

어선기관의 고장진단과 대책 (IV)

한국어선협회 검사관리부
주임검사원 강대선

(제31호에서 계속)

제 3 장 연접봉계(系)

연접봉(連接棒 : Connecting Rod)은 상단부(上端部)는 피스톤에 연결되어 피스톤에 가해진 폭발압력을 받고, 하단부(下端部)는 크랭크축과 결합되어 직선운동(直線運動)을 회전운동(回轉運動)으로 변경시켜주는 역할을 담당하고 있다.

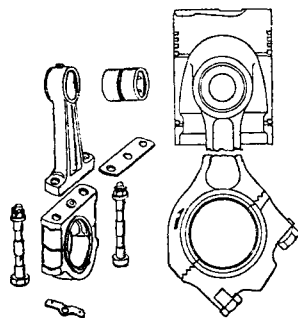
보통 형단조(形鍛造)된 단강재(鍛鋼材)를 이용하는데, 상단부는 인청동제(鱗靑銅製) 메탈(Metal)을 박아넣어 피스톤핀(Piston pin)을 지지하고, 하단부는 소형기관에 있어서는 중·고속기관(中·高速機關)과 같이 직접 크랭크핀 메탈(Crank pin metal)을 갖는 것 또는 저속(低速)의 중·대형기관(中·大型機關)과 같이 T형단(T型端)에 크랭크 메탈을 갖는 것이 있다. T형단에는 푸트 라이너(Foot liner)를 끼워서 피스톤상부의 간극(間隙 : Clearance)을 가감(加減)할 수 있도록 되

어 있다. 그림 3-1은 연접봉의 형상을 나타낸 것이다.

고속기관에서는 크랭크축이 굽기 위하여 연접봉의 하단부가 커져야 하고, T형에서는 피스톤이 상부로 발출(拔出)되지 않으므로 피스톤 발출을 편리하게 하기 위하여 연접봉 하단부를 경사분할식(傾斜分割式)으로 해서 접합면을 치형(齒形)으로 만든 것이 많다. 중·저속기관에서는 연접봉단면을 원형(円形)으로 한 것이 많고, 축심을 따라 윤활유 통로가 뚫여있어 크랭크 핀을 윤활시킨 기름은 그 구멍을 통하여 피스톤핀을 윤활시키게 된다. 소형기관

이나 고속기관에서는 경량(輕量)이 요구되므로 I형이 채용(採用)되며, 재료에 있어서는 니켈강(Nickel 鋼)이 사용되기도 한다.

그랭크반경(Crank 半徑)에 비하여 연접봉이 짧은 것이 고속기관에 사용되는데, 연접봉의 경사(傾斜)가 심하면 피스톤의 마모와 실린더의 진동은 많게 되지만, 비교적 경량(輕量)으로 할 수 있고 기관의 높이도 줄일 수 있는 이점(利點)이 있다. 일반적으로 연접봉의 길이는 크랭크 반경과의 비(比)가 짧은 것에 있어서는 3.2~4.2, 긴 것에 있어서는 5 정도가 사



(A) 저속기관용 (B) 중·고속기관용

그림 3 - 1 연접봉



그림 3 - 2 베어링메탈의 균열

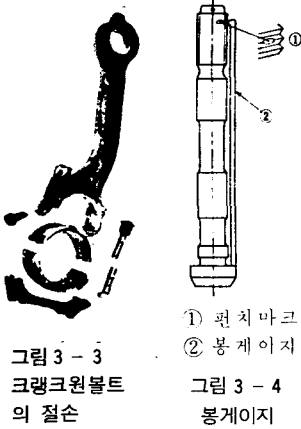


그림 3 - 3
크랭크핀볼트
의 절손

① 편치마크
② 봉게이지
그림 3 - 4
봉게이지

용되고 있다.

연접봉의 고장은 상단부 및 하단부의 각 베어링부(Bearing部)에서 많이 발견된다. 즉, 피스톤 핀과 부시(Bush)의 소착(燒着), 크랭크 핀 베어링(Crank pin bearing) 취부볼트의 절손(折損) 혹은 나사산(螺絲山)의 신장(伸張) 등으로서 크랭크 핀 베어링 취부볼트의 조임 합마킹(合Marking) 확인, 나사 길이의 점검, 간극조정용(間隙調整用) 라이너의 적부(適否) 검토 등 취급상의 주의가 필요하다.

