

윤활자료



“분광식 오일분석 (Spectrometric oil analysis)에 의한 기관의 예방 정비에 대한 고찰”

공군사관학교 교육과장
강 석 춘 소령(박사)

1. 서 론

윤활기관의 예방정비(점검)의 한 방법인 분광식(Spectrometric) 오일 분석방법은 윤활유샘플에서 마모량과 마모성분을 측정 및 분석하는 방법이다. 즉 엔진, 기어 박스나 유압계통 등 유체가 있는 곳에서 상호운동하는 부품의 작동 상태는 작동 유체샘플에 함유된 마모물의 함유량을 주기적으로 측정함으로써 기관이 정상적으로 작동하는지의 여부를 확인할 수 있고 만약 비정상적인 마모가 일어나는 것이 확인되면 더 이상 손상이 심화되기 이전에 수리 및 정비를 하도록 필요한 정보를 제공해준다. 이런 방법의 예방 정비는 인명의 안전과 정비관리비용 절감 등 많은 잇점을 갖고 있다. 이 방법의 역사는 1947년 미국의 철도회사가 디젤 기관차의 마모율을 측정하기 위해서 윤활유를 화학분석 하기 시작하면서 시작 되었다. 다음해인 1948년에 미 해군이 터빈이나 왕복동 엔진의 오일분석을 위한 실험실을 설치 운영하였고 곧 이어 미 공군도 비슷한 계획을 추진하였다. 그후 이방법에 의해 많은 함정 및 항공기 엔진 손상을 미리 점검 및 정비를 가능하게 해줌으로써 인명손실 등 놀랄만한 성과를 보았고 현재엔 전 세계의 항공기 정비에 필수적인 도구가 되었다. 최근엔 미국 및 선진공업국에서는 상업적으로 많이 응용되고 있고 개별적으로 연구실을 운영하는 곳이

상당수에 이르고 있다. 그러나 아직 한국에서는 항공기를 제외하고는 별로 잘 알려져 있지 않고 있어서 보다 정밀하고 다양한 윤활기관 정비에 이용을 권장하는 의미에서 이를 소개하고 그에 대한 문제점등을 고찰해 보고자 한다.

2. 금속의 마모

마모는 기계의 상호운동하는 부분에서 마찰에 의해 항상 일어난다. 이때 마찰과 마모를 감소시키기 위해서 윤활제를 이용하고 있고 윤활제도는 윤활유체를 대부분 이용하나 마찰과 마모를 완전히 제거시킬수는 없다. 따라서 마모되는 금속입자는 윤활유속에 녹거나 섞이어서 윤활기관에서 계속 존재한다. 그러므로 윤활유를 정량 정성적으로 분석하여 마모물 함유량의 측정에 의한 정상 비정상을 구분하고 그 성분비를 분석함으로써 비정상적으로 마모되는 부품을 추적하는 것이 가능하게 된다. 만약 정상적으로 작동하는 기관에서는 금속의 마모물은 일정한 비율로 생겨난다. 이 마모율은 같은 모델의 장비에 대해서는 거의 비슷하다. 따라서 윤활유 소모가 없는 완전 폐회로계통에서는 일정한 율로 증가할 것이고 시간에 대한 금속 함량은 이론적으로 그림 1과 같을 것이다.

비정상상태의 마모^①는 일반적으로 마모율을 가속시키고 마모입자의 양과 크기등을 증가시킨

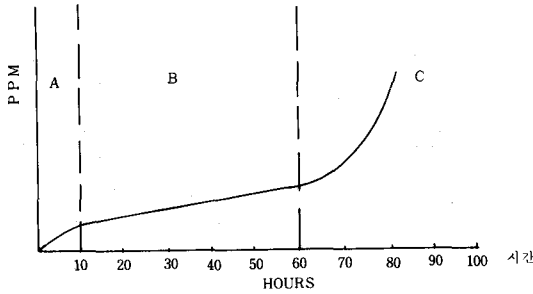


그림 1. 작동시간에 대한 마모금속 함유량
 A. Break-in 마모, B. 정상상태마모
 C. 비정상 마모

다. 만약 이 상태가 계속 되면 기관의 부품은 계속 악화되어 2차파손을 유발시키고 다른 부품에까지도 손상을 입히게 된다. 이런 비슷한 현상은 짧은 시간이기기는 하지만 새 부품의 경우 초기 길들이기 (Break-in, running-in) 기간에도 일어나지만 계속되지 않는한 큰 문제를 야기시키지는 않는다.

