



자동차 일반과 손상(1)

공군사관학교
교수 강석춘

1. 서론

현재 우리는 자동차 문명속에 살고 있으며 하루도 자동차를 떠나서는 생활할 수 없다. 따라서 보다 많은 자동차에 관련된 지식을 갖는 것은 우리가 자기 몸에 관하여 많이 알수록 그만큼 건강한 생활을 할 수 있는 것처럼 일상생활에 많은 도움을 얻을 것이며 문제 발생을 사전에 예방 및 해결할 수 있을 것이다.

자동차는 3-4만 개의 부품 집합체이기 때문에 이를 소유하고 이용하는데는 작동상에 항상 크고 작은 문제를 일으키게 된다. 그것은 때때로 자동차의 편리함에 반해 많은 시간과 비용을 요구하기도 하고 신체적인 상해를 유발할 수가 있으므로 주요 구성과 그 기능을 잘 알 필요가 있다. 문제의 형태는 여러가지가 있으나 그중에 사용에 따른 자연적인 손상은 대부분이 부품의 마찰과 마모에 의해 기인하고 있다.

앞으로 몇 차례에 걸쳐서 자동차에 관련된 기본 지식과 함께 윤활, 마찰과 마모를 총칭하는 tribology 분야가 자동차에 관련된 주요 부분과 기능을 살펴보고 그에 관련된 고장과 그 원인을 살펴보고자 한다.

1.1 자동차의 역사

인류가 최초 직립보행을 시작하면서부터 사람의 신체나 무거운 짐을 운반하기 위해 바퀴를 사용한 수레나 굴림대를 만든 것은 극히 오랜 역사를 가지고 있으며, 현재와 같은 내연기관이 발명되기 이전에는 인력, 풍력(風力), 증력, 태엽(spring), 증기기관, 로켓추진 증기 등을 자동차

의 주된 동력원으로 이용하였다.

태엽스프링을 이용한 자동차는 16세기 다빈치(Leonardo da Vinci)가 고안하였고, 같은 시대의 발투리오(Roberto Valturio)가 풍차에 의해 차축을 구동하는 풍력자동차를 만들었다.

영국의 산업혁명의 발단이 된지 얼마 안되어 프랑스의 큐노(Nicholas Joseph Cugnot)는 1769~71년에 걸쳐 포차(砲車) 견인용 증기 3륜차를 완성했다.(그림1)

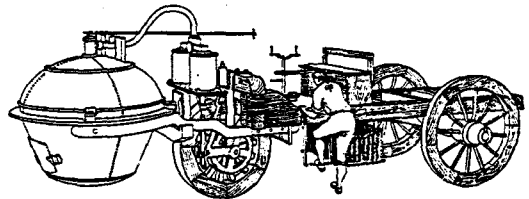


그림1 큐노의 역사 제1호 증기 자동차

1805년에는 리바스(Isaac de Rivaz)에 의해 내연기관을 원동기로 하는 자동차가 제작되었으며, 1858년 이탈리아의 발산티(Eugenio Barsanti)와 마테우치(Felice Matteucci)도 석탄 가스를 이용한 내연기관 제작에 성공했다.

1839년에는 영국의 앤더슨(Anderson)은 전기 자동차를 제작하여, 1899년에는 프랑스의 제나찌(Camille Jenatgy)에 의해 105km/h의 기록을 냈으나, 1회 충전으로 연속 주행하는 거리가 짧았기 때문에 전기자동차의 역사는 극히 짧았다.

1876년에는 독일의 오토(Nikolaus. A.Otto)가 현재 사용되는 4사이클 기관의 시초인 4사이클

가스기관을 개발하였다.

그리고 5년 후인 1881년에는 영국의 클러크(Dugald Clerk)가 2사이클 기관을 개발하였다.

1885년에 독일의 다임러(Gottlieb Daimler)는 이와 같은 가솔린 기관을 처음으로 자동차에 장치하여 주행하였으며(그림2), 그 1년 후에는 독일의 벤츠(Karl Benz)가 가솔린 기관을 장치한 3륜자동차를 제작하였다.

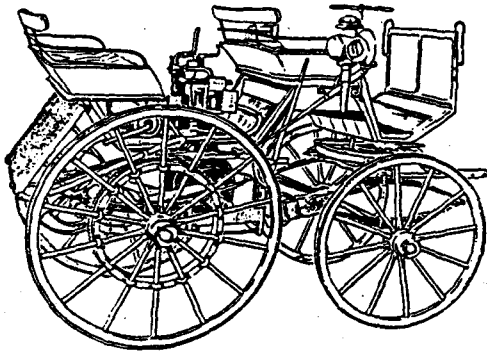


그림2 다임러의 가솔린 자동차

1893년에는 독일의 디젤(Rudolf Diesel)이 카르노(Nicholas Leonard Sadi Carnot)의 열역학을 기초로 한 디젤기관을 발명하여 특허를 얻었다.

이러한 디젤기관은 1923년 다임러 벤츠에 의해 트럭이나 버스용으로 쓰이기 시작했다.

1950년에는 영국의 로버가 가스 터빈차를 제작하였으며, 1959년에 서독의 USN사와 반켈사는 1로터의 로터리 기관을 공동 개발하였다.

국내에서는 1963년 신성호가 승용차 생산을 시초로 하여 각 메이커별로 다양한 차종이 만들어지고 현재는 세계 각국으로 수출하기까지에 이르렀다.

1.2 자동차의 기본구조

자동차의 주요 구성부분을 크게 나누면 보디와 새시로 구분할 수 있다.