가) 크랭크 핀 베어링의 손모(損耗)

크랭크 핀 베어링의 고장에는 베어링 메탈의 균열(龜裂), 박리(剝離; 메탈의 껍질이 벗겨지는 현상), 소손(燒損) 등이 있으며, 그림 3-2는 균열된 베어링 메탈을 보여 준다. 원인으로서는 윤활불량(潤滑不良)이 가장 많고, 설계 제작상의 면에서는 강도부족(強度不足)으로

부터 메탈이 변형(變形)하여 부분적으로 강한 충격을 감당하지 못하든가, 주베어링(Main bearing)의 기름홈의 단면적(斷面積)이 부족하여 주베어링으로부터 이송되는 윤활유가 부족하다든지, 또는 크랭크축에서 핀에 경사지게 뚫린 기름구멍이 작아지든지, 크랭크 핀의 기름홈이 너무 크다든지, 면처리(面處理)가 불량하다든지, 혹은 크랭크 핀 메탈과 연접봉과의 결합 기름 구멍이 과대(過大)하여 왕복운동의 관성력(慣性力)으로 윤활유가 피스톤 핀에 다량 흡입되므로 해서 크랭크 핀 메탈부에는 오히려 유압이 떨어져 윤활이 부족하게 되는 현상 등이 손상의 원인이 된다.

메탈의 간극이 크게 되면 운전중에는 핀과 메탈과의 충돌음(衝突音)이 높게 된은 물론 윤활유가 유출(流出)되어 그 효력을 상실(喪失)함으로써 고장을 일으키게 된다. 또한, 메탈 교체시(交替時)에 기름홈의 가공(加工)과 홈의 각부(角部) 면처리(面處理)가 미흡하여 윤활유가 메탈의 원주상(円周上)으로 고루 미치지 않거나 상하(上下) 메탈 사이의 조절라이너(調節 Liner)가 축에 접(接)하지 아니하므로 윤활유가 누출(漏出)되는 것도 메탈 손상의 원인이 된다.

소형기관에서는 수매(數枚)의 라이너를 포개서 간극을 조절할 수 있도록 되어 있는데, 만일 라이너가 구부러졌다거나 또는 고형물(固形物)이 붙어

있는 것을 모르고 조립하게 되면 이것이 폭발압력(爆發壓力)으로 눌러져서 여유간격(餘裕間隔)에 의한 진동으로 위험을 초래하게 된다. 회전(回轉)이 빠른 기관에서는 간극이 많아도 기름이 누출(漏出)되지 않고 도리어 역(逆)으로 공기를 흡입(吸入)하게 되어 크랭크 핀의 고압력(高壓力)이 걸리지 않는 하부메탈(下部 Metal)에 균열을 초래하든지, 크랭크 핀 자체(自體)의 하측(下側)에 마모(摩耗)를 발생시키는 경우가 있으므로 유의하여야 한다.

또 발열(發熱)의 원인으로서 전술(前述)한 주유부족(注油不足) 이외에 스러스트베어링(Thrust bearing)의 마모에 따른 크랭크암(Crank arm)과의 접촉(接觸), 윤활유의 불량, 찌꺼기 또는 수분(水分)과의 혼입(混入), 크랭크 축심(軸心)과 연접봉 중심과의 어긋남 등을 들 수 있다.

크랭크 핀 메탈을 분리하여 떼어낼 때에는 내면(內面)의 마모 정도를 조사해서 외견상(外見上) 마모가 많다고 생각될 때에는 계측(計測)하고, 종전의 기록과 대조(對照)하여 마모량(摩耗量)의 이상유무를 확인한다. 또 테스트해머(Test hammer)로 가볍게 두드려서 압금(押金; Keep)과 메탈과의 들뜸여부를 점검하고, 동시에 접촉면(接觸面)이 한쪽으로 치우쳤는지 아닌지를 확인함으로써 연접봉 중심선(中心線)의 어긋남과 실린더 내면(內面)의 편

마모(片摩耗)를 판단하는 참고로 한다. 또한, 메탈내면의 손상유무와 윤활유의 순환상태, 기름흡의 양부(良否)를 조사하여야 한다.

화이트 메탈(White metal)은 부드러운 발열(發熱)하면 용해되기 쉽고 손모(損耗)가 많다. 따라서, 만일 예비품(豫備品)이 떨어진 때에 다시 긴급(緊急)히 교체해야 할 상황이 발생한 때에는 압금(押金; Keep)을 깨끗이 소제하고 주석(朱錫)을 얇게 녹여 부어 랩핑(Lapping)을 잘 한 후에 간극을 조절하여 임시(臨時)로 사용하도록 한다.

