

디젤, 가솔린엔진의 구조적 특성과 효과적 정비

농업공학연구소

김상철 연구사

1. 내연기관의 정의

가. 원동기(原動機)

천연 에너지를 공급하여 동력을 발생시키는 에너지 변환 장치

나. 에너지

수력 에너지 풍력 에너지 열 에너지 원자력 에너지

다. 열기관의 정의

열 에너지의 공급으로 동력을 발생시키는 원동기

외연기관 : 증기 기관, 증기 터빈 등

내연기관 : 자동차 기관, 항공 기관, 박용 기관, 차량용 기관 등

2. 내연기관의 종류

-연료에 의한 분류

가스 기관 가솔린 기관 석유 기관 중유 기관

- 열역학적 분류

정적 사이클 (오토 사이클) : 가솔린 기관에 사용.

정압 사이클 (디젤 사이클) : 저속 디젤 기관에 사용.

혼합 사이클 (사바테 사이클) : 고속 디젤 기관에 사용.

- 동작 방법에 의한 분류

2사이클 기관 : 크랭크축 1회전(피스톤 2행정)에 1사이클 완료.

4사이클 기관 : 크랭크축 2회전(피스톤 4행정)에 1사이클 완료.

- 점화 방법에 의한 분류

전기 점화 기관 : 가솔린 기관

압축 착화 기관 : 디젤 기관

소구 점화 기관 : 세미 디젤 기관

연료분산 전기 점화 기관 : 헷셀만(Hesselman) 기관

- 냉각 방식에 의한 분류

공기 냉각식 기관 : 항공기, 오토바이 등

수냉각식 기관 : 자동차용 기관

증발 냉각식 기관 : 석유 기관

특수액 냉각식 기관

- 가스 작용에 의한 분류

단동식 기관 복동식 기관 대향식 기관

- 기관의 속도에 의한 분류

고속 기관 : 피스톤 평균 속도 - 9 [m/s], 1,000 [rpm] 이상

중속 기관 : 피스톤 평균 속도 - 6~9 [m/s], 500~1,000 [rpm]

저속 기관 : 피스톤 평균 속도 - 6 [m/s], 500 [rpm]이하

- 실린더 수 배치 방법에 의한 분류

단 실린더(기통) 기관

다 실린더(기통) 기관

수직형 기관

수평형 기관

도립형 기관

직렬형 기관

성형 기관

V, W, X, H, U형 기관

- 연소실의 모양에 따른 분류

I 헤드형(over head valve type)

L 헤드형(side valve type)

F 헤드형(F · head type)

T 헤드형(T · head type)

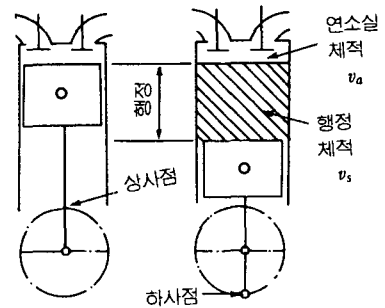
3. 내연기관의 작동원리 및 특징

가. 기초 사항

$$\text{총배기량 } V_s = \frac{\pi}{4} d^2 l z [\text{cc}]$$

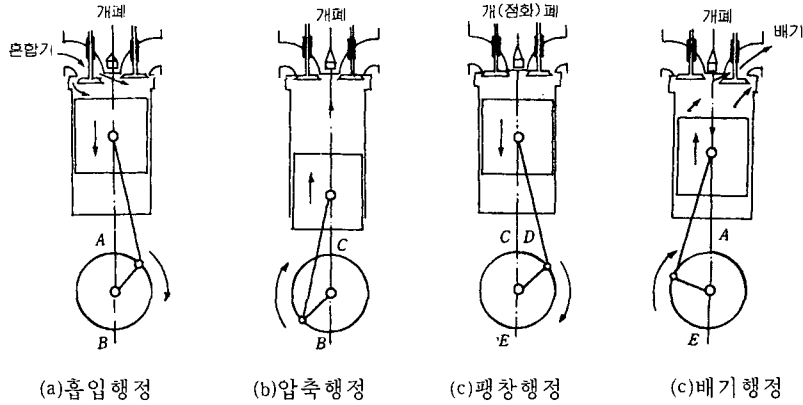
<p>d : 실린더 안지름</p> <p>l : 행정</p> <p>z : 실린더 수</p>
--