1. 보디(body)

보디는 사람이나 화물을 싣는 부분이며, 자동차의 외피(外皮)에 해당된다. 그 모양은 승용차, 버스, 화물차 등 그 용도에 따라 다르다. 그림

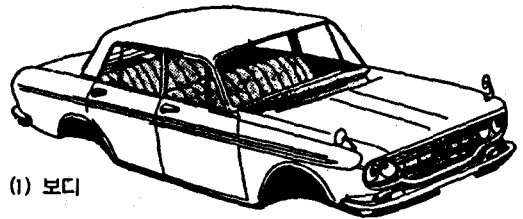
3(1)과 같은 승용차의 보디는 차실, 기관실(engine room), 트렁크(trunk)등으로 구성되어 있다.

최근의 승용차에는 보디의 지붕, 옆판 및 바닥이 일체로 되어 1개의 상자로서 튼튼하고 가벼운 구조로 된 모노콕 보디(monocoque body or frameless body)를 많이 쓰고 있다.

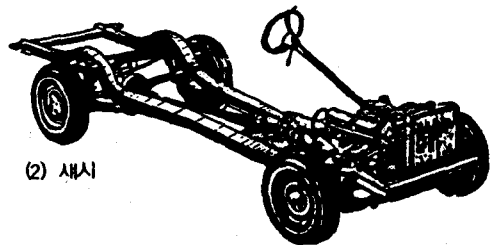
이것은 보디 자체가 프레임의 역할을 하며, 여기에 새시의 각 장치가 결합된다.

2. 새시(chassis)

새시는 그림 4와 5같이 자동차의 보디를 제외한 나머지 부분을 말하며 주행의 원동력이 되는 기관을 비롯하여 동력전달장치, 조향장치, 제동장치, 현가장치, 주행장치 등 주요장치로 구성된다.



(1) 보디



(2) 새시

그림3. 보디와 새시

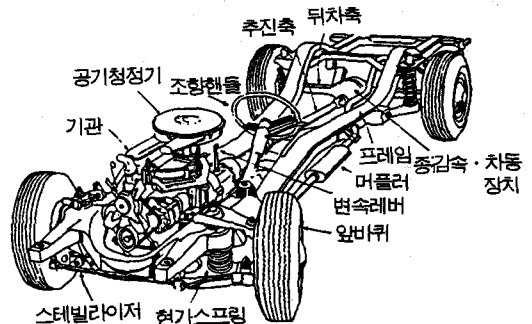


그림4. 새시의 구성도(후륜구동차)

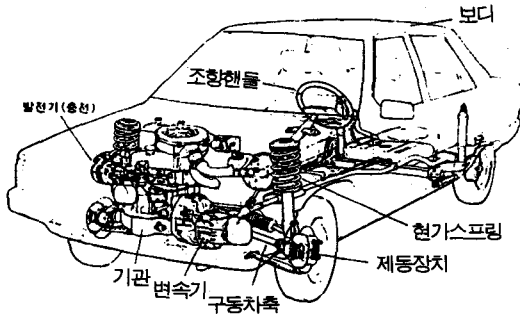


그림5 새시·보디의 구성도(전륜구동차)

A. 기관(동력발생장치)

기관(engine)은 자동차가 주행하는 데 필요한 동력을 발생시키는 장치이며, 자동차용 기관으로는 가솔린기관, 디젤기관, LP가스기관 등을 많이 쓰고 있다. 기관은 기관본체와 윤활, 연료, 냉각, 흡배기, 시동, 점화 등 여러 부속장치로 구성되어 있다.

B. 동력전달장치

동력전달장치는 기관에서 발생한 동력을 구동바퀴까지 전달하는 일련의 장치를 말하며, 클러치, 변속기, 추진축, 종감속기어, 차축 등으로 구성되어 있다.

C. 조향장치

조향장치는 자동차의 진행방향을 바꾸기 위한 장치이며, 보통 조향핸들을 돌려서 앞바퀴를 조향한다.

D. 현가장치

자동차가 주행할 때 노면(路面)에서 받는 진동이나 충격을 흡수하기 위해 프레임과 차축 사이에 완충장치를 설치하여 승차감을 좋게 하고, 또 자동차 각 부분의 손상을 방지한다.

E. 제동장치

제동장치는 주행하는 자동차를 정지시키거나 감속하고, 또 주차를 확실하게 하는 장치이다. 브레이크 장치는 마찰을 이용한 마찰 브레이크를 사용한다.

f. 타이어와 바퀴

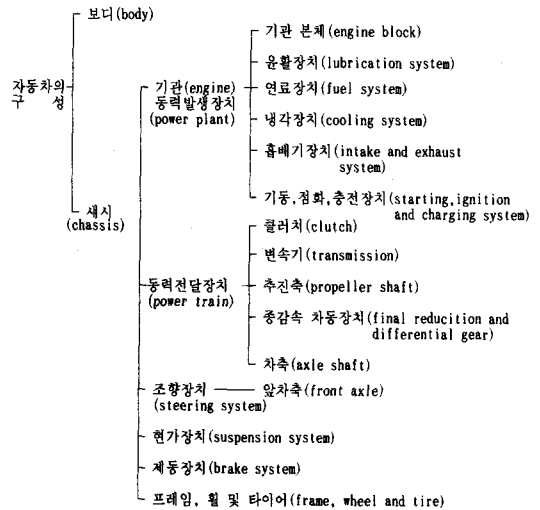
타이어와 바퀴는 하중의 부담, 완충, 구동력과 제동력 등 주행시에 발생하는 여러 응력에 견디는 구조로 되어 있다.

G. 장비품

자동차의 안전한 운행을 위해서 위의 장치외에 조명이나 신호를 위한 등화류, 차량의 속도나 기관의 운전 상태를 알리는 기계류, 경음기, 윈드 시일드 와이퍼 등이 장치되어 있다.

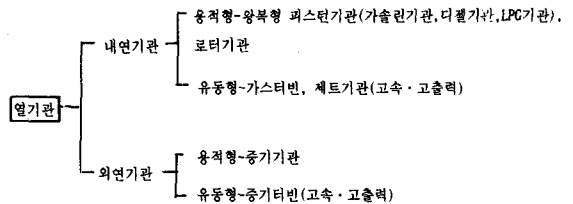
자동차의 구조를 장치별로 요약하면 표 1과 같다.