기관취급상(機關取扱上)으로는 가능한 한 연속의 과부하 운전(過負荷運轉)을 피하고 녹킹(Knocking)에 따른 이상충격(異常衝擊)을 받지 않도록 하는 것이 절대적이다. 발열(發熱)되었다고 생각될 때에는 즉시 윤활유압력을 주의깊게 관찰하면서 부하(負荷)를 낮추고, 그래도 발열이 멈추지 않으면 정지하여 그 원인을 확인하여야 한다. 크랭크핀메탈의 온도는 저속기관에서 60~70°C, 고속기관에서 70~80°C 정도이다. 윤활유의 관리불량(管理不良)에 따라서도 메탈의 부식(腐食), 균열(龜裂), 혹은 마모를 촉진(促進)하게 되므로 충분한 주의를 요한다.

나) 크랭크 핀 볼트의 절손(折損)

크랭크 핀 볼트(Crank pin

bolt)에는 인장력(引張力)과 굴곡력(屈曲力)이 작용하여 극히 과혹(過酷)한 응력(應力)이 가해지며, 더군다나 힘이 작용하는 반복회수(反復回數)가 매우 심으므로 헐거워짐과 틈이 생길 우려가 많다. 또 너트(Nut)에 할핀(割Pin) 끼우는 것을 잊어버리고 조립(組立)하게 되면 너트는 자연히 이완(弛緩)되어 풀려나와 큰 고장의 원인이 된다. 그림 3-3은 크랭크 핀 볼트의 절손(折損) 등 연결부의 손상상태(損傷狀態)를 보여준다.

볼트의 절손원인은 대부분 조임이 너무 과(過)한 경우이지만, 이것과 함께 편조임(片締結)과 크랭크 핀 메탈의 간극과대(間隙過大), 장시간 사용에 따른 볼트 재질의 피로(疲勞), 볼트의 리머부(Reamer 部)와 볼트홀(Bolt hole)의 끼움틈 불량, 재료의 결함(欠陷) 등이 원인이 되기도 한다. 따라서 볼트는 서서히 강하게 조여야 하는데, 처음부터 과대한 장력(張力)을 가하면 절손의 원인이 되므로 볼트의 대소(大小)에 따라 체결력(締結力)을 규정에 적합하도록 하여야 한다. 조임 도구로는 토크 렌치(Torque Wrench)나 스패너(Spanner)에 계기(計器)를 달아 사용한다. 그러나, 토크 렌치는 고속기관의 경우 이외는 그다지 사용되기 어렵고, 일반적으로 팔의 힘에서 어느 정도를 증가시켜 조이는 방법 또는 볼트의 신장(伸張)을 계속하는 방법이 이

용되고 있다. 즉, 스패너를 1회전하는 힘은 약 50 kg 이므로 토크는 (그 힘 50 kg) × (스패너의 길이 m)로 계산하여 조임 표준토크, kg-m에 맞춘다.

팔의 힘으로는 접합면(接合面)의 가공상태 혹은 나사부의 공작정도(工作精度) 등에 따라 다르고, 그 판단은 매우 어려운 것이므로 제작사(Maker)가 조립한 상태로 합마킹(合Marking)을 한 후 풀고, 다시 조립할 때에는 그 합마킹부까지 조인 후 더 조일 수 있는가를 확인하는 정도의 힘을 한번 더 준 다음 끝내도록 한다. 만일 더 조일 수 있는 여유가 있을 때에는 그 원인을 확인하고 다시 합마킹을 해 두어야 한다. 조임이 약할 때에는 운전중에 라이너가 두들겨져서 간극이 커지게 되므로 더 조일 여유가 생기게 된다. 더 조여지지 않을 경우에는 체결력(締結力)이 약하지 않았다고 볼 수 있다. 이와 같이 해서 팔 힘을 어느 정도로 해야 할 것인가가 경험으로 결정되게 된다.

볼트는 자칫하면 너무 과도히 조여질 우려가 있으므로 규정(規定)의 스패너를 사용하고, 스패너를 연결하거나 파이프(Pipe)를 끼워서 사용해서는 안 된다. 볼트를 과도히 조인상태로 장시간 운전하면 볼트재질은 영구변형(永久變形)을 일으켜 나사산(螺絲山)은 거칠게 변형하고 또 늘어나게 된다. 이 늘어남을 조사(調査) 하는데는 그림 3-4와 같이 봉게이지(棒

Gauge)를 사용한다. 나사산의 위로부터 2~3개산의 적당한 선단(先端)을 택하여 봉게이지를 맞추고, 나사산을 줄로 쓸어 펀치(Punch)를 찍은 후 분해시(分解時)에 늘어남을 측정해서 1mm가 넘으면 신품(新品)으로 교환(交換)함으로써 큰 고장을 미연에 방지할 수가 있다. 소형기관의 경우에는 일정시간 사용 후에는 필히 신품으로 교환해 주는 것이 안전한 취급방법(取扱方法)이다. 또한, 일반적으로 장시간(長時間) 사용한 것은 나사의 말림, 나사산의 변형, 나사부의 굴곡(屈曲), 너트의 이완(弛緩), 두부(頭部) 루트부(Root部)의 흠, 리머부(Reamer部)의 헐거워짐 등에 대하여 세심히 조사해 보는 것이 긴급(緊要)한데, 외관상(外觀上)으로는 이상(異狀)이 없다하더라도 15,000~20,000시간 이상 사용한 것은 재료의 피로한도(疲勞限度)를 넘게 되므로 신품으로 교환해 줄 필요가 있다.