$$\text{압축비 } \epsilon = \frac{V_c + V_s}{V_c} = 1 + \frac{V_s}{V_c}$$

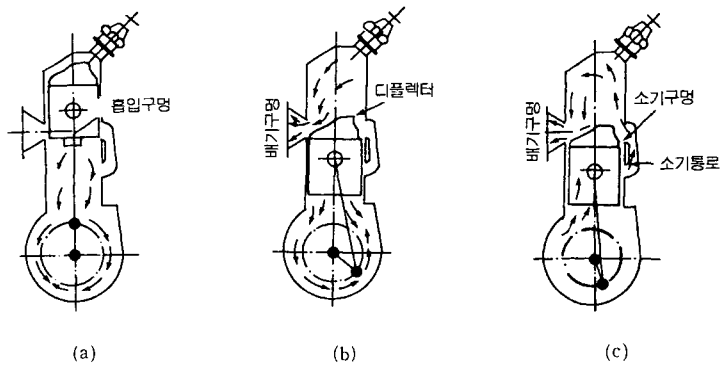


나. 작동 원리

- 4사이클 기관



- 2사이클 기관



- 2사이클 기관의 장점과 단점

<장점>

이론상 2배의 출력(실린더 용적, 피스톤 속도가 같을 때), 실제로는 기계 효율, 소기 효율 때문에 약 1.6~1.7배.

구조 간단, 밸브 장치 불필요 또는 간단, 크기는 작고 가볍다.

< 단점 >

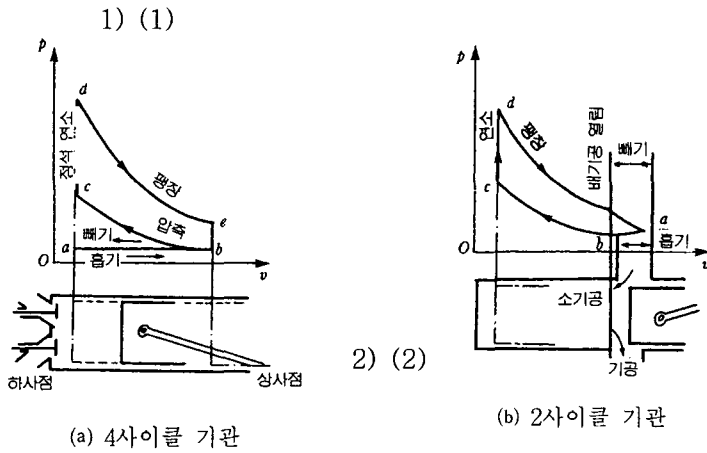
연료와 윤활유의 소비율이 크다.

열효율 및 평균 유압력 저하

배기압이 높고 소음이 크다.

과열되기 쉽고, 배기가 불안전하다.

- 4 사이클과 2 사이클 기관의 p-v 선도



< P-v 선도 >

- ※ 블로우 다운(blow down) : 2사이클 기관에서 실린더 내의 압력에 대
기의 압력과 유사한 압력으로 되는 현상
- ※ 역화(back fire) : 연소 가스가 역류하여 소기구 내의 신기에 점화되
는 현상

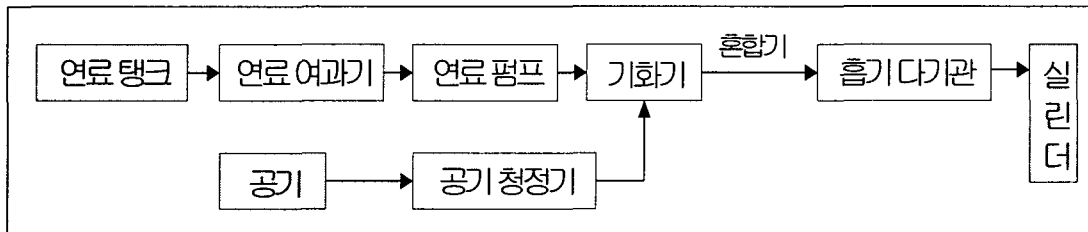
4. 가솔린 기관

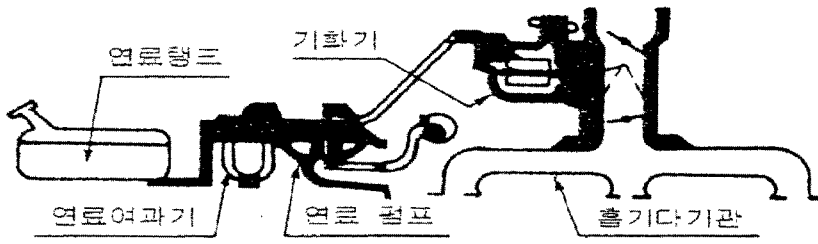
가. 기관의 개요

연료와 공기의 혼합기를 실린더 내로 흡입, 압축하여 전기 점화 장치에 의한 동력을 얻는 기관이다.