표1 자동차의 구성



1.3 열기관일반

열기관(heat engine)은 연료의 연소(혹은 기타의 열원)에서 얻어지는 열에너지를 운동에너지로 바꾸어 기계적인 일을 하는 기계이다. 열기관은 크게 외연기관과 내연기관으로 분류한다(그림6).



(1) 외연기관(external combustion engine)

외연기관은 연료의 연소를 실린더 밖에서 하는 것으로 증기기관이나 증기터빈이 이에 속한다. 외연기관은 연료의 연소가 외부에서 이루어지기 때문에 사용되는 연료가 고체연료를 비롯해서 그

범위가 매우 넓다. 그러나 연료의 취급이나 기관 양의 중량면에서 자동차에 사용하기에는 적합하지 않다.

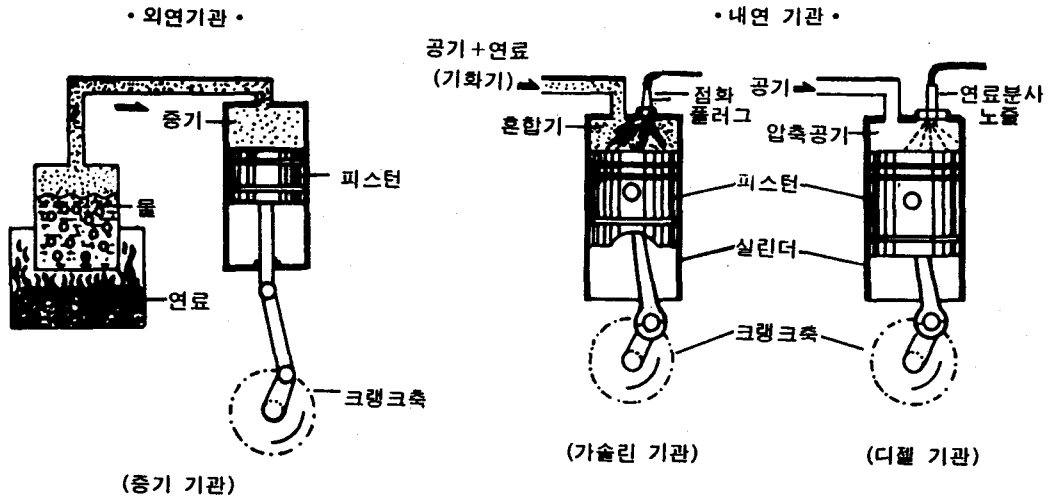


그림6 열기관(heat engine)

(2) 내연기관(internal combustion engine)

내연기관은 실린더의 내부에서 연소가 이루어지며, 연료 자체가 보유한 화학적 에너지를 연소에 의해 열에너지로 바꾸어 그 연소가스가 팽창

할 때의 압력을 직접 이용한 것이다. 이에 속하는 기관으로는 가솔린기관, 디젤기관, LPG기관, 로터리기관, 가스터빈, 제트기관(그림7) 등이 있고 각 기관의 실 열효율은 표2와 같다.

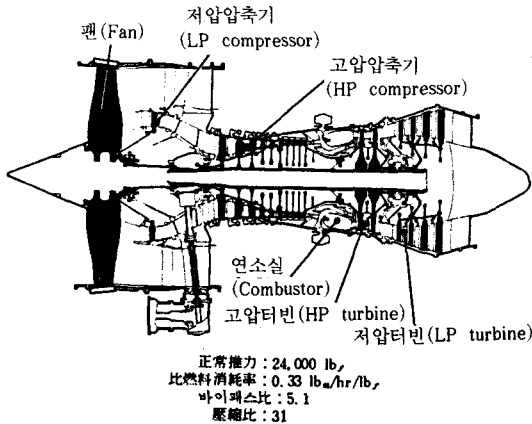
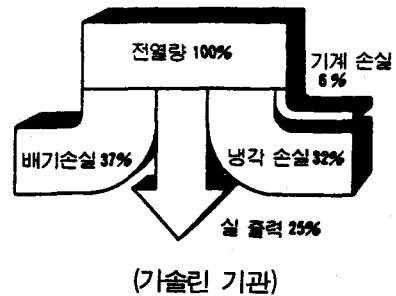


그림7 제트기관(Jet engine)

표2 기관의 실 열효율

기관의 종류	실 열효율
증기 기관	6~29%
가스 기관	20~22%
가솔린 기관	25~28%
가스 터어빈	25~28%
디젤 기관	30~38%

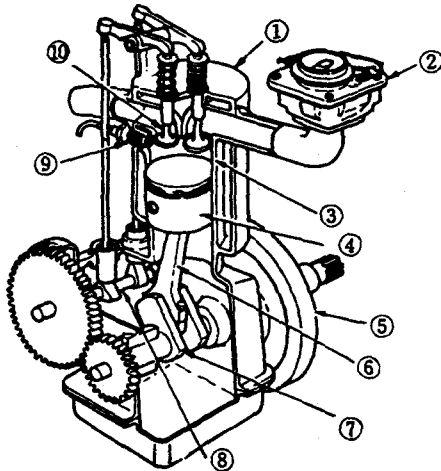


(가솔린 기관)

(3) 자동차용 기관

자동차에 사용되는 기관(engine)은 거의 대부분이 피스톤 왕복형기관(reciprocating engine)이다. 자동차용 기관은 여러 가지 여건이나 환경 등에 따라 기계적으로 요구되는 많은 요건을 갖추어야 하며, 다음의 사항이 만족되는 기관의 설계가 요구된다.

