

자동차 엔진 운동부의 트라이볼로지적 특성에 관한 고장 사례 연구

이일권¹, 전윤수¹ (대림대학 자동차학과),
김청균², 조승현², 김한구²(홍익대학교 트라이볼로지 연구센터),
김영규³(한국가스안전공사 가스안전연구개발원), 문학훈⁴(기아자동차)

Failure Study for Tribological Characteristics in Moving parts of the Automotive Engines

¹Il Kwon Lee(Depart. of Automotive Engineering, Daelim College), iklee@daelim.ac.kr

¹Yoon Soo Chun(Depart. of Automotive Engineering, Daelim College), vschun@daelim.ac.kr

²Chung Kyun Kim(Tribology research center, hongik Univ.), ckkim@wow.hongik.ac.kr

²Seung hyun Cho(Tribology research center, hongik Univ.), coolcsh@empal.com

³Han Goo Kim(Tribology Research Center, Hongik Univ.), igloo@dreamwiz.com

³Young Gyu kim(Institute of gas safety R&D, Korea Gas Safety Corp.), ygkim@kgs.or.kr

⁴Hak Hoon Moon (Kia Motor Co), hhmoon@kia.co.kr

ABSTRACT

In recent, the automotive number of korea has risen above 14millions vehicles. The automotive was settled down goods having to live. In a flood of this automotive the accuracy diagnosis for the vehicle certainly need for people referencing car. To do this diagnosis, the researcher has to experience many example in the field and need to system them. Especially, the study for failure of the engine nearly research in the korea. When moving parts of engine no problem in order to work, the engine must operate normality state. In this paper the purpose study the failure for the tribological example of engine.

Keywords : Engine oil, Oil consumption, Piston, Cam shaft, Rocker arm, Oil Pump, Crankshaft, Balance shaft.

1. 서론

자동차 엔진의 윤활은 각부의 마찰 운동부에 윤활유를 공급하여 저마찰 특성을 유지하고, 발생하는 마찰열을 냉각시킨다. 또한 윤활부에 있는 각종 이물질을 제거하며, 하중을 견디어야 하는 베어링에서는 하중을 충분히 이겨내야 안전성을 확보할 수 있어야 한다. 그리고 마찰부에서는 발생하는 산화물질을 억제하는 등 그 역할이 대단히 많다. 이렇게 중요한 기능을 담당해야 하는 윤활유는 윤활이 필요한 부위에 정량의 윤활유를 적기에 충분히 공급함으로써 엔진 마찰부에서 윤활유의 공급부족에 따른 문제점을 해결할 수 있다[1, 2].

오일 팬에 있는 오일 여과기(Oil strainer)

를 거친 엔진오일은 오일펌프에 의해 흡상되어 불안정한 오일의 압력을 유압조정 밸브에 의해 2~5kg/cm²정도의 균일한 압력으로 유지된다. 이와 동시에 공급된 오일은 오일필터(Oil filter)에서 대부분의 이물질을 모두 제거한다. 함유된 이물질이 제거되면, 적정온도로 떨어진 오일은 엔진에서 윤활유 공급을 필요로 하는 크랭크축 시스템의 피스톤과 실린더 벽면, 밸브장치, 엔진 베어링과 각종 보조장치의 마찰부 등에 공급된다. 공급된 오일은 각각의 윤활 부위를 순환하여 최종적으로 중력에 의해 아래로 떨어져 다시 오일 팬으로 되돌아가는 순환 시스템의 반복적인 윤활 작용을 한다[3].

본 연구에서는 실제의 차량에서 빈번하게 발생하는 엔진 운동부의 트라이볼로지적인

고장 사례를 연구하고자 한다.

2. 오일의 역할

2.1 엔진 오일의 역할

엔진을 가장 효율적으로 작동시킬 수 있는 요인은 엔진오일의 성능을 충분히 발휘할 수 있도록 설계하고 제조하는 것이다.

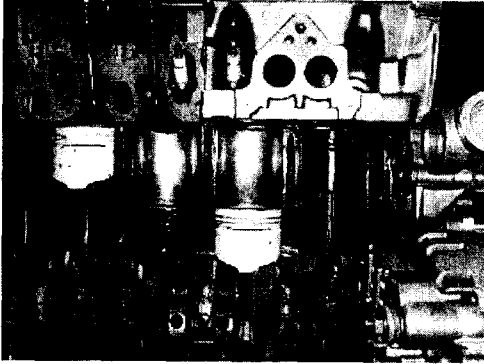


Fig.1 Structure of automotive engine.