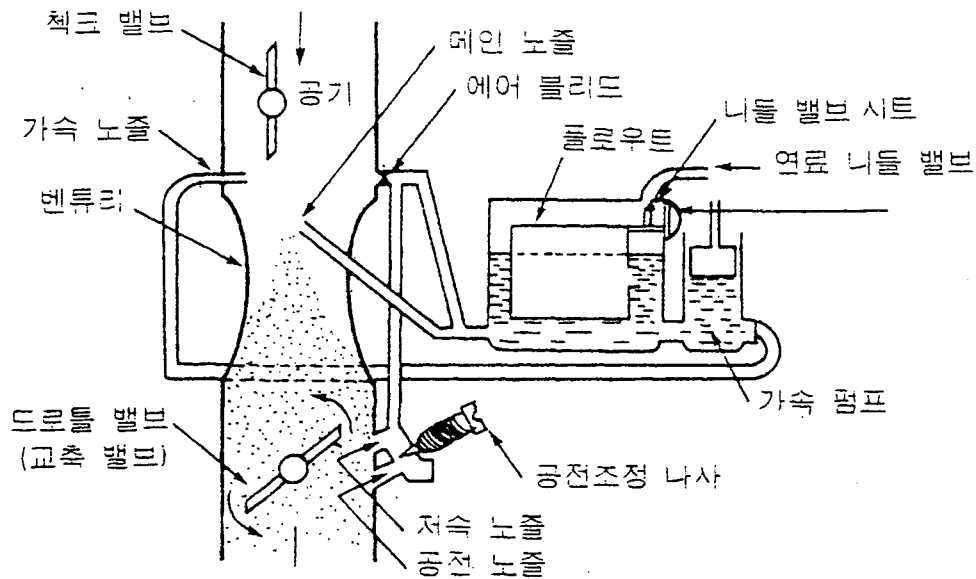
나. 연료 장치

- 연료 계통





- 기화기의 구성



- ※ 혼합기가 너무 농후한 경우 나타나는 증상
 - 연료 소비가 고대해 진다.
 - 가솔린 냄새가 난다.
 - 기관의 회전이 불규칙해 진다.
 - 배기 가스의 색이 흑색을 띤다.
 - 배기관 내에서 폭발이 일어난다.
 - 점화 플러그가 암흑색으로 된다.
 - 기관이 과열된다.
 - 출력이 저하된다.
- 혼합기가 너무 희박한 경우
 - 기관의 출력이 부족해 진다.
 - 점화 플러그의 색이 깨끗해 진다.
 - 기관이 가온되어도 스타터 없이는 시동되지 않는다.
 - 저속 회전중 자주 정지한다.
 - 가속시 등에 역화할 우려.
 - 기관의 온도가 너무 높아진다.
 - 점화 전진을 크게 해야만 한다.

※ 가솔린 분사

<장점>

- | | |
|-------------------|------------------|
| 충진·체적 효율을 증가. | 혼합비의 조정이 확실. |
| 혼합기의 균일한 분배가능. | 플로우트에 의한 장애가 제거. |
| 역화의 염려가 없다. | 저질 연료가 사용 가능. |
| 소기에 의한 연료 손실이 없다. | 배기공해 대책으로서 유리하다. |

<단점>

- 값이 비싸다.
- 고장이 많다.
- 고온 시동이 곤란.
- 분사 계통이 부식될 염려가 있다.
- 고지에서의 혼합비 제어곤란

다. 전기 점화 장치

- 점화방식

 마그네트 점화 장치 축전지식 점화 장치

- 점화장치의 구성

 점화 코일(ignition coil) : 고전압 유도 코일

 배전기(distributor) : 유도 고압 전류를 점화 순서에 따라 각 실린더의 점화 플러그에 분배하는 기구 점화 코일의 1차 전류를 단속하는 단속기, 단속기 접점의 소손을 방지하는 축전기 및 점화시기를 알맞게 조정하는 점화 진각 장치 등이 있다.