- ① 안전도와 신뢰도가 높고 고장이 적을 것
- ② 마력당 기관의 중량과 부피가 적을 것
- ③ 연료의 연소시 인체에 유해한 배기가스 발생이 최소화되게 할 것
- ④ 기관의 구조가 다루기 쉽고 편리할 것
- ⑤ 연료의 취급이 쉽고 소비가 적으며 화재의 위험이 적을 것
- ⑥ 반영구적이며 진동이 적고 소음이 없을 것
- ⑦ 여러 가지 운전상황에 대응할 수 있도록 원활한 출력과 넓은 회전속도의 범위를 갖출 것
- ⑧ 다량 생산이 가능하며 제작비가 싸 것



- ① 실린더 헤드(cylinder head)
- ② 기화기(carburetor)
- ③ 실린더(cylinder)
- ④ 피스톤(piston)
- ⑤ 플라이 휠(fly wheel)
- ⑥ 커넥팅 로드(connecting rod)
- ⑦ 크랭크 축(crank shaft)
- ⑧ 캠축(cam shaft)
- ⑨ 점화 플러그(spark plug)
- ⑩ 밸브(valve)

그림8 가솔린 기관

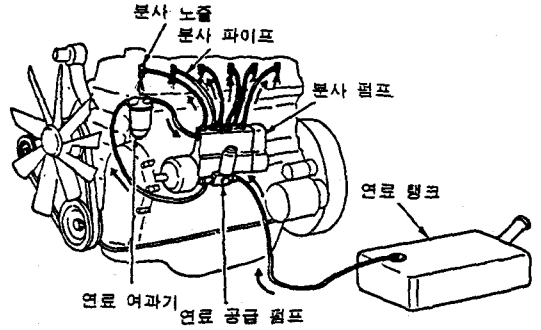


그림9 디젤기관의 구조

표3. 가솔린기관과 디젤기관의 비교

구 분	가솔린기관	디젤기관
압 속 비	7~11:1	15~22:1
압 속 압 려	7~11kg/cm ²	35~45kg/cm ²
폭 발 압 려	35~50kg/cm ²	60~90kg/cm ² (무과급식) 100~140kg/cm ² (과급식)
점 화 방 식	전기불꽃 점화	압축열에 의한 자기착화
연 소 실	간단하다	복잡하다
열 효 율	25~32%	30~40%
마력당 기관의 무게	1.0~3.5kg/ps	3.0~5.0kg/ps
연료 소비율	200~280g/ps·h	160~225g/ps·h
실린더의 지름	60~110mm(160mm이하)	70~185mm(제한을 받지 않는다)
연료 공급	기화기(인젝터)로 혼합기공급	분사노즐로 분사
작동소음·진동	작 다	크 다

1.4 내연 기관의 분류

내연기관을 작동방식, 연소방식, 냉각방식 등에 따라 분류하면 다음과 같다.

(1) 작동방식에 의한 분류

1) 4사이클 기관(4 stroke cycle engine)

4사이클 기관은 흡입, 압축, 연소, 배기의 1사이클을 크랭크축의 2회전, 즉 피스톤의 4행정으로 하는 기관이다.

2) 2사이클 기관(2 stroke cycle engine)

2사이클 기관은 소기, 압축, 연소, 배기의 1사이클을 크랭크축의 1회전, 즉 피스톤의 2행정으로 하는 기관이다.

(2) 점화 또는 착화 방식에 의한 분류

① 불꽃 점화식: 가솔린기관과 같이 혼합기를 전기 스파크로 연소시키는 것

② 압축 착화식: 디젤기관과 같이 공기만을 압축하여 고온(500~550°C)이 되면 이기에 연료를 분사하여 자연 착화시키는 형식

(3) 연료의 종류 및 공급방식에 의한 분류(그림 10)

내연기관에 사용하는 연료는 가솔린, 등유, 경유, 중유, LP가스 등이 있으며, 이러한 연료를 실린더에 공급하는 방식에 따라 분류하면 다음과 같다.

- ① 기화기식
기화기를 사용하여 공기와 연료의 혼합기를 만들어 공급하는 방식이다.
- ② 분사식 : 분사펌프를 사용하여 흡기 다기관 (EFI)이나 실린더 안에 분사하는 방식이다.

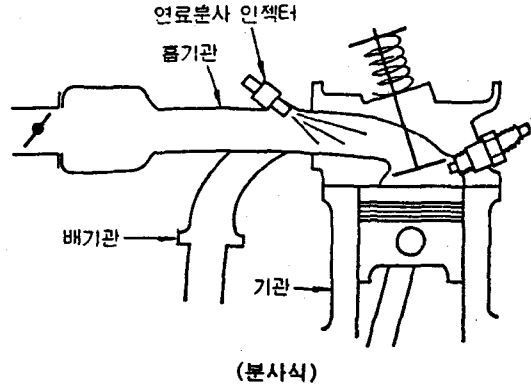
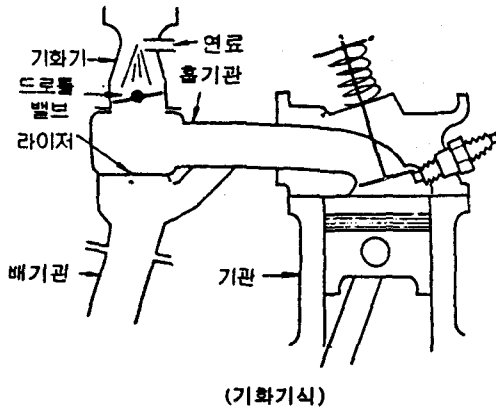


그림10 연료의 공급방법에 의한 분류

(4) 냉각 방식에 의한 분류

1) 수냉식

기관을 냉각하고 그 데워진 물을 방열기로 보내서 냉각하는 방식이며 일반적으로 자동차에 쓰이고 있다.

