열부하에 의하여 변형또는 파괴를 가져오며, 실린더 보어 주위의 유막 파괴를 가져와 피스톤 또는 보어에 scuffing현상을 초래하며, 연소상태의 불량으로 인한 노킹 및 조기점화 등으로 엔진 출력의 저하 엔진 파괴의 원인이 된다. 그러나 이와 반대로 냉각 용량의 과다로 인한 과냉이 발생시에는 연소실 주위의 온도가 감소하여 엔진의 열효율 감소를 초래하여 연료 소비율의 증대를 가져오며, 연료와 오일의 혼합에 따른 오일의 희석으로 인하여 마찰 손실의 증대를 가져온다. 그러므로 엔진 냉각계의 최적 설계를 통하여 엔진 각부위의 온도가 금속 재질의 한계치 이하에서 일정하게 유지시키는 것을 목적으로 한다. 최근 가솔린 엔진의 성능은 고출력화를 실현하기 위하여 멀티 밸브화 터보의 장착이 늘어나 엔진의 열적 부하의 증대로 인하여 엔진 냉각 시스템의 중요성이 대두되고 있다. 가솔린 엔진 냉각 시스템을 구성하는 요소는 냉각수 펌프, 실린더 블럭 및 헤드의 water jacket, transfer holes, thermostat, radiator 및 팬이 있다. 이 중에서 엔진 냉각시스템의 주요부를 구성하는 냉각

수 펌프, 실린더 블럭 및 헤드부의 water jacket가 transfer hole의 개발 시험에 대하여 기술하겠다.

● Water Pump 성능 시험

엔진 냉각계에 사용하는 원심 펌프의 용량을 측정하여 엔진 냉각계에서 적절한 용량의 water pump를 장착하는 것을 목적으로 한다.

● 냉각계 저항 시험

엔진 냉각계를 구성하는 엔진, thermostat, radiator, throttle body 및 heater의 부품저항과 총냉각 시스템의 저항을 측정하여 냉각계의 총 저항 개선 및 부품 저항개선과 water pump의 작용점(operating point)을 구하는 것을 목적으로 한다.

● 유동 가시화 시험

실린더 헤드의 냉각수 유로를 가시화하여 실린더 블럭에서 헤드로의 냉각수 유로인 transfer hole의 위치와 크기에 따른 냉각수 유동상태를 살펴서 균일한 냉각수 유동을 얻는 것을 목적으로 한다.

● Thermal Survey Test

열적인 부하가 클 것으로 예상되는 부위에 이송이 가능한 열전대와 고정 열전대를 사용하여 gasface 및 금속 온도를 측정하여 연소실을 구성하는 금속의 온도 한계를 검증하며 엔진의 출력과 냉각수, 오일 및 배기가스로 빼앗기는 열량을 측정하여 전반적인 냉각계를 검증하여 실린더 별, 각부위별 온도 변화의 확인 및 개선과 FEM 해석의 경계층 조건 제시를 목적으로 한다.

최근에 개발되는 멀티 밸브 엔진이나 터보차저를 사용하여 고출력을 얻는 엔진들은 열적 부하의 증대로 말미암아 냉각 시스템의 문제가 심각하여지며 이의 해결을 위하여는 냉각계의 저항감소 water pump 성능증대 각 실린더 별 온도 차이의 감소 및 온도 한계의 확인과 냉각 시스템 검증등을 통하여 냉각계의 안정성을 확보 할 수 있다.

3.3 연소 개발

가솔린 엔진의 연소 및 연소특성은 엔진의

거의 모든 인자(H/W & S/W)에 의해서 영향을 받는다. 따라서 초기 개념 설계 단계에서부터 바람직한 특성을 나타낼 수 있게 설계하는 것이 중요하며 이는 축적된 기술 및 경험이 뒷받침되어야 한다. 실제로 연소개발을 위하여 H/W를 수정하고자 할 때 개념 설계시 결정된 H/W의 변경은 불가능하므로 설계 변경 및 제작이 가능한 범위내에서 수정을 가하여 연소특성의 향상을 도모하여야 한다.