3. 마모물의 측정

운환기관에서 생기는 마모물은 그 계통에서 채취된 유체 샘플을 분광식 분석방법으로 극히 낮은 함량까지도 정확히 측정할 수 있다. 현재 사용중인 분광식 분석에는 아래와같이 두가지 방법이 있고 분석할 수 있는 원소는 이론적으로 거의 전부 가능하다.

1) Atomic Emission 방법

이 방법은 운환 유체내에 있는 마모물 함유량을 정량 및 정성적으로 분석하는 광학적인 장비이다. 분석의 원리는 아래와 같다.

- 사용된 오일샘플을 병 뚜껑에의해서 탄소 전극 원판에 묻힌다(A)
- 정확하게 조절된 고전압에 의한 방전 불꽃이 수직 전극(B)와 회전원판(A)사이에서 오일을 태워준다.
- 타고있는 오일로부터 발생하는 빛은 탐지하고자하는 마모금속에 해당되는 파장에 위치한 구멍을 통과한다.
- 빛이 구멍을 통과함에따라 광전관들은 빛

파장을 전자적인 에너지로 변환시키고 실험용 기록카드에 백만분의 얼마(PPM)으로 자동적으로 기록된다. (그림 2,3 참고)

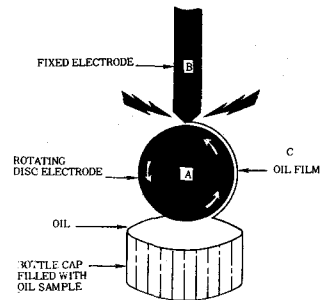


그림 2. Atomic Emission Spec.의 개략도

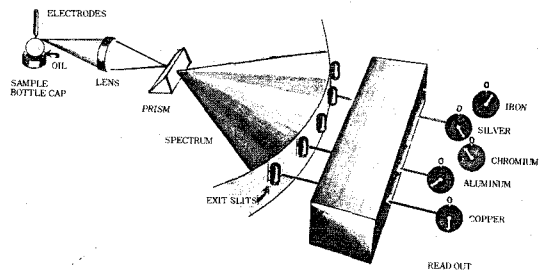


그림 3. Atomic Emission Spec.의 분석방법

2) Atomic adsorption 방법

이 방법도 역시 운환유내에 있는 마모물을 분석하는 방법으로 운환유속에 녹아있거나 섞여져 있는 금속과 중금속의 함유량을 정량적으로 정확히 측정할 수 있는 광학장비이다. 원리는 먼저 오일 샘플을 불꽃속에 집어넣어 타게 함으로써 높은 온도로 가열시킨다. 이때 고온에서 금속들은 분자사이의 화학결합이 깨지고 각 원자들은 샘플 주위를 자유로이 부유할수 있다. 이조건에서 원자들은 자외선이나 가시광선

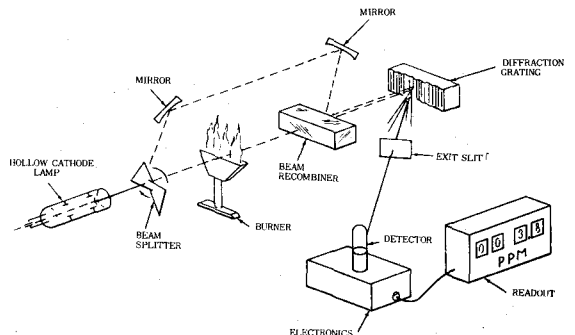


그림 4. Atomic Adsorption Spec.

을 흡수한다. 각 원소들이 흡수하는 파장의 폭은 원소마다 서로 다르고 또 함유량에 따라 흡수되는 빛 에너지가 다르므로 원소의 성분과 함량을 측정할 수 있게된다. (그림 4 참조)

4. 분광식 측정방법의 제한점

분광식 유체분석 방법은 윤활유체내의 마모물 함유량이 비정상적으로 증가하는 현상의 손상을 탐지하는데에만 매우 효과적이다. 이 방법의 제한점을 살펴보면 아래와 같다.