2) 공냉식

기관을 외기(外氣)로 직접 냉각하는 방식이며 2륜차 등에 쓰이고 있다.

(5) 밸브의 배치와 분류(그림11)

1) SV(side valve)형

실린더의 양쪽 또는 한쪽에 밸브를 설치한 것

으로 현재의 자동차용 기관에는 그다지 쓰지 않는다.

2) OHV(overhead valve)형

밸브를 실린더 헤드에 설치한 것으로 보통의 자동차에 많이 쓰이고 있다.

3) OHC(overhead camshaft)형

밸브 및 캠축을 실린더 헤드에 설치한 것으로 캠축의 수가 1개로 된 것과 흡기용과 배기용의 2개로 된 것이 있다. 2개로 된 것을 DOHC(double overhead camshaft)형이라 한다.

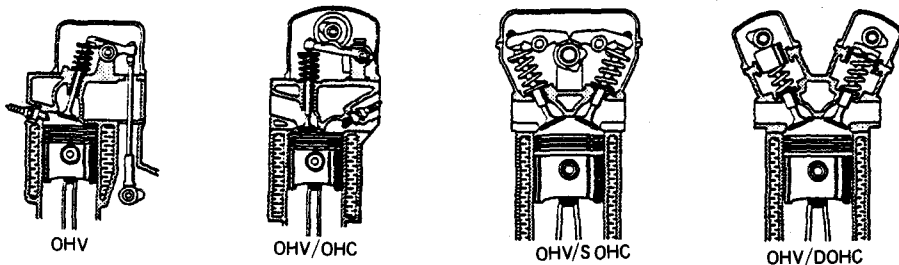


그림11 밸브의 배치에 의한 분류

(6) 실린더의 수 및 배치에 의한 분류(그림12)
 자동차용 기관으로는 2, 4, 6 실린더로 된 것이 많고, 특히 큰 출력이 요구되는 기관에는 8,

12실린더 등을 쓴다.

실린더의 배치에 의해 분류하면 수직형과 수평형, 직렬형, V형, 성형 등이 있다.

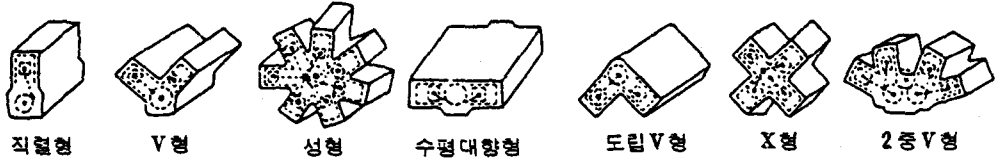


그림12 실린더의 배치에 의한 분류

2. 기관본체

2.1 개요

기관본체는 동력을 발생하는 부분으로 그 모양은 작동방식(4 사이클, 2 사이클), 실린더의 배치(직렬형, 수평형 V형), 냉각방식(수냉, 공냉)에 따라 다르나 기본적인 구조는 거의 동일하다.

기관본체는 실린더 헤드, 실린더 블록, 크랭크 케이스 3부분의 몸체(base)에 피스톤-크랭크축 기구와 밸브기구 등으로 구성된다. 그리고 그 부품을 크게 나누어 정지부품, 운동부품 및 부속장치 등으로 표4와 같이 분류한다.

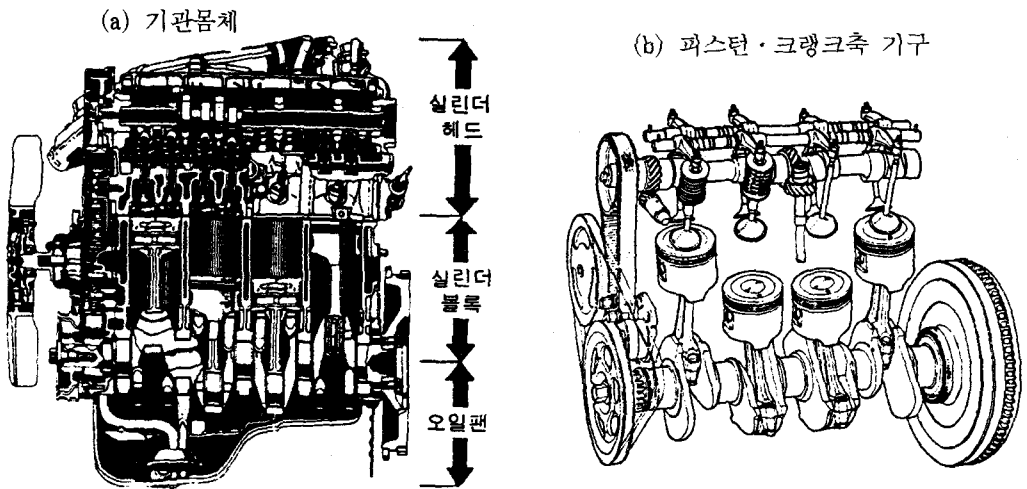


그림13 기관본체의 구조(4실린더 4사이클 기관)

