

# 소형어선의 정비 및 관리

(실린더 및 피스톤)

김 성 출\*

## 1. 실린더 헤드

실린더 헤드는 피스톤의 윗면과 더불어 연소실을 형성하므로 고온, 고압을 받는다. 설계 제작상 가장 주의를 요하는 부분이고 구조가 복잡하기 때문에 구조를 조정할 때 생기는 구조응력을 제거하기 곤란하고, 또 가스쪽과 냉각수쪽과의 온도차 때문에 심한 열응력을 일으키고 균열을 일으키기 쉽다.

### 가. 실린더 헤드 (4사이클)

중앙에 분사 밸브가 있고 그 좌우에 흡기 밸브, 배기 밸브, 기타 시동 밸브, 릴리프 밸브 및 인디케이터 밸브가 설치되는 구조이고 밀면은 연소실을 형성하기 때문에 적당한 형상으로 고온고압에 견디어야 한다. 내부는 물론 냉각되고 밀면 및 분사 밸브와 배기 밸브의 둘레는 특히 고온으로 되는 부분이고 흡기구멍과 배기구멍과의 온도차가 있기 때문에 열응력에 의하여 균열이 생기지 않도록

해야한다.

### 나. 실린더 헤드의 균열

#### 1) 균열의 원인

- 장시간 과부하운동을 하고 과열되었을 때
- 배기구멍에 탄화물이 부착하여 과열되었을 때
- 구조의 불균형 속에서 일어나는 열응력에 의한 때
- 냉각수 중의 함유물 또는 스케일이 끼어 냉각수의 통로가 막히고 국부적으로 과열을 일으킬 때

- 냉각수의 유통이 나쁘고 공기, 가스, 수증기를 분리하여 이것이 피고 부분적으로 과열되었을 때
- 연소할 때 이상폭발을 일으키고 과도한 힘이 작용하였을 때

#### 2) 균열의 방지방법

- 재질불량, 구조불량에서 오는 것이 많으므로 잘 선정할 것
- 이상폭발을 일으켜 과도한 힘이 작용하지 않도록

할 것

- 장시간의 과부하 운전을 피하고 과열을 일으키지 않도록 할 것
- 연소상태를 좋게 하고 배기가스통로에 카본이 붙지 않도록 할 것
- 오손된 냉각수를 사용하지 말 것
- 냉각수의 순환불량으로 온도가 고르지 못하고 냉각수 중의 함유물, 스케일이 냉각수의 통로에 쌓여 국부적 과열을 일으키므로 스케일을 때때로 청소한다.

- 짊에 주의하고 부분적으로 꼭 죄지 않도록 할 것
- 온도가 높았을 때 급히 많은 냉각수를 공급하지 말 것

## 2. 연소실

연소실은 피스톤 윗면과 실린더 헤드와의 사이에 형성되는 것으로 모양은 연료의 연소에 중대한 관계를 갖는다. 특히 고속기관에 있어서는 극히 짧은

\* 한국어선협회 개발과장

시간에 연소를 완료시킬 필요가 있으므로 실린더 내의 공기를 유입시켜 연료입자와의 접촉을 활발히 하기 위하여 연소실 형상에 대하여는 특별히 고안되고 있다.

**가. 직접분사식**

실린더 헤드 아랫면과 피스톤 윗면과의 사이에 형성되는 연소실에 고압의 연료를 직접 분사시키는 직접분무방식에 의하여 공기와 혼합시키는 것이다. 분무가 냉각된 벽에 접촉되면 불완전 연소를 일으키므로 기류입자가 공기 중을 흐르는 사이에 기화하고 연소를 끝내기 위하여 분무는 중간에서 넓혀져야 한다. 작은 실린더에서도 어느 정도의 깊이가 필요하게 된다. 공기와 혼합이 잘되기 위해서는