- 점화 진각 장치

 · 원심식: 기관의 회전이 빨라졌을 때 원심추의 작용으로 캠이 회전하여 접점이 빨리 열리게 하는 방식

 · 진공식: 경부하시에 점화를 빠르게 하여 연소를 촉진시키기 위하여 흡기관 내의 부압의 정도에 따라 단속기 아암의 플레이트(plate)를 회전시키는 방식

- 점화 플러그 : 전부(電部)의 전극간(약 0.5~0.7[mm])에서 방전에 의하여 불꽃을 발생하도록 한 것이다.

 · 열형(hot type) : 냉각 효과가 적다. 저압축비, 저속회전기관에

사용.

· 냉형(cold type) : 냉각 효과가 크다. 고압축비, 고속회전기관에 사용.

· 불꽃 간극 : 접지 전극과 전극 사이의 간극을 말한다.

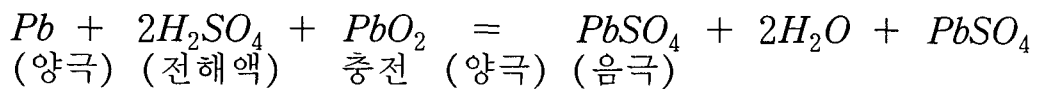
축전지 점화의 경우 : 0.7~0.8[mm]-6[V] 전원, 0.9~1.0 [mm]-12[V] 전원

마그네트 점화의 경우 : 0.4~0.5[mm]

과급 또는 고압축비 기관 : 0.3~0.4[mm]

- 축전지(battery) : 납산축전지를 주로 사용

- 축전지의 화학 반응



전해액의 비중 : 완전 충전된 상태 20[°C]에서 1.260을 사용

$$S_{20} = S_t + 0.0007(t - 20)$$

5. 디젤 기관

가. 기관의 개요

디젤 기관은 가솔린 기관과 달리 공기만을 흡입하여 이것을 30~38[kg/cm²]로 압축하여 여기에 연료를 분사 밸브로서 분사하면 자연 점화되어 동력을 발생하게 된다.

나 연소실

- 직접 분사식 연소실(direct injection system)

장 점

열효율이 높다.

연료 소비율이 적다

평균 유효 압력이 높다.

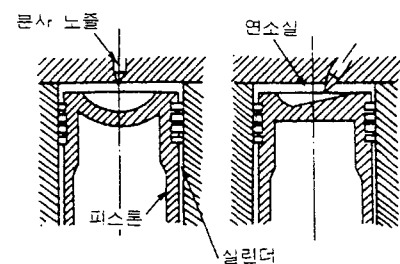
기관 냉각시 시동이 용이하다.

연소실의 구조가 간단하다.

배기 온도가 비교적 낮다.

대형 기관에 널리 채택된다.

단 점



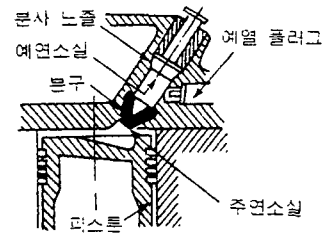
<직접분사식>

연료의 질에 민감, 높은 세탄가 연료 사용.
 분사압력(200[kg/cm²]이상) 및 연소 압력이 높다.
 분무의 상태가 기관의 선응에 민감.
 노즐 구멍이 미세하여 막히기 쉽다.
 발연 한계가 높다.($\lambda > 1.4$)
 고속회전 곤란(2,000[rpm]이상)

- 예연소실식(pre-combustion chamber system) : 전실식(前室式)

장 점

착화 지연이 짧아서 노킹이 적다.
 연료의 성질에 대하여 둔감하다.
 부하 및 회전 속도의 변화에 대해 분사시기를 조정하는 일이 적다.



<예연소실식>

저질 연료 사용이 가능하다.
 발연한계 혼합비가 $\lambda=1.2$ 정도이므로 평균 유효 압력이 높다.
 분사 압력(60~120[kg/cm²])이 낮다.

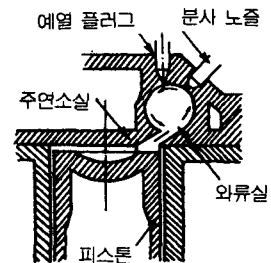
단 점

교축손실 및 연소실 표면적이 크다.
 압축 행정시 온도의 증가가 둔하다.
 압축비가 높더라도 시동이 곤란하다.
 연료 소비율이 높다.
 열효율이 낮다.