표4 본체의 분류

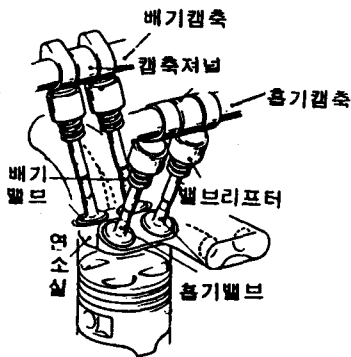
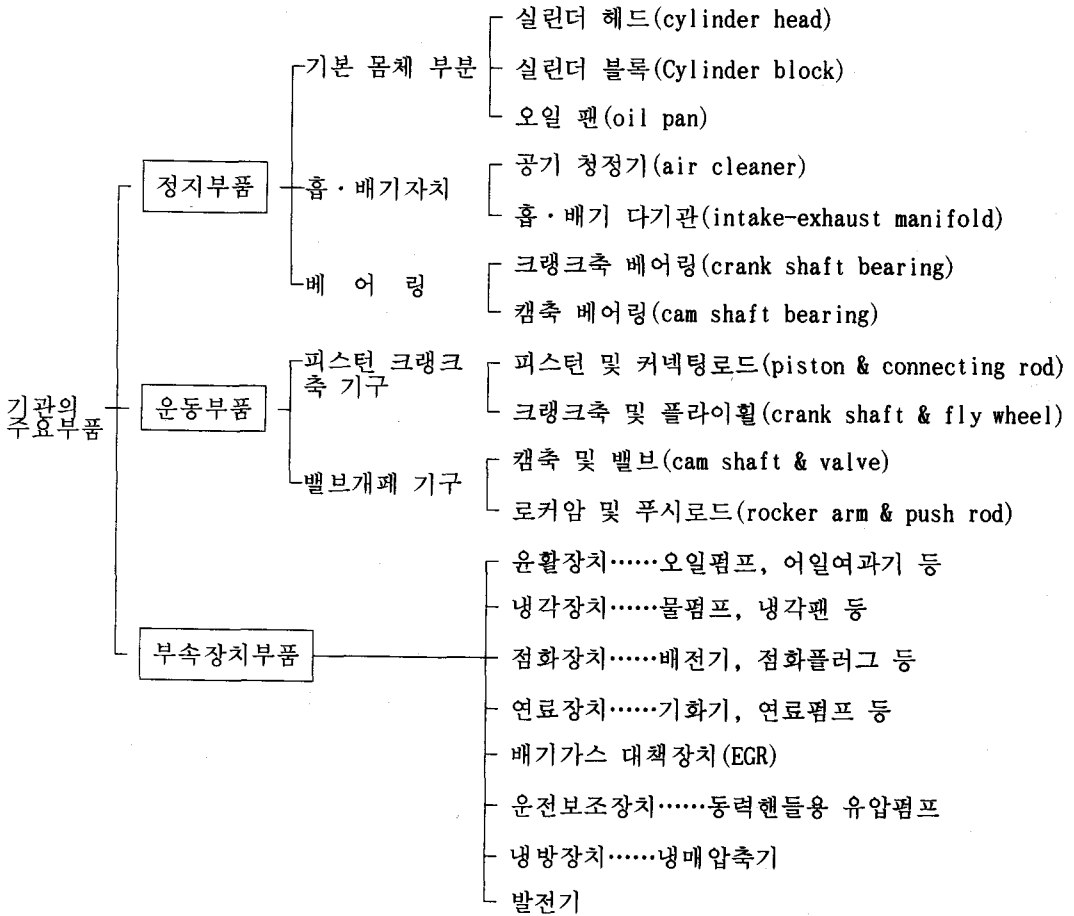


그림14 실린더 4밸브식(DOHC)

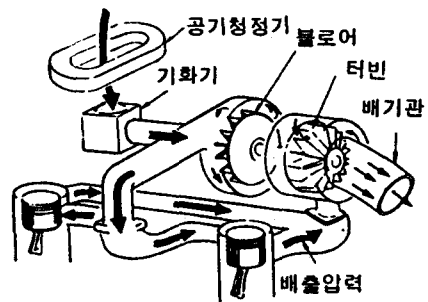


그림15 터보 과급기의 원리도

주) 배기가스 재순환(EGR)장치

EGR장치는 배기가스의 일부를 흡입계통에 재순환시켜 흡기와 혼합시켜서 연소시 최고온도를 낮추어 NO_x(질소산화물)의 발생이 최소가 되게 하는 장치이다. 질소산화물은 NO NO₂ N₂O등의 여러가지 화합물의 총칭으로 NO_x라 하며 자동차 배출가스 중에 함유된 NO_x의 95%이상은 NO이다. NO_x는 연소시의 고온·고압에 의해 공기 중의 질소(N₂)와 산소(O₂)가 반응하여 생긴다. 이것은 눈에 자극을 주고 폐의 기능에 장애를 일으킴과 동시에 광화학 스모그의 원인이 된다.

2.2 피스톤 (piston)

(1) 피스톤의 기능

피스톤은 실린더안을 왕복하며, 동력 행정에서 고온, 고압의 가스 압력을 받아 이것이 커넥팅로드를 통해 크랭크축에 회전력을 발생시키는 일을 한다.

특히, 피스톤 헤드는 고온(2,000°C이상)의 연소가스에 노출되고, 40~60kg/cm²의 압력을 충격적으로 받으며, 실린더 안에서 고속운동(약 20m/

s)을 하기 때문에 실린더 벽과의 사이에 큰 마찰이 생기므로 이러한 악조건에서 그 기능을 충분히 발휘하기 위해서는 다음과 같은 요구조건을 갖추어야 한다.

- ① 폭발가스 압력을 유효하게 이용하고, 어떤 온도 조건에서도 가스가 새지 않는 구조라야 한다.
- ② 실린더 벽과의 마찰을 감소하고 기계적인 손실을 최소로 하기 위해 적당한 윤활을 하는 틈새가 필요하다.
- ③ 실린더 벽을 윤활하는 오일이 연소실 안으로 들어가지 않는 구조라야 한다.
- ④ 열을 받아 재질의 강도가 저하되거나 과열로 인한 이상 연소가 일어나는 것을 방지하기 위해 열전도가 좋고 또한 충분한 강도를 가져야 한다.
- ⑤ 실린더 안에서 고속으로 왕복운동을 하므로 관성에 의한 동력손실을 감소하고, 순응성(順應性)을 좋게 하기 위해 될 수 있는 대로 가벼운 것이 좋다.