연소특성의 향상이라하면 광범위한 말이나 결국은 요구되는 엔진의 성능 즉 출력, 연비 및 배기가스를 만족할 수 있도록 하는 것이라 할 수 있다. 따라서 엔진 개발 과정 중에서 항상 이 세가지 성능이 H/W의 변경에 의해서 어떻게 영향을 받는가에 관심을 기울여야 하며 엔진 및 차량개발 전 과정을 통한 지속적인 compromise를 통하여 최종 결론에 도달하여야 한다. 또한 엔진 개발 단계에서의 H/W 변경은 주어진 설계기준치(최대 연소 압력, 재질 특성등) 및 차량 레이아웃시 정해지는 범위 내에서 이루어져야 하며 차량 상태에서의 주행성능 및 배기가스 등에 미칠 영향도 고려가 되어야 한다.

실제 변경 가능한 H/W는 압축비, 연소실 형상(squish area 등) 및 밸브 타이밍 등이며 제어 인자로는 공연비, 점화시기, 연료분사시기 및 EGR 를 등이다.

이러한 항목의 변경시 토오크, 연료소모량, 배기가스, 배기온도, 연소압력 등의 측정이 수행되어야 한다. 이 측정 결과를 통하여 엔진의 연소상태에 대한 판단이 가능하며 실제로는 반복시험 및 H/W 조합에 의한 시험이 수행되어야 한다. 동시에 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 연소 상태의 해석 및 예측이 뒷받침되면 개발기간의 단축 측정결과의 해석에 도움을 줄 수 있게 된다. 기본적인 시험의 종류는 표 1과 같다.

한편 전자제어기술의 발달과 더불어 연비 개선 및 배기가스 저감을 위하여 희박연소 시스템을 채택한 가솔린 엔진의 개발 및 대체 연료

표 1 기본적인 시험의 종류

| 항 목 | 시험 및 측정항목 |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Base 엔진 | -기본성능 시험 전개 성능 및 부분부하 성능시험 -공연비배분 점검 시험(A/F distribution test) -공연비 및 점화진각 변경 시험 |
| 압축비 변경 시험 | -전개성능 시험 (토크, 연비, 배기온도) -부분부하 성능 시험 (배기가스, 연비, 배기온도) -점화진각 sensitivity 시험 -연소압력 측정 |
| 밸브 타이밍 변경 시험 | -전개성능 시험 (토크, 연비, 배기온도) -부분부하 성능시험 (배기가스, 연비, 배기온도) |
| 연소실형상 변경 시험 | -전개 성능 시험 (토크, 연비, 배기온도) -부분부하 성능시험 (배기가스, 연비, 배기온도) |

로서의 메탄올 엔진의 개발 등이 여러 자동차 메이커들에 의해 행해지고 있다.

3.4 엔진 진동·소음

엔진은 자동차에서 가장 중요한 소음 진동원으로 차실내 외로의 전달을 줄이도록 적절한 mounting system 도입 및 shielding이 중요할 뿐 아니라 엔진 자체의 소음 진동을 감소시키는 것도 중요하다. 엔진 진동 소음 발생 기구를 살펴보면 연소소음, 기계적 소음 및 흡배기 소음으로 나누어지며 이들이 복합적으로 작용하여 소음 진동을 야기시킨다. 연소 소음은 엔진크기(주로 bore), 속도, 연소시스템, 연소압력 및 점화시기 변화에 영향을 받으며, 기계적 소음은 연소에너지가 피스톤, 커넥팅로드, 크랭크샤프트 밸브기구로 전달되어 이들의 운동에 의해 발생되며 엔진 구조를 통해 외부로 방사되고, 흡배기 기구는 공기 및 연소가스의 유동에 따른 흡배기 소음을 유발한다. 엔진의 진동 소음저감을 위하여 설계 단계에서도 근사

적인 해석방법을 통하여 houg 위치를 설정하는 방법도 사용되고 있다. 자동차에서 소음 진동은 법규에서 drive by test 시 외부로 전달되는 소음으로 규제를 하고 실내소음 진동은 자동차 각사의 상품 전략에 따라 자체적으로 판단을 하고 있으며 품질을 좌우하게 된다. 엔진 소음 진동의 평가는 차실 내외의 소음 평가 기준에 따라 일반적으로 자체의 소음 감소량을 감안하여 정하거나 동급 엔진과 비교 시험을 통해 정하기도 한다. 엔진 소음 시험은 ISO 추천에 따라 자유 음장 조건을 만족시키는 무향실이나 open space에서 엔진으로부터 1m 위치에서 측정을 한다. 가능하면 전부하, 속도영역에서 noise map을 작성하여 공진동에 의한 이상음 발생유무를 확인하고 주요한 속도 부하 영역에서 최고 소음치로서 평가를 한다. 이때 크랭크샤프트 비틀림 진동 및 주요부분의 진동 결과를 측정해두며 추후 문제 발생시 대책 수립에 유용하게 이용될 수 있다. 또한 주요운전 영역에서 lead covering 방법 sound intensity