다) 피스톤 핀 및 메탈의 손상(損傷)

피스톤핀(Piston pin)은 피스톤에 가해진 연소압력(燃燒壓力)을 연접봉을 통하여 크랭크축에 안전하게 전달하여야 한다. 피스톤 핀도 크랭크축 등과 같이 큰 힘을 받지만, 구조상(構造上) 크랭크축처럼 그다지 굵게 할 수가 없다. 그런데도 연접봉의 상단부(上端部)가 핀을 중심으로 하여 동요(動搖)하는

만큼 마찰속도(摩擦速度)는 크지 않고, 연소실(燃燒室)에 근접(近接)하여 온도가 높으므로 유막형성상(油膜形成上)에도 불리하여 과열(過熱)하기 쉽다.

트렁크피스톤형(Trunk Piston形) 기관에서는 피스톤 핀의 고정방법에 따라 고정식(固定式)과 부동식(浮動式)이 있는데, 고정식은 키(Key) 및 볼트로서 고정하는 것과 테이퍼핀(Taper pin)으로 고정하는 것이 있다. 부동식은 소형기관 또는 중·고속기관에 이용되는데, 단순히 피스톤 보스(Piston boss)와 핀 끼움부의 양단(兩端)을 카버(Cover)하는 방법과 스냅 링(Snap ring)을 사용해서 빠지지 않도록 하는 방법이 있다. 고정식의 끼움간격의 상태는 상온(常溫)에서는 연접봉부시(Bush)에 대하여 덜거덕거림 없이 미끄러져 들어갈 수 있을 정도로, 피스톤에 대하여는 손으로는 단단히 압입(押入)되지 않을 정도이어야 하므로 상온에서 무리하게 두드려 박거나 프레스(Press)하게 되면 피스톤을 상하게 된다. 따라서 미리 뜨거운(100~120°C) 기름 속에 피스톤을 넣어 보스내경(Boss 內徑)을 팽창(膨張)시킨 다음에 손으로 밀어 넣도록 한다. 부동식은 접촉면(接觸面)이 항상 변화하므로 소손(燒損)의 우려가 적고 취급이 용이(容易)하므로 이용도(利用度)가 증가되고 있다.

피스톤 핀은 탄소강(炭素鋼) 또는 특수(Ni, Cr)강 등을 사

용하고, 통상 열처리(熱處理)를 행하여 경도(硬度)를 높여(브리넬경도로 500 정도) 연마(研摩)하고 있다. 발열(發熱)에 따라 경도는 저하(低下)되는데, 이와 같은 것을 사용하면 마모와 소손(燒損)을 일으키기 쉽다.

피스톤 핀 메탈(Piston pin Metal)은 연접봉의 상단(上端)에 박아 넣은 피스톤 핀을 지지(支持)하고 있다. 전술(前述)한 바와 같이 폭발에 의한 힘을 피스톤 핀에서 받지만, 운전 중에 반복되는 충격력(衝擊力)이 특히 크기 때문에 크랭크 핀 메탈에 비하여 피스톤 핀 메탈은 설계상 2배 가까이 허용력(許容力)을 가지도록 하고 있다.

피스톤 핀과 메탈과의 간극을 규정에 맞도록 유지(維持)하고 (표준 간극은 고정식은 $1/1000 \cdot D$, 부동식은 $0.7/1000 \cdot D$; D는 핀경) 노킹운전(Knocking 運轉)을 방지하며, 윤활유가 오손(汚損)되지 않도록 하는 것이 피스톤 핀과 메탈의 손상을 방지하는 첩경(捷徑)이 된다. 트렁크형(Trunk型) 피스톤 핀에 있어서 핀과 부시(Bush)와의 접합불량(接合不良) 또는 고열(高熱)로 인한 핀의 변형(變形) 등에 의하여 핀 끼움부에 틈이 생기고, 그 곳에 윤활유 중의 산(酸)이 작용하여 핀의 양측하면(兩側下面)에 점식(點蝕; Pitting)을 일으키는 경우가 있으므로 이 점에 대하여도 세심한 주의를 요한다.