○ 피스톤 윗면의 형상을 적당히 하고 압축행정 끝에 와류를 일으키게 하고

○ 흡입할 때 흡기밸브에 의하여 실린더 내의 공기의 와류를 일으키도록 한다. 이 형식은 연소실이 간단하고 냉각 표면적이 작으므로 열효율이 높으며 연료 소비율은 대형에서 150~170g/BHP/h, 소형에서 170~200g/BHP/h에 불과하다. 그러나 연소실 내의 공기의 유동이 다른 형식보다 불충분하므로 연료의 무화·관통 및 확산이 잘 되게 하기 위하여 연료분사 압력을 적어도 200 kg/cm 이상으로 높여야 한다. 따라서 연료분사 펌프, 송유관, 분사 밸브 등의 제작이 곤란하지만 시동보조장치가

필요없다.

**나. 예비연소실식**

실린더 헤드에 모든 압축용적의 15~40%의 예비연소실을 설치하고 한개 또는 여러개의 작은 구멍으로 주연소실과 연결하고 있다. 연료는 예비연소실 뒷면에서 작은 구멍으로 향하여 분사하도록 되어 있다. 압축행정의 끝에서 예비연소실의 압력은 주연소실의 압력보다 낮으므로 피스톤에 의하여 압축된 공기는 주연소실에서 예비연소실에 고속으로 이동한다. 그런데 연료분사의 방향이 반대이므로 유입된 공기에 접촉되면 무화되고 예비연소실에 다시 보내진다. 이와 같이하여 예비연소실에서 일부의 연료가 연소되기 시작하면 80 kg/cm 정도로 압축이 높아지고 피스톤의 하강에 다른 고압의 불완전 연소 가스는 분사되는 연료를 동반하며 작은 구멍에서 주연소실로 분출되고 무화와 관통을 도와 완전히 연소되는 것이다.

이 형에서는 연료의 분사압력이 낮고 100~150 kg/cm로 충분하므로 연료펌프 기타 설계제 작이 용이하다. 또 연료 분사 구멍은 그다지 작은 것이 필요치 않으므로 거칠은 연료를 사용할 수 있다. 그러나 이 형은 시동할 때 예비연소실의 온도가 낮으므로 전열코일 등의 시동촉진장치를 하면 더욱 효과적이다.

**다. 와류연소실식**

실린더 헤드의 한쪽에 구상(球狀)의 와류실을 설치하고 접

선방향의 통로에 의하여 실린더 내로 연결되어 있다. 피스톤 윗면 및 실린더 헤드와의 틈은 극히 작고 와류연소실의 용적을 전 압축용적의 70~80%로 하고 있다. 피스톤에 의하여 압축된 공기는 와류연소실에 접선방향으로 진입하고 이곳에 분사된 연료를 동반하여 강렬한 와류를 일으키고 연료와 공기의 혼합을 좋게 한다. 이 형에서는 공기와 연료의 혼합이 잘 되므로 연소상태가 좋으며 회전속도 및 평균유효압력이 높고 연료소비율도 적다. 이 형식은 연료분사압력이 낮으며 최고 압력도 낮은 이점이 있다. 예비연소실식에 이어 시동이 곤란하고 전열코일 등의 시동촉진장치를 하면 더욱 효과적이다.

**라. 공기실식**

피스톤 윗면 또는 실린더 헤드의 일부에 전 압축용적의 30~70%의 공기실을 설치하고 좁은 통로로 주연소실과 연락하며 연료는 공기실의 입구로 향하여 분사하지만 연료의 극히 일부분만이 공기실에 들어간다. 연소는 연소실에서 일어나지만 피스톤의 하강에 따라서 공기실에서 압축공기가 분출되므로 완전연소가 된다. 피스톤 윗면에 공기실을 설치하면 중량이 커지므로 고속기관에서는 실린더 헤드에 설치한 것이 많다.