측정법 등을 통해 순위를 정하여 각 부위의 소음 기여도를 평가하고 소음 감소를 위해 보완할 부위를 정한다. 배기소음은 실제 배기계를 장착하여 도출구에서 45° 방향으로 50cm 떨어진 곳에서 측정하여 평가한다. 엔진 소음 진동 감소 대책은 구조변경, 덤핑재질 선정, 흡배기 소음기 적용 방법이 있으며 실험적 모드 해석, 유한요소해석, 진동 소음 시뮬레이션등을 통해 정확한 원인 규명을 하여 시행 착오를 줄여야 한다. 엔진 소음 진동은 성능 및 배기가스 규제와는 상충적인 관계를 가지므로 문제 발생시 대책 수립도 중요하지만 설계 단계에서부터 저소음·경량화가 가능하도록 여러 방법의 도입이 필요하다.

3.5 엔진 윤활 마멸

현재까지 내연기관이 발전해온 과정을 보면 힘을 얻는 방법에서 힘을 전달하는 기구의 변형까지 여러 형태의 시도가 이루어져 왔고 현재도 진행중에 있지만 그 모든것이 실용화 과정에서 실패한 가장 큰 이유중의 하나가 윤활(tribology)상의 난점에 있다. 그만큼 미끄럼 운동을 하는 물체의 mechanical, physical, chemical, metallurgical 한 부분의 해석과 응용은 어렵고 또한 연구 가치가 무궁무진하다고 할 수 있다. 엔진이 탄생된 이래 효율 및 수명을 증가시키기 위한 방법으로 가장 염두에 두었던 부분이 윤활이었다. 즉 운동하는 물체에는 마찰이 생기고 이것은 열적, 물리적 현상으로 마모를 촉진시켜 효율 및 수명에 치명적인 해를 입히기 때문이다. 현재 엔진이 고출력화 경량화되고 효율 극대화가 요구되는 추세이기 때문에 엔진윤활에 대한 연구는 더욱 증가되고 있는 현실이다. 현재 진행중인 엔진윤활의 연구 부분을 열거해 보면

- (1) Bearing oil film analysis를 통한 크랭크축 및 베어링 설계
- (2) 피스톤 및 ring motion analysis와 oil film analysis를 통한 설계 및 오일소모, 블로우바이 저감 대책

- (3) 캠 및 밸브 구동계의 elasto hydrodynamic 윤활 및 마멸 해석
- (4) Mechanical linkage system을 이용한 피스톤 베어링의 온도, 유막 측정
- (5) 각종 시일의 동적 특성 연구
- (6) Pumping loss를 포함한 엔진구동 부위의 마찰절감 연구
- (7) 엔진내 sludge 형성을 줄이기 위한 crankcase ventilation 향상 방법
- (8) Oil pump, hydro tappet 등 oil system 개선
- (9) 오일 내에 함유된 마멸 성분 분석을 통한 엔진 wear mechanism 현상 파악과 condition monitoring 기법 개발
- (10) 윤활유 소모 및 블로우바이에 미치는 영향
- (11) 윤활유가 유해배출물에 미치는 영향
- (12) 윤활유 특성이 마찰, 마멸에 미치는 영향 이상의 항목들은 맞기도 많은 부분이 시험을 통하여 확인 및 개선되고 있으나 이러한 윤활, 마멸시험은 시간과 비용이 많이 드는 까닭에 엔진개발기간에 중요한 변수로 작용하는 경우가 많이 있으며 이의 해결을 위하여는 좀 더 해석적인 한 방법이 도입되어야 할 것으로 보여진다.