- 와류실식(swirl chamber system) : 직접 분사식과 예연소실식의 중간

장 점

평균 유효 압력이 가장 높다.
 고속 운전(약 4,000[rpm])이 가능하다.
 연료 소비율이 예연소실식보다 적다.
 발연한계 혼합비 $\lambda=1.3$ 정도이므로 공기 이용율이 높다.



<와류실식>

리터 마력이 크다.

단 점

연료의 성질에 대해 민감, 저속에서 디젤 노크가 심하다.

기동시 예열 플러그가 필요 기동성이 예연소실식보다 어렵다.

실린더 헤드가 복잡하다.

직접 분사식보다 열효율이 낮다.

- 공기실식(air cell system) : 후실식(後室式)

장 점

착화지연이 짧다

연료의 성질에 둔감하다.

연료 분사 압력이 낮다.(45~60[kg/cm²])

최고 압력이 낮고 운전이 정숙하다.

노킹이 잘 일어나지 않는다.

시동이 직접 분사식 다음으로 쉽다.

냉태시 시동이 가능하다.

단 점

예연소실에 비해 분출 에너지가 약하다.

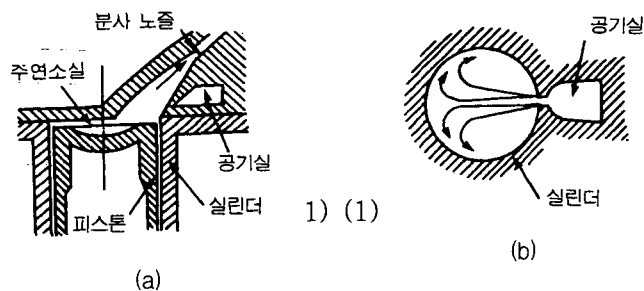
기관의 회전속도가 낮다.

열효율이 낮다.

평균 유효 압력이 낮다.

연료 소비율이 높다.(210~230[g/PS-h])

(가) 가)



<공기실식>

다. 연료 분사 장치

- 연료 분사 요건

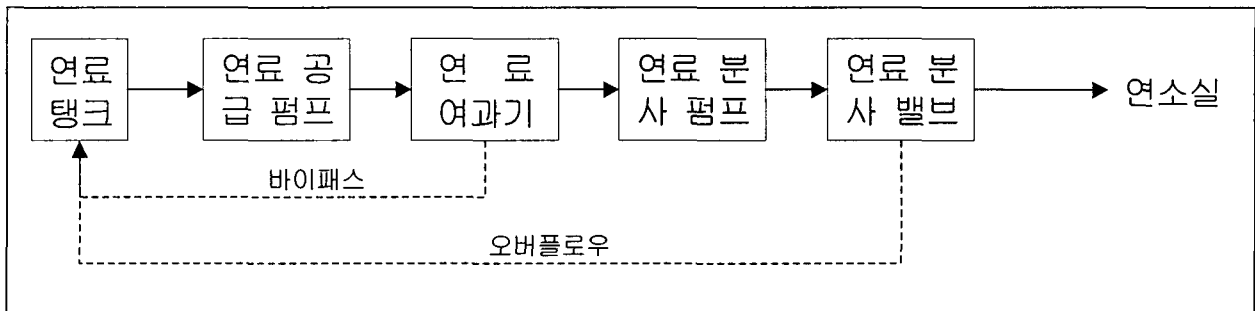
무화(atomization) : 연료는 되도록 균일하게 미립화(微粒化)되어야 한다.

관통(penetration) : 연소실의 말단까지 연료의 입자가 도달되어야 한다.

분포(distribution) : 연료의 입자가 연소실에 고루 퍼져 있어야 한다.

- 세탄가 : 착화성의 양부를 표시한다.

라. 연료 분사 계통



마. 연료 분사 펌프(fuel injection pump) : 연료 분사 펌프는 실린더 속의 공기를 단열 압축하여 압력과 온도를 상승시킨후 연료를 가압하여 연소실에 분사시키기 위한 펌프이다.

바. 연료 분사 노즐

- 개방형 : 노즐 끝이 항상 열려 있는 형식
장 점

- 고장이 적다.
- 분사 파이프 내에 공기가 머물지 않는다.
- 구조가 간단하여 제작비가 싸다.

단 점

- 분사 압력을 자유로 조정 불가.
- 분사 압력이 좋지 않다.
- 연료가 연소실에 흘러들어가 후적을 만들기 쉽다.

- 밀폐형 노즐: 니들 밸브를 필요한 때에만 열어 연료가 분사되게 한다.