이 식은 최고압력이 낮고 연소가 완만하며 조용한 운전이 된다. 시동은 직접분사식 다음으로 쉬우며 보조전원이 없이 시동이 가능하다. 평균 유효압력, 연료소비율도 예비연소실

식에 비하여 좋다. 220 g / BHP / h 정도로 직접분사식보다 많다.

**디젤기관의 운동부**

1. 피스톤

가. 피스톤의 역할

- 실린더 헤드와 함께 연소실을 만든다.
- 실린더 내의 가스압력을 연접봉을 통하여 크랭크 축에 전달한다.
- 실린더와 크랭크실과의 기밀을 유지한다.
- 피스톤 윗면에서 연소 또는 팽창의 처음에 흡수한 열을 발산한다.

나. 피스톤의 재질

- 피스톤의 재질은 다음의 요건을 구비해야 한다.
- 고압고온에 대하여 충분한 강도를 가질 것
  - 열팽창계수가 실린더의 재질과 같은 정도일 것
  - 열의 전도가 좋을 것
  - 마모가 적을 것
  - 무게가 가벼울 것
- 등이 필요하다.
- 중, 저속기관에서는 일반적으로 주철제로 하지만 소형고속기관에서는 중량의 경감과 열전도가 양호한 점에서 알루미늄합금이 사용되며 상하 2개로 조립하는 것에서는 상부는 주강 또는 단강제로 하고 하부를 주철제로 하는 것이 보통이다.

다. 피스톤의 구조

- 1) 트렁크형 피스톤
- 연접봉이 직접 피스톤에 연결되어 있는 구조이며 소형기관에 많이 사용된다.
- 기관의 높이를 낮게 할 수 있지만 크랭크의 회전에서 오는 축압으로 직접 피스톤을 실린더에 밀게 되므로 실린더의 마모를 적게 하기 위하여 피스톤을 되도록 길게 하여 실린더와의 접촉면을 넓게 하고 단위면적에 받는 압력을 적게 하여 마모를 감소시키고 있다. 소형기관에서는 한몸으로 만들지만 대형의 것은 상부를 주강이나 단강으로 만들고 스킵트부는 내마모성 때문에 주철로 만들어 볼트핀으로 조립한다.

가) 피스톤 두부(頭部, Crown)

직접 가스압력을 받아 고열에 접촉하게 되는 피스톤 천정 부분이며 디젤기관에서는 피스톤 윗면의 열에 의해 팽창, 수축을 자유롭게 하고 이에 따른 균열을 방지하고 강도를 증가시키며, 연소분사에 편리하도록 오목(凹)형으로 만든다. 윗면이 고온때문에 팽창하는 양이 많으므로 실린더와의 틈은 윗부분을 더 많이 주고 개스가 새는 것을 막기 위하여 4~6개의 피스톤 링을 끼운다. 4사이클 기관에서는 피스톤 두부에 배기 밸브가 접촉되지 않도록 파이게 한 것도 있다. 특히 과급기관에서는 많이 깎아낸다. 2사이클 기관에서는 피스톤 두부를 볼록형(凸)으로 하고 소기(掃氣)가 들어올 때 안내역할을

하도록 한 것도 있다. 윗면에서 피스톤을 빼는데 사용하는 아이 볼트를 끼는 나사구멍이 있는 것이 보통이다.

나) 피스톤의 방열판

냉각을 하지 않는 피스톤의 천정은 철판으로 밀폐되고 윤활유가 천정에 닿아서 타붙는 것을 방지하는 동시에 천정에서 복사열로 피스톤이 과열되는 것을 방지하고 있다. 윤활유가 고온의 천정에 닿으면 탄소가 부착하여 열전도를 나쁘게 하고 심할 때는 피스톤 두부 내면의 과열부에 닿아 기화하여 가스화하므로 크랭크실의 폭발을 일으키는 위험이 있다.

다) 링 홈

링 홈과 피스톤 링의 사이에는 옆틈(side clearance)이 있으며 운동 중 상대적으로 마모한다. 마모의 한도는 피스톤의 크기에 따라 다르며 소형기관에서는 0.025 mm 이내로 하도록 한다.