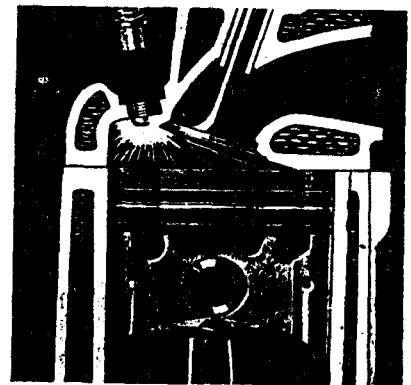
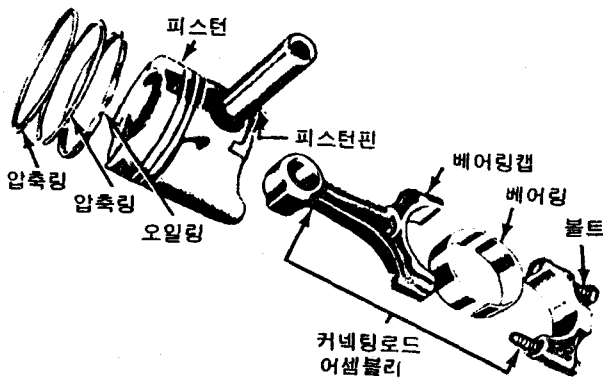


그림16 피스톤의 구조·기능

(2) 피스톤의 구조

일반적으로 피스톤은 그림16과 같은 구조로 되어 있다.

피스톤의 머리부분은 연소실의 일부를 형성하고, 실린더와 같이 고온을 받으나 냉각수나 외기(外氣)로 직접 냉각할 수 없으므로 실린더에 비

해 그 팽창비율이 훨씬 크다. 따라서 피스톤의 설계 치수는 온도의 변화에 따른 팽창을 고려하여 헤드 부분의 지름은 스커트 부분의 지름보다 적게 되어 있다.

2.3 피스톤 링 (piston ring)

피스톤 링의 기능은 압축과 팽창가스에 대해 연소실의 기밀을 유지하고, 팽창가스가 크랭크 케이스로 새는것을 막고 또 피스톤이 받는 열의 대부분을 실린더 벽에 전달한다.

그리고 실린더 벽에 뿌린 오일을 긁어내려 최소한의 유막을 만들고 여분의 오일이 연소실로 들어가서 소비되는 것을 방지한다.

이 가운데 주로 기밀(氣密)을 유지하는데 쓰이는 링을 압축링(compression ring)이라 하고, 오일을 긁어 내리는 작용을 하는 링을 오일링(oil ring)이라 한다.

자동차용 가솔린기관에서는 일반적으로 피스톤에 2개의 압축링과 1~2개의 오일링이 끼어 있다.

그리고 2개의 오일링을 쓰는 경우에는 그중 1개는 스커트 부분에 끼운것도 있다.

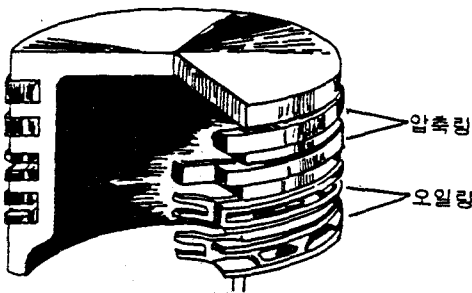


그림17 피스톤 링

(1) 피스톤 링의 모양

피스톤 링의 모양은 안쪽 원(內圓)과 바깥원(外圓)이 동심원으로 되어 있다.

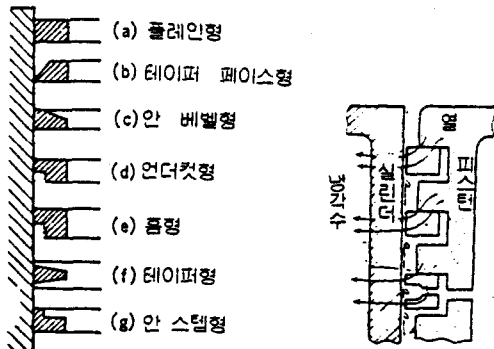
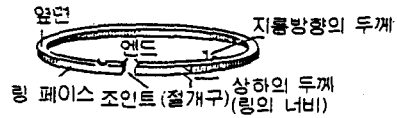


그림18 압축 링의 종류

압축링은 기밀작용 외에 일부 오일을 긁어 내리는 작용도 하므로, 단면 모양은 그림18과 같이 여러 가지로 되어 있다.

(a) 압축링



(b) 오일링

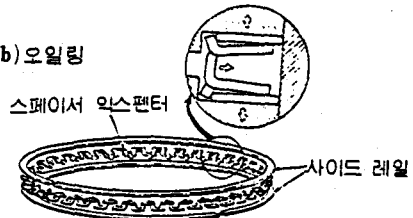


그림19 피스톤 링의 모양

2.4 기관의 베어링

크랭크 축의 저널부분이나 크랭크 핀 부분에 사용하는 베어링은 일반적으로 분할형을 쓰고 캠축의 저널부분의 베어링은 원통형의 삽입식 미끄럼 베어링을 사용한다.

베어링은 그 표면에 적당한 유막을 만들어 동력 행정에서 회전부분이 받는 큰 하중이나 충격을 흡수하고, 또 크랭크축의 회전으로 생기는 고체마찰을 액체마찰로 바꾸어 늘어 붙는것을 방지하며, 접촉면의 마모나 출력의 손실을 적게 한다. 따라서 크랭크축과 베어링 사이에는 적당한 유막을 만들기 위한 틈새(oil clearance)가 필요하다.