3.6 전자제어 기술

유해배출물 규제가 강화되고 차량의 성능이 향상되면서 전자제어의 비중이 급격하게 늘어나고 있다. 예전에 사용되던 기계식 기화기의 결점들(배기가스의 제어기능 미약, 느린 response, 연비 및 출력의 열세 등)을 보완하기 위한 자동차용 EFI 시스템은 컴퓨터 기술이 발달하면서 여러가지의 파라미터 제어용으로 사용된다. 즉 연료분사량제어, 점화시기제어, knock 제어 그리고 학습제어와 자기진단 기능까지 포함되고 있다. 이러한 제어를 하기 위하여는 공기량 검출 센서, O₂ 센서, crank position 센서, throttle position 센서, 압력 센서, 온도 센서, knock 센서 등 많은 센서와 actuator들이 필요하며 이러한 신호들을 효율

적으로 처리하고 제어하는 S/W가 계속적으로 발전되고 있다. 현재 자동차업계에서는 이러한 전자제어 분야가 상당히 낙후되어 있어 거의 대부분의 개발(S/W와 H/W)이 외국 기술에 의존하고 있다. 이런 기술의 대외 의존도를 줄이기 위하여 많은 노력을 기울이고 있으나 앞으로 상당기간 동안은 이의 해결이 낙관하기 어려워 보인다.

3.7 재료·기술

현재의 엔진 부품 재료는 아직도 거의 대부분 금속 재료의 범위에 국한되어지고 있다. 소결 제품의 사용이 늘어나는 추세이며 경량화와 소음 저감의 목적으로 플라스틱 등이 서서히 사용되기 시작하고 있다. Plastic rocker cover는 소음 저감의 효과가 탁월하며(약 2~4dB) 무게 또한 절감된다. 또한 intake plenum chamber나 흡기관 등도 플라스틱화되는 추세이다.

일부 회사에서는 복합재료로 커넥팅로드를 제작하려고 노력하고 있으며 rocker pad에 세라믹을 사용하려고 시도하고 있다. 세라믹의 사용도 일부 디젤 기관에 실용화되고 있으나 아직도 pre-chamber나 glow plug 등에 국한된다. 혼다와 같은 회사에서는 오래전부터 알루미늄 실린더블록을 양산 엔진에 사용하고 있으나 이 또한 국내업체에서는 주조 기술·응력해석·열전달 해석 능력등의 부족으로 사용되지 못하고 있다. 앞으로도 엔진의 재료는 주로 내열, 경량화 할 수 있는 소재를 중심으로 개발되어질 전망이다.

3.8 흡 배기계 개발

다기통 기관에서의 전부하 및 부분부하 토오크의 향상을 위하여 흡배기계에서 고려되어야 할 사항은 흡배기계의 유동 저항과 맥동에 의한 tuning effect이다. 특히 MPI 엔진에서는 혼합기의 거동을 중시하는 기화기 방식이나 SPI 엔진과는 달리 유동저항 감소와 Tuning effect를 중시하는 흡기계를 가능케 한다. 일

반적으로 흡기다기관을 통하여 유입되는 공기의 흐름은 다음 2가지의 현상에 의하여 일어난다.

●관성효과

흡기밸브가 열린 동안에 가속된 흡기다기관 내의 가스는 밸브가 닫힐 때 호오트에서의 압력 상승을 유발하면서 역류를 발생시키지 않고 흡입량을 상승시킨다.

●맥동효과

흡입기간에 마지막에 흡기관의 개방단에서 반사되어 돌아온 정압파가 동조되면서 압력이 상승하여 흡입량을 증가시킨다. 위와 같은 현상에 영향을 미치는 흡기계 내의 인자는 흡기관(ram pipe), 서지 탱크, throttle valve diameter 등이며 이들 인자에 의해 그림 2에서와 같이 토오크 및 (체적효율) 곡선상에 2개의 peak 점 (N1, N2)이 생긴다. 이와 같이 tuning effect는 흡 배기관의 길이 및 면적과 서지탱크 체적에 의해 결정되는 특정 기관회전 속도에서 토오크를 현저히 향상시키므로 이들 인자에 대한 최적화에 의해서 설계자가 원하는 토오크 선도를 얻게 된다. 특히 배기 시스템에서는 위의 인자외에 주 배기 파이프를 하나로 연결해 주는 secondary pipe 길이도 성능에 중요한 영향을 주므로 이에 대한 최적설계도 고려되어야 하며, 다음과 같은 방법들이 이용되고 있다.