- 구멍형

장점

- 무화가 좋다.(150~300[kg/cm²])
- 기관의 기동이 쉽다.
- 연료의 소비량이 적다.

단점

- 구멍이 작아서 가공하기 어렵다.
- 구멍이 막힐 우려가 있다.
- 수명이 짧고 연료가 새기 쉽다.

- 핀틀형

장점

- 분공의 지름이 비교적 크고 막히는 일이 적다.
- 분사압력이 낮아도 분무의 분포가 좋다.
- 구조가 비교적 간단하고 고장도 적다.

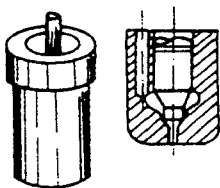
단점

- 분무 상태가 구멍형보다 못하다.
- 관통력이 부족하다.
- 연료소비량이 조금 많다.

- 드로틀형 : 분공부나 니들 밸브의 핀 부분이 길고 또 나팔모양으로 되어있다. 따라서 분사 개시 시의 분사량이 적게 된다.

사. 분사 펌프의 구성 및 기능

- 펌프 하우징 : 펌프의 주체가 되는 부분이다.
- 캠축 : 플런저를 작동시키는 캠과 연료공급펌프를 구동하는 편심캠이 있다.
- 플런저 펌프 : 플런저와 플런저 배럴로 구성되며 플런저가 상하 섭동운동을 하여 연료를 압축하는 일을 한다. 캠축의 캠에 의해 구동된다.



(a)단공형노즐



(b)다공형 노즐



(c)핀틀 노즐



(d)핀틀노즐



(e)드로우노즐

- 거버너(governor, 조속기) : 분사량 조절
- 타이머(timer) : 분사 시기 조정

6. 엔진 진단의 노하우

가. 시동이 잘 되지 않을 때의 원인

- 배터리의 방전 또는 불량
- 전선의 연결 불량
- 시동 스위치의 불량
- 시동모우터의 불량
- .기어의 연결불량

나. 기관이 시동 배터리로는 잘 돌지만 폭발 않을 때

- 회전 속도의 부족
 - ①시동공기압력의 저하 ②배기밸브의 누설 ③윤활유의 점도 과대
 - ④피스톤링의 마모 ⑤배터리의 불량 (전기시동의 경우)
- 연료의 분사가 부족할 경우
 - ①연료관계의 콕, 밸브가 가 충분히 열려 있지 않다
 - ②연료여과기가 오손되어 막혔을때
 - ③연료밸브 노즐의 폐쇄
 - ④연료펌프 및 연료 밸브의 프라이밍이 불충분하여 연료관내의 공기가 전부 빠지지 않았을때
 - ⑤연료펌프의 고장으로 ??압력이 불충분 즉 명 밸브 및 플런저의 누설, 스프링의 고장??
 - ⑥연료유의 점도가 너무 높아 펌프의 동작이 불량할 경우
- 연료의 귀사시기가 부적당할 때
 - ①분해조립시 캠 축기어의 마아크가 맞지 않을때
 - ②연료캠의 키이가 풀어져 연료캠의 위치가 변동되었을때
 - ③연료펌프의 스피 밸브의 열리는 시기가 부족당할 때
- 압출압력이 낮을때
 - ①압축공기가 누설하는 경우 즉, 실린더 라이너, 실린더 헤드등의 패킹이 누설, 밸브의 누설, 실린더의 마모 또는 피스톤링의 고착으로 인한 누설

- ②흡배기밸브의 개폐시기가 규정보다 어긋났을때
- ③실린더 마모가 심하여 피스톤 틈이 커졌을때
- ④외기가 극도로 저온일때
- ⑤실린더 헤드의 크랙
- ⑥흡입공기의 부족, 필터등의 오순
 - 연료부적당또는 연료중에 수분 또는 불순물의 유입
 - 기관이 과속 회전하는 경우
- ①조정기의 작동불량
- ②연료펌프 조정, 링크의 고착
- ③회전계의 고장
- 조속기의 고장
 - ①조속조정기의 트립이 작용하고 있을때
 - ②조속기의 유량부족
 - ③조속링크의 고착

다. 실린더의 출력이 고르지 않을 때의 원인

실린더의 출력이 고르지 못할 때에는 배기가 흑색을 띄고 회전이 부동하여 회전계의 진동이 심해지고 회전수가 저하한다.