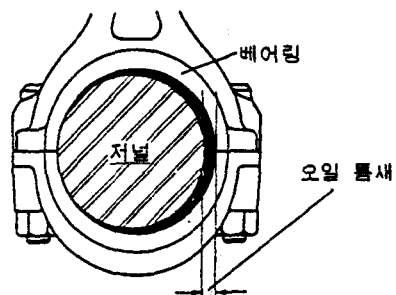


그림20 오일 간극

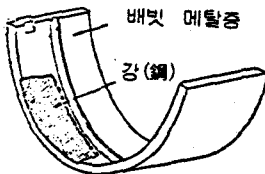
(1) 베어링 메탈의 특성과 재질
베어링 메탈은 사용목적에 따라 여러가지 조건이 요구되는데 요약하면 다음과 같다.

- 늘어 붙지 않는 성질
- 길들임과 매몰성(埋沒性)
- 내부식성
- 내피로성

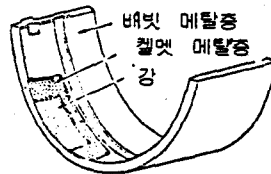
내피로성은 늘어 붙지 않는 성질이나, 길들임 및 매몰성과 상반되는 특성이며, 1종류의 메탈 재료로 여러가지 조건을 충족시키는 것은 없다.

그러나 강관에 베어링 재료를 녹여 붙여 강의 강도를 이용하면 내피로성과 늘어붙지 않는 성질, 길들임 및 쇳가루나 윤활유 속의 이물질 등을 메탈 자체의 속으로 파묻는 매몰성(埋沒性) 등을 좋게 할 수 있다.

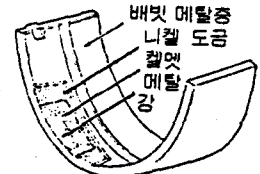
기관 베어링의 재료에는 화이트 메탈(주석 80~90%, 안티몬 3~12%, 구리 3~7%의 표준 조성에 납, 아연등 포함), 켈멧 메탈(구리 60~70% 납 30~40%의 표준 조성), 알루미늄 메탈 등이 있다.



(1) 배빗 메탈



(2) 트리(tri)메탈(3층 메탈)



(3) 4층 메탈

그림21 메탈의 종류와 구조

2.5 밸브 개폐기구

흡기밸브와 배기밸브를 일정한 시기에 정확하게 개폐하는 기구는 타이밍 기어, 밸브 리프터, 푸시로드, 밸브, 로커암 등으로 구성되어 있다.

밸브기구는 사이드 밸브식, 오버헤드 밸브식, 오버헤드 캠축식 등이 있으며 이 가운데 사이드 밸브식은 거의 쓰지 않는다.

(1) 오버헤드 밸브식(over head valve type ; OHV)

오버헤드 밸브식은 그림22와 같이 캠축에서 밸브 리프터를 통해 푸시로드를 밀어주고, 이것이 밸브 로커암의 한쪽 끝을 밀면, 다른 쪽 끝이 밸브 스프링의 힘을 이기고, 밸브 스템엔드를 눌러 내려 밸브를 연다.

여기서 캠이 계속해서 회전하면 밸브 스프링의 힘으로 밸브는 닫힌다.

이 형식은 흡기와 배기의 흐름 저항이 적고, 밸브의 크기와 리프터를 충분히 잡을 수 있으므로, 흡 배기 효율이 좋고, 또 연소실을 간단한 모양으로 만들 수 있으므로 고압축비를 낼 수 있고 노킹이 일어나지 않는다.

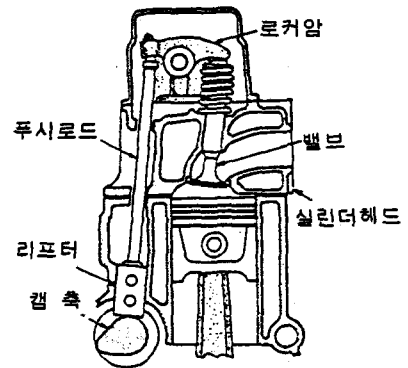


그림22 OHV

(2) 오버헤드 캠축식(over head camshaft type : OHC)

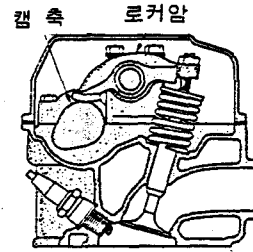
오버헤드 캠축식은 오버헤드 밸브식의 캠축을 그림23과 같이 실린더 헤드 위에 설치하여, 캠이 직접 로커암을 움직이는 방식이며, 크랭크축에서 캠축을 구동하는 체인 등의 장치나 실린더 헤드의 구조가 복잡하다.

그러나 밸브기구의 왕복 운동부분의 관성력이 적으므로, 밸브의 가속도를 크게 할 수 있다. 따

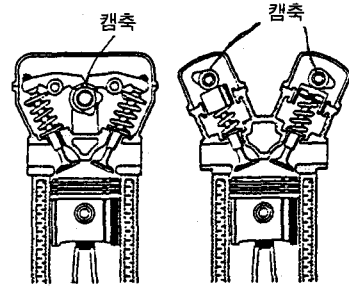
라서 고속에서도 안정된 밸브개폐를 할 수 있으므로 고속 성능을 향상하고 또 저속에서 고속까지 신속하게 회전을 높일 수 있다.

이 방식은 1개의 캠축으로 모든 밸브를 작동시키는 싱글 오버헤드 캠축식(SOHC)과 2개의 캠축으로 1개는 흡기밸브만을 작동하고 다른 1개는 배기 밸브만을 작동시키는 더블 오버헤드 캠축식(DOHC)이 있다.

성능면에서는 더블 오버헤드 캠축식이 체적 효율을 높여주므로 보다 출력을 향상시킬 수 있으며 완전연소를 추구하는 이상적인 연소실을 설계할 수 있다는 잇점이 있으나, 제작이나 조정의 난이 및 가격 등의 면에서 싱글 오버헤드 캠축이 유리하다. (계속)



(a) OHV/OHC (1HC)



(b) SOHC

(c) DOHC

그림23 OHC