(1) 수치 해석

흡배기내의 가스 유동장을 지배 방정식으로부터 경계조건(인자)을 적당히 변화시키면서 최적 상태를 얻을 수 있도록 컴퓨터를 이용 유

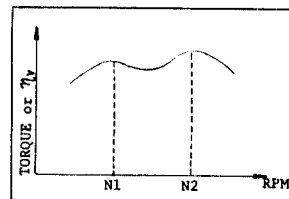


그림 2 튜닝 결과

동장을 묘사하는 방법으로 시간과 경비 저감을 얻을 수 있어 개념 설계 단계에서 많이 사용되고 있으며 1차 절삭 오차를 갖는 특성곡선법 및 2차 절삭 오차를 갖는 유한차분(lax-wendroff method) 등이 있다.

(2) Semi-empirical Analysis

Tuning RPM $\propto \frac{A}{LV}$ 의 관계를 이용하여 간단히 계산하는 방법으로 이에는 helmholtz 공명이론 및 regression modelling등이 있으며 일반적으로 기존 엔진의 대략적인 보정 개발 방향 설정에 많은 도움을 주고 있다.

현재 흡기계의 개발로는 전 기관속도영역에 걸쳐 tuning effect를 고려해 주기 위해 흡기관 길이를 다변화 시킬 수 있는 VIS(variable induction system)가 진행중에 있으며 기관회전속도, 부하에 따라 밸브 타이밍 및 리프트를 조정할 수 있는 기구(VVT, VTEC)등이 외국의 타사 엔진에 적용되고 있다.

4. 맺음말

한국의 자동차산업계는 미국자동차 수입시장에서 상당한 위치를 점할 정도로 양적인 성장을 하였고 특히 현대자동차의 엑셀의 경우는 계속적으로 수위를 유지함으로써 미국 선진자동차 회사의 팔목상대가 되었다. 그러나 핵심 기술인 엔진분야에 있어선 거의 외국 기술에 의존해 왔던 것이 사실이고 이에 따른 기술도입비로 인한 원가 상승을 감수해야 했고 신제품 계획입안시에 자동차 회사의 독자성을 발휘할 수 있는 자유도에 많은 제약이 있었다는 것도 부인할 수 없으며, 이와 함께 독자기술 특히 엔진분야에서의 기술자립에 대한 필연적 요구가 계속적으로 증대되어 왔다. 이러한 상황에서 현대 자동차가 1984년부터 약 500억원의 개발비를 투입하여 국내 최초로 고유모델의 고성능 저공해 승용차용 엔진 개발에 성공하여

현재 생산 준비중에 있다고 하는 것은 큰 의미를 갖는다고 볼 수 있다. 이 엔진개발 과정에서 경험적으로 부각된 사항을 두가지만 강조함으로써 결론을 맺고자 한다.

첫째, 엔진개발은 종합적, 연역적 연구 개발의 특성을 가짐으로 해서 개발후 즉 5년 정도 후의 상품성 및 경쟁력 등을 고려하여 초기 기획 단계에서의 명확한 개념 설정이 매우 중요하다. 즉, 탑재 대상차종 및 제원, 생산규모, 양산요구 시점, engine room layout 개념, 가격, 대상시장, 각종법규, 선진기술 동향 및 추세, 부품 및 시스템의 특허 관계 등에 대한 사전 검토가 충분히 고려되어야 한다. 특히 개발 과정에서 부품 기술 측면에서 사내, 국내 및 해외로부터의 기술지원 가능성을 사전에 고려해두어야 하며, 중요 부품에 있어서는 어떤 부품업체를 선정하느냐에 따라 개발기간에 영향을 줄 수도 있다는 점도 염두에 두지 않으면 안된다.

둘째 : 개발 일정단축과 경제적인 개발을 위해서는 기초적인 해석 능력과 개발경험을 통한 기술축적이 확보 되어야 한다는 점이다. 엔진 각 부품 및 각종 성능에 대한 예측·분석 능력이 확보되지 않은 상태에서, 각각의 시험사양에 대하여 시작, 실험, 실측에 의한 결정의 방법을 취해야 한다면 빈번한 사양 변경과 함께 시작품 대수 및 제작기간이 늘어나게 되며 필연적으로 개발 기간이 연장되어 급기야는 상품화의 적기를 놓칠 수도 있는 것이다. 특히 다음의 항목은 기초적인 분석 능력과 경험축적이 필수적이라 하겠다.

- 기초 연소 해석 능력 및 기계적 응력
- 3차원 열전달 및 유동해석
- 기계적 응력 및 열응력 해석
- 진동 및 소음 개발
- 전자제어 이론 및 S/W 개발
- 열처리 및 소결 주요 분야