링의 홈이 너무 얇으면 소착손상을 일으키고 너무 깊으면 홈부분에 균열이 생기기 쉽다.

라) 피스톤 핀의 취부구멍

중앙보다 다소 아래에 피스톤 핀을 끼우는 구멍이 있다. 이것을 너무 위에 설치하면 과열되어 타붙기 쉽기 때문이고 대개 팽행부의 중앙에 두는 것이며 취부부의 피스톤 측면은 핀을 박을 때 변형 및 팽창에 의한 부분적 변형을 생각해서 끼는 부분의 둘레의 안을 0.3~0.5 mm 깎아낸다. 고정식의 피스톤에서는 판을 압입한 후 바깥 둘레를 다듬는다. 부동식(유동식)의 것은 피스톤에 열변형

을 두지 않는 이점이 있지만 피스톤 핀의 윤활유가 실린더 내에 침입하기 쉬우므로 확실한 유밀커버가 필요하다.

라. 피스톤 두부의 온도

피스톤의 머리부는 연소실 중에서 가장 냉각이 곤란한 곳이고 기관부품 중 가장 고온도로 되는 곳이므로 피스톤 윗면의 온도를 되도록 낮게 하면서 다음과 같은 점에 주의한다.

○ 피스톤 두부의 윗면은 원추형으로 만들고 스커트 부분은 원동형으로 공작한다.

○ 알루미늄 합금을 사용하여 열전도성을 좋게 한다.

○ 4 사이클 기관이 2 사이클 기관의 두부보다 온도가 낮고 2 사이클 기관의 링은 부러지기 쉽다.

○ 제 1 피스톤 링의 위치가 수명에 관계된다.

○ 피스톤과 실린더의 간격이 크면 온도가 상승된다.

○ 열의 방산은 대부분 피스톤 링에서 실린더로 전달되어 실린더 냉각수로 흡수되지만 기관이 작을 수록 발생열량에 대하여 방산하는 열량의 비율이

커지므로 피스톤 온도는 높아진다.

마. 피스톤 두부(頭部)의 소손 또는 균열

1) 원 인

○ 피스톤 재질, 구조, 공작의 결함

- 두부의 살두께 부적당

- 두부의 볼트구멍 등에 예각 등이 있을 때

○ 피스톤 두부의 과열

- 과부하 운전을 오래 계속하였을 때

- 피스톤 링이 마모하여 실린더에 열의 방산이 나쁠 때

- 피스톤 간격이 너무 커졌을 때

- 냉각식 피스톤의 경우 냉각수의 부족, 냉각면의 스케일 부착으로 냉각 불충분

○ 과압에 의한 피스톤의 변형

- 과부하 운전을 오래 계속하였을 때

- 이상폭발을 일으킬 때

2) 방지대책

○ 피스톤을 내열내압성의 재질로 하고 압력에 의한 변형, 열의 전도에 의한 팽창, 수축을

고려하고 예리한 모서리가 없도록 한다.

○ 과부하 운전을 피하고 노킹이나 이상폭발을 일으키지 않도록 연료펌프, 밸브의 조정에 주의한다.

○ 피스톤 및 실린더의 과열을 피하고 냉각하지 않는 피스톤에서는 방열판 설치에 주의한다.

○ 연소를 좋게 하여 피스톤 두부에 그을음이 붙지 않도록 때때로 청소하고 내면의 청소도 완전히 한다.

바. 피스톤 스커트의 마모 및 소손

○ 윤활유 불충분 및 저질의 윤활유 사용시

○ 연소 불량에 의한 그을음 부착

○ 실린더 라이너 및 피스톤 냉각이 불충분할 때, 피스톤의 과열

○ 피스톤, 실린더의 재질불량

○ 피스톤, 실린더에 변형이 있을 때

(다음호에 연재)

축복속에 자녀하나  
사랑으로 튼튼하게