Fig.1은 자동차 엔진의 내부 절개부를 보여주는 것이다. 자동차의 엔진오일이 자동차 엔진에서 수행해야 할 세부적인 역할을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 초기 시동성 최적화

초기 시동온도에서 엔진오일의 점도가 너무 높은 경우는 엔진내의 상대 접촉 운동부에 부하가 걸리게 되어 신속한 시동이 걸리지 않는다. 온도가 낮아지게 되면 모든 오일의 점도가 높아지게 되므로 겨울철에 사용되는 오일은 엔진의 적절한 회전 속도를 낼 수 있도록 충분히 점도가 낮아야 하며, 마멸 발생을 방지하기 위해 신속히 베어링으로 공급될 수 있을 정도로 충분한 초기 유동성을 가져야 한다.

(2) 윤활 및 마멸 방지

엔진이 작동하면 엔진오일은 각 부품의 마멸과 고착현상을 일으킬 수 있는 금속간의 접촉을 방지하기 위하여 움직이는 금속 표면을 윤활하도록 엔진내를 순환하여야 한다.

(3) 마찰감소

오일은 유막의 파단을 방지하기 위하여 점도가 높아야 하지만, 필요 이상으로 높아서 안된다. 자동차 제작회사에서는 대기 온도를 감안하여 SAE 점도등급에 따라 적당한 점도등급을 사용하도록 추천하고 있다.

(4) 엔진의 청정성 유지

고품질의 엔진 오일을 개발하는데 있어서 기본적인 목표는 엔진 각 부품의 청정성을

유지해야 함은 물론 엔진의 정상적인 운전 을 방해하는 슬러지와 바니쉬상의 퇴적물 생성 억제에 유의해야 있다.

(5) 연소실내의 퇴적물 감소

피스톤 링과 실린더 벽면에 윤활유가 원활하게 공급되어 윤활 역할을 수행하기 위해서 오일은 피스톤의 탑링(Top Ring) 부위 까지 도달하여야 한다. 그러면 탑링과 연소실 벽면에 공급된 엔진오일은 마찰열과 연소열의 불꽃에 노출되면서 결국 그 일부는 연소되어 없어지게 된다.

(6) 엔진 각 부품의 냉각

많은 사람들이 엔진의 냉각은 엔진의 냉각계통을 순환하는 물과 부동액의 혼합액에 의해서 이루어지는 것으로 알고 있다. 그러나 냉각계통의 혼합액은 전체의 약 60% 정도를 냉각시킨다

3. 오일 소모에 관련된 사례

3.1 연소실로의 유입에 관련된 사례

(1) 밸브 스템 시일부에서 연소실내로의 오일 유입

Fig.2와 같이 연소실내로 유입되는 오일은 밸브 스템부의 시일과 관련된다. 밸브가 열리고 닫힐 때 밸브 가이드의 가공불량 또는 밸브 스템 시일의 문제점으로 인하여 오일은 실린더 내부로 유입하게 된다.

시일의 성능 불량으로 엔진오일이 밸브 스템을 타고 내려와 실린더로 유입하게 되면 스파크 플러그가 오염되어 점화에 문제가 발생하고, 또한 연소과정중에 불완전 연소가 되면서 백색의 배기가스를 방출하거나 밸브 헤드부의 오일연소 카본 고착 등으로 노킹 발생의 원인이 된다.

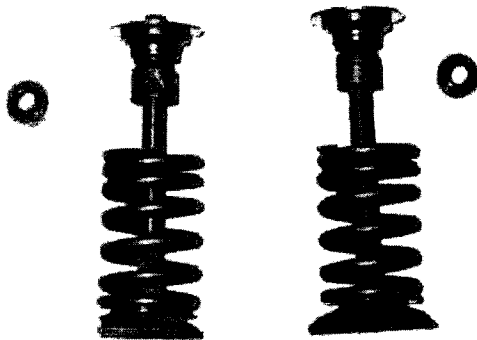


Fig.2 Failure example of valve stem seal.