1) 탐지할 수 있는 경우

- a. 닳거나 부서진 피스톤링을 포함한 왕복동 엔진의 실린더 손상과 Scored 된 피스톤 및 실린더벽, 손상된 피스톤 된 밸브스프링 및 밸브 가이드.
- b. 닳거나 잘못 배열된 또는 부서진 회전 베어링과 리테이어
- c. 닳거나 잘못 배열된 또는 Scored 된 기어
- d. 닳거나 Scored된 저널 베어링
- e. 직접 상호 마찰운동에 의해서 혹은 잘못 배열이나 배치된 면에서 마모물이 윤활 계통에 점점증가 되는 손상 등.

2) 탐지할 수 없는 손상

- a. 눈으로 볼 수 있을 정도크기의 칩이나 마모물.
- b. 유체의 갑작 스런 고갈등 윤활분석에 의해 탐지할 수 없을 정도로 급격히 진전되는 손상.
- c. 손상 초기부터 상당의 마모물을 만들지 않고 부품을 심하게 또는 완전히 손상시키는 파손, 이러한 경우는 대부분 피로 파괴이고 아직 적당한 예방 점검방법이 없다.

5. 실제적으로 고려할 사항

분광식 분석방법의 결과와 평가자에 의한 분석의 효과는 오일 샘플이 채취된 그 기관을 대표한다는 가정에 기초를 두고 있고 그 값이 갑자기 변하는 경우엔 샘플의 출처가 정확한지 확인이 필요하다. 취급자에 의한 부주의는 불필

요한 정비를 초래하는 수가 많으니 특히 주의하여야 한다.

윤활유에 대한 오염은 샘플에 가장 영향을 많이 미친다. 마모물의 갑작스런 증가, 물의 침투, 비정상적인 색깔 또는 혼탁한 것들은 오염된 증거이고 측정을 위해서는 다른 샘플이 필요되거나 한 두번쯤 기관을 씻어낸 후 다시 샘플 채취가 요구된다. 또한 주의할것은 사용 오일을 바꾸었을 경우는 새 오일을 미리 조사하여서 기준치를 설정해두는것이 필요하다. 왜냐하면 첨가제로 포함된 금속 성분이 분석결과를 부정확하게 할 수 있고 이들은 마모금속과 분리되어야 하기 때문이다.

부식의 가장 보편적인 형태는 전기적 부식이다. 이것은 분광분석 방법에 의해 검사가 가능하다. 기타 다른 부식으로는 산화에 의한 부식으로 겨울이나 해변 또는 비가 많은곳에서 수분의 침투에 의한 것이다. 대개 철이나 마그네슘 같은 금속의 부식은 현미경 검사로 확인이 가능하다.

윤활유의 오염의 일종인 불순물이나 모래 등은 탐지가 쉽지않고 윤활유를 여과한 후 현미경 검사의 확인을 필요로 한다.

새 부품이나 기관의 경우는 정상상태보다 더 빨리 마모가 증가되는 경향이 있다. 이것은 정상적인 것이나 만약 장시간 계속되면 조심스럽게 관찰및 점검이 필요하다. 길들이는 기간은 부품이나 기계및 작동조건에 따라 달라지고 Jet 엔진이나 기어박스 등은 20여시간 정도이다.

그러나 왕복동 기관은 100~200여 시간이 필요하고 다음 그림은 새 엔진에 대한 경우를 보여준다.

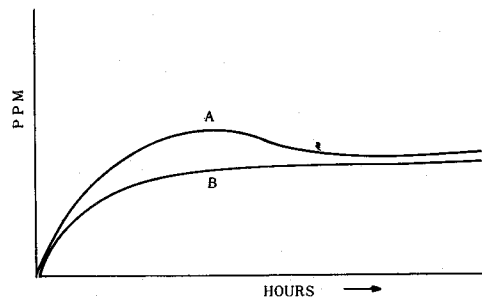


그림 5. 작동시간에 대한 마모율관계
A : 왕복동 엔진 B : 젯엔진

그림 1에 의하면 마모물 함유량은 시간에 따라 계속 증가하지만 실제로는 윤활유 소모영향과 새 윤활유 보충 때문에 그렇지 않는다. 만약 윤활유를 소모된 만큼 계속 보충해준다면 그 결과는 그림 6과 같을 것이다.