- ①연료펌프의 연료밸브의 고장
- ②노즐구멍의 폐쇄와 확대
- ③연료 분사각도가 같지 않을 때
- ④스필 밸브 또는 스피포트의 열리는 시기가 고르지 않을때
- ⑤압축불량인 실린더가 있을때

라. 엔진 출력이 감소할때의 원인

- 실린더에 공급되는 연료가 적다
 - ①연료펌프의 밸브의 누설, 플랜저의 누설, 고장
 - ②연료여과기의 폐쇄
 - ③노즐의 폐쇄
 - ④연료의 점도가 높아 유동성이 나쁠때
 - ⑤조절기의 고장

- 연료의 공급량이 충분해도 완전히 이용되지 않는다.(열효율의 저하)
 - ①압축의 불량
 - ②연료의 불완전연소(분사상태의 불량, 착화시기의 부적당), 흡기 밸브와 배기 밸브의 누설 및 개폐시기의 부적당
 - ③연료의 불량, 수분 기타의 불순물의 혼입
- 운동부의 마찰 및 펌프 순환의 동력등의 증대(기계 효율의 저하)
 - ①운동부의 조정이 나빠 힘들게 돌아간다.
 - ②피스톤링과 밸브의 고착
 - ③실린더의 출력의 불평균
 - ④윤활유의 점도의 과대
 - ⑤냉각수 비르지등 펌프 순환의 밸브 리프트가 고르지 못하여 펌프의 동력이 증대
 - ⑥기관축과 프로펠러축과의 연결이 불량하여 중심선이 일치하지 않을 때

마. 기관의 회전수가 감소하는 경우의 원인

- 회전수가 서서히 저하하여 배기가 흑색을 띠때
 - ①베어링 또는 핀, 메탈이 타고 있다.
 - ②실린더가 과열하여 피스톤링이 파손되 있다.
 - ③연료펌프 및 연료밸브의 고장으로 출력이 저하해 있다.
 - ④공기가 새어 압축작용이 나쁘다.
- 회전은 감소하지만 배출색이 좋을때
 - ①조속기의 스프링이 풀렸을때
 - ②연료가감 핸들이 움직여 위치가 틀렸을때
- 기관이 정격회전으로 들지 않을 경우
 - ①연료조정 링크의 조정 부적당
 - ②조속기의 고장
 - ③과부하 운동
 - ④연료분사장치의 고장

바. 기관이 자연정지할 경우의 원인

- ①연료펌프의 플런저가 고착했을때

- ②조정기의 고장
- ③조정기 레이 샤프트 편심기 또는 링크의 고착
- ④연료 데이 탱크 내의 기름이 ??또는 급유 펌프의 고장
- ⑤연료여과기가 막혔을때
- ⑥연료관계 내에 공기가 들어갔을때
- ⑦기름탱크 내의 물 기타 불순물이 ?급 될 때
- ⑧하나 또는 여러개의 실린더에서의 불폭발
- ⑨냉각수의 수온이 너무 낮을때
- ⑩저속에서 갑자기 부하가 걸릴때
- ⑪밸브개폐시기가 부적당할 때
- ⑫실린더와 피스톤 또는 운동부가 파손, 고착 또는 ??한 경우
- ⑬배기 매니홀드가 막혔을때
- ⑭브로와의 고장이든가 흡입공기 필터가 막혔을때
- ⑮피스톤의 고착
- ⑯타이밍 기어또는 체인의 불량

사. 운전 중 엔진이 노킹할 때의 원인

- 운동부에 노킹이 일어날 때

- ①메인 베어링, 피스톤핀, 크로스헤드핀 및 크랭키 핀등 메탈의 틈이 너무 클때.
- ②크랭크 핀 메탈의 취부 볼트의 너트가 풀렸을 때
- ③플라이휠 및 베어링의 취부너트가 풀렸을 때
- ④캠축 베어링이 마모하든가 기어가 절손되었을 때
- ⑤밸브의 구동위치의 불량
- ⑥타이밍 기어의 절손

- 실린더내의 이상연소

- ①연료 분사시기가 규정보다 늦을 때
- ②연료의 공급량이 너무 많을 때
- ③연료 분사밸브의 불량 또는 연료밸브 취부불량으로 연료를 피스톤 또는 실린더 헤드 등에 뿌려 발화 늦음이 커질 때
- ④연료밸브의 누설 또는 분사 끝의 불량