(3) 피스톤 핀의 유격으로 인한 오일 유입

Fig.3은 피스톤 핀의 유막간극 설계 불량,

피스톤 핀의 가공불량 또는 크랭크 케이스로부터의 오일 유입량 부족으로 인하여 피스톤의 스커트 부위가 손상된 경우이다. 피스톤 핀이 손상되면 피스톤은 상하 왕복 운동시 유격이 발생하게 된다. 이 유격으로 인해 피스톤 스커트부와 실린더 내벽이 스커핑 마멸됨으로 실린더 내벽과 피스톤 링 사이의 실린더 간극이 규정값보다 크게 되면서 이곳을 통하여 오일이 연소실로 유입된다.



Fig.3 Wear example of skirt part by end play in piston pin.

(4) 피스톤 및 실린더 내벽 가공불량으로 인한 오일 유입

실린더 내벽은 최적의 다듬질이 요구된다. 적절하게 가공된 실린더 내벽은 과다하지 않은 오일 막이 형성되어야 한다. 또한 실린더의 마멸이나 손상없이 내경에 대하여 윤활 작용을 하면서 링 사이에서 생기는 일부의 비틀림 현상을 상쇄시키는 적절한 재질이어야 한다. 만약 피스톤이 가공불량으로 인해 피스톤의 상하 왕복운전을 할 때 실린더 내벽을 마멸시키고, 또한 실린더 내벽의 가공 정밀도 불량으로 인하여 규정 간극보다 커질 경우에는 엔진오일이 연소실로 과다 유입될 수가 있다[4].

3.2 오일부족시 발생하는 고장사례

(1) 캠샤프트 축의 고착

캠축은 정확한 시기에 정해진 순서에 따라 밸브의 상하 왕복 운동이 이루어지도록 한다. 또한 동시에 밸브 스프링에 의해 밸브가 닫힐 수 있도록 하여야 한다. 밸브가 열리는 시점은 캠의 위치에 의해서 결정되고 밸브의 열림 지속 기간, 밸브의 행정, 밸브의 운동 과정 등은 캠의 형상에 의해 결정된다[5].

캠축의 양정이 작을 때는 밸브 개폐시기 불량, 흡·배기효율 저하 및 출력 저하 현상

이 발생할 수 있다. 또한 캠축이 운동중에 캠축의 윤활부에 윤활이 부족한 경우에는 캠축이 고착되는 경우가 있다. Fig.4는 캠축의 마멸사례를 보여주는 것이다.

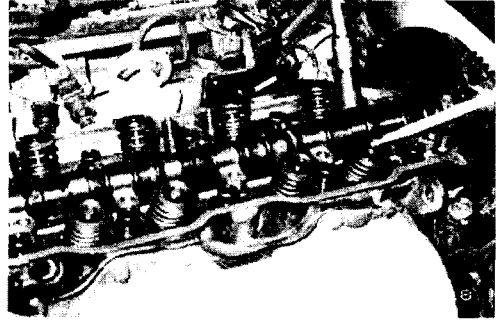


Fig.4 Wear example of camshaft.

(2) 로커암 캠의 고착현상

밸브의 로커 암은 푸시로드 또는 캠과 접촉되어 밸브를 열어주는 역할을 한다. 로커 암 축에 의해 중앙 부분이 지지되어 실린더 헤드에 설치되며, 푸시로드 또는 캠에 의해 밀어 올려지면 다른 한끝은 밸브 스템을 눌러 밸브를 열게 된다. 다른 한끝에는 밸브 간극을 조정하는 조정 스크루가 설치되어 있고, 밸브쪽을 푸시로드 쪽보다 1.2~1.6배 길게 한다.

밸브틈새가 너무 작을 경우에는 밸브가 너무 빨리 열리고 늦게 닫힌다. 밸브 틈새가 너무 클 경우에는 밸브가 너무 늦게 열리고 아주 일찍 닫힌다. Fig.5는 로커 암 캠의 마멸된 예를 보여주는 것이다.

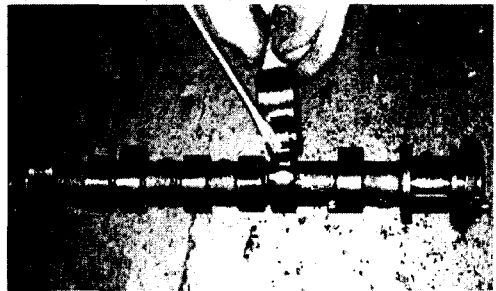


Fig.5 Wear example of rocker arm.