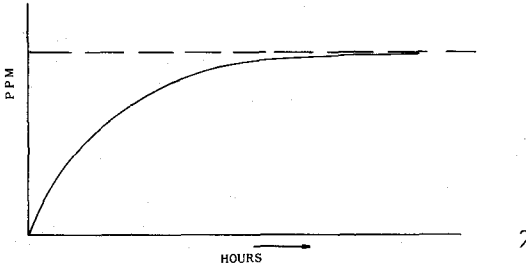


그림 6. 계속 윤활유가 보충된 경우의 마모물 함유량 관계

따라서 마모금속 함유량관계는 2개의 변수를 갖고있다. 첫째는, 윤활유 소모와 보충관계이고 다음은 마찰에 의한 마모금속의 생성이다. 그림 1의 원만한 곡선은 윤활유 손실이 계속 보충된다는 가정이나 실제로는 그렇지 않고 그림 7과 같이 톱리모양으로서 주기적인 윤활유 보충과 교환의 영향을 받는다. 그림 8은 비정상적인 경우 오일교환에대한 영향을 나타내준다.

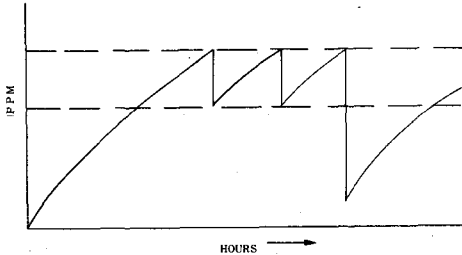


그림 7. 주기적인 윤활유 보충과 교환의 영향

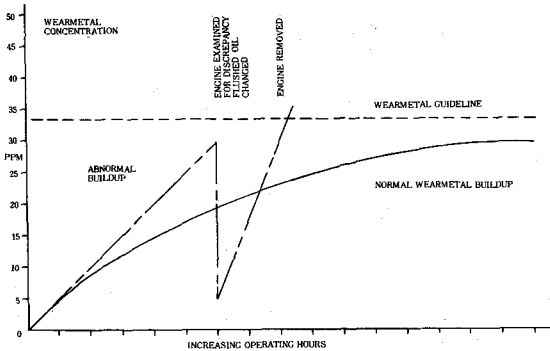


그림 8. 정상적인 경우와 비정상적인 경우의 마모물 함유율 관계

다음으로 고려하여야 할 사항은 샘플 채취시기이다. 잦은 오일 교환이나 보충이 있는 경우는 새 오일이 첨가되기 직전이 가장 좋고 분석을 위해 작동시간을 정확히 체크해 놓아야한다. 또 수리한 후에는 그 수리 내용을 기록하고 분석에 참고시켜야한다.

마지막으로, 오일 분광분석 방법은 항상 완전한것은 아니다. 따라서 보조 분석 방법이 수반되어야하고 그중에는 여과기나 스크린에 의한 조사, 자석식 칩수거 조사(그림 8 참조) 소음이나 진동등의 보조 자료가 필요하며 장비의 작동조건 및 수선 상황등 모든 가능성을 함께 고려하는것이 정확한 진단에 필수적이다.

이 모든 자료분석엔 계속된 기록과 분석자의 경험이 필요하고 오일샘플 채취방법의 통일등 기술적인 훈련이 요구되고 있다.

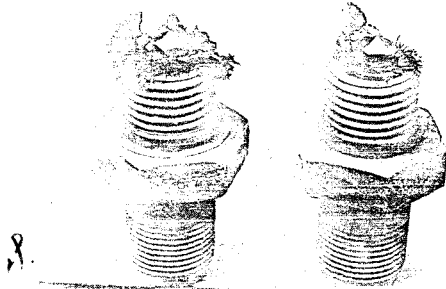


그림 9. 자석식 마모물 수거장치 (Magnetic chip detectors)

6. 결 론

오일의 분석에의한 정비및 점검은 기관의 모든 상태를 완전하게 해결해 주지는 않지만 고가 장비나 정밀장비의 작동을 위해서는 꼭 필요한 것으로 충분히 이용할만한 가치와 잇점을 갖고 있다. 이 방법에 의해 기관부품의 파손에 대한 조기탐지뿐만아니라 정비작업이 적절히 이루어졌는지 확인할 수 있고 설계및 재료의 결함을 탐지하여 개선할 수 있도록 해주며 정상적으로 작동하는 부품이나 기관의 수명연장등 여러방면으로 이용할 수 있다. 또 윤활유 품질향상을 위한 실험방법으로 현재 많이 보급되고있어 여러모로 효과를 거둘 수 있는 신기술및 장비이다.