- ⑤연료의 발화성의 부적당, 실린더 주유의 과다
- ⑥실린더의 과열

아. 디젤 기관에서 조기발화가 일어나는 원인

- ①연료 펌프의 토출시작이 너무 빠를 때
- ②연료의 분사가 너무 빠를때
- ③연료밸브 리프트의 과대
- ④연료밸브의 누설 또는 고착
- ⑤연료 공급과대 또는 윤활유의 실린더 주유의 과다

자. 윤활유의 소모량이 너무 많을 경우

- ①윤활유계통에서의 누설
- ②부적당한 윤활유의 이용
- ③피스톤이나 라이너의 마모
- ④피스톤 링의 갭 클리어런스의 부적당
- ⑤윤활유온도가 너무 높을때
- ⑥크랭크축이나 브로와의 오일 시일의 손실
- ⑦밸브의 고착

차. 배기색을 보고 엔진을 진단하기

운전상태가 나쁘고 어딘가 고장이 있으면 반드시 배기색이 평상시 보다 다르게 된다. 좋은 상태의 배기색은 그 기관의 형식과 구조, 마력 또는 연료에 의해 차이가 있지만 대체로 무색이고 다소 청색을 띄는 것이 보통이다. 이것이 흑색 또는 백색을 띄고 진하게 될 때는 어딘가에 고장이 있어 연료가 불완전 연소를 하든가 수분이 유입해 있든가 또는 윤활유가 너무 많을 때 이다.

- 흑색이 될 때의 원인

- ①기관이 과부하일때
- ②연료펌프의 고장으로 송유량과 분사시기가 나빠 연료가 불완전 연소를 하고 있을때
- ③연료밸브의 고장 또는 연료여과기의 ??에 의해 분사상태가 나쁘게

되어 연료가 불완전연소할 때

- ④흡기밸브 및 배기밸브의 누설, 고착등의 고장으로 또는 실린더 마모로 압축이 불량하여 연료가 불완전 연소하고 있을 때 (이 때의 배기 색은 고르지 않다.)
- ⑤밸브의 타페트 클리어런스의 과소로 밸브가 늘 열려 있을때
- ⑥윤활유량의 너무 많아 실린더내에서 윤활유가 타고 있을때
- ⑦연료분사 끝이 깨끗하지 못할 때
- ⑧실린더가 과열하였을때
- ⑨소음기가 오손되어 있을때
- ⑩급기압력이 너무 낮을때
- ⑪압축의 부족
- ⑫부적당한 연료의 사용

- 백색이 될 때의 원인

- ①실린더 내의 냉각수가 유입 또는 연교에 수분이 유입할 때
- ②어느 실린더에서 폭발 양은 것이 있을때
- ③?기압력이 너무 높을때
- ④피스톤 또는 피스톤링의 마모
- ⑤실린더의 배기콕으로부터 나오는 연기가 나오는 것은 배기관 또는 소음기내면에 기름재가 부착해 있든가 또는 냉각수가 새어 들어 왔을 때이다.

카. 기관의 진동이 많아 질 때

- ①기관의 설치부가 ?하노후하였든가 부착보울트가 이완 또는 절단되었을때
 - ②위험 회전수로 운전할 때
 - ③기관이 노킹할 때
 - ④실린더의 최고압력이 고르지 않을때
 - ⑤베어링의 틈이 너무 크든가, 보울트가 차단또는 풀렸을때
- 진동이 심할때에는 기관을 정지하여 각부를 검사하는 동시에 크랭크 아암의 개폐량을 측정하여 크랭크 축 손실을 방지하도록 이상이 없는가를 확인한다.

타. 기관을 즉시 정지해야할 때

- ① 운동부에 이상한 소리가 날 때
- ② 베어링 기타의 활동부가 발열할 때
- ③ 발열 때문에 연기가 날 때
- ④ 냉각수의 공급이 멎고 즉시 공급못할 때
- ⑤ 윤활유 압력이 갑자기 떨어져 원인을 몰라 즉시 복구하지 못할 때
- ⑥ 실린더의 안전밸브가 열릴때
- ⑦ 조속기에 고장이 생겨 역회전이 일어날 때 이때에는 역회전으로 플라이휠 기타 운동부를 파괴하는 일이 있으므로 연료핸들을 즉시 정지 위치로 돌려 정지 시킨다. 그래도 정지않을때는 흡입공기를 차단한다.

파. 기관이 정지않을 경우

- ① 연료조정링크의 조정불량 또는 고착
- ② 연료분사밸브로 부터의 연료의 누설
- ③ 연료 차단 솔레노이드의 작동 불량