(3) 오토래쉬의 고착

유압식 밸브 리프터는 엔진 오일의 비압축성을 이용하여 냉간이나 온간상태에 관계없이 언제나 밸브 틈새를 0으로 유지하므로 제로 래시 밸브 리프터(Zero lash valve lifter)라고도 한다[6].

유압식 밸브 리프터는 분해한 다음 엔진 오일을 가득 부어 잠긴 상태에서 오일압력



Fig. 6 Stick example of autolash.

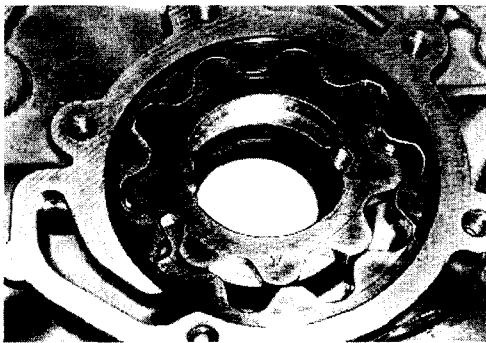


Fig. 7 Sticking example of oil pump.



Fig. 8 Failure example of oil no feeding for crankshaft.

이 유지된 상태에서 조립하여만 엔진이 작동할 때 리프터 옆면의 구멍으로 기관의 유압이 가해지도록 되어 있다. Fig.6은 오토래쉬의 오일이 공급되지 않아 오토래쉬 역할을 하지 못한 사례를 보여 주는 것이다.

(4) 오일펌프 고착

오일 펌프는 오일 팬 내에 있는 엔진오일 또는 을 빨아올려 각 운동부분에 압송하는 펌프이다. 오일펌프의 구동은 크랭크축 캠축에 의해 구동되어 오일 팬 내의 오일을 흡입·

가압하여 각 윤활부에 오일을 공급한다. 펌프의 기어부의 마멸량은 기어이 끝간극, 보디간극, 사이드 간극을 측정하여 마멸상태를 점검한다. Fig.7은 오일 공급부족으로 인해 오일 펌프가 고착된 고장 사례를 보여 주는 것이다.

(5) 크랭크 샤프트 고착

크랭크축 내부에는 커넥팅 로드 베어링에 오일을 공급하기 위한 오일통로가 뚫려 있어 메인 베어링에 공급되는 오일의 일부가 오일 통로를 통하여 압송된다. Fig.8은 크랭크 샤프트의 오일 부족으로 인한 고장 사례를 보여주는 것이다.

4. 결론

엔진의 작동은 엔진 각부의 운동부품이 아무런 문제없이 역할을 해야만 가능하다. 엔진의 움직임에 의해 엔진 내부의 연소실에서는 부압이 형성되어 혼합기를 연소실로 흡입하는 피스톤운동부, 피스톤을 크랭크축과 연결하여 상하로 왕복 운동을 회전운동으로 바꾸어 주는 커넥팅 로드, 엔진의 최종 회전출력으로 나오는 크랭크 축의 운동부 등의 원활한 운동을 돕는 것이 윤활 작용이다. 이러한 운동부의 운동에 윤활부족이라는 문제가 생기면 마찰열에 의해 고착되어 운동을 할 수 없게 되고 결국 엔진은 멈추게 된다. 이러한 엔진의 트라이볼로지적인 문제를 현장 사례를 통하여 연구하는 것이 국내 자동차 산업의 발전방향과 함께 매우 중요한 분야로 평가될 것이다.

참고문헌

1. Chung Kyun Kim, Nickolai K Myshkin, Mark I, Petrokovests, " Introduction to Tribology " Cheong Moon Gak, 1997.
2. Il Kwon Lee, Yoon Soo Chun, Chung Kyun Kim, Seong Hyun Cho, Han Goo Kim, Geum Won Khang, " Faliure Study of Tribolocal Characteristics in Auto Transmissions", KSAE spring conference, pp.1286-1291, 2004.
3. Chung Kyun Kim, " Automotive Engine Engineering" Bok Doo, 2002.
4. Il Kwon Lee, " Automotive Failure Diagnosis" Sun Hak, 2002.
5. Korea Society Automotive Engineering, "Automotive Technology Handbooks II", 1996.
6. Maintenance manual of Hyundai Motors.