

산업용 윤활유 윤활 관리 현황 보고(제 1 보)
(Report on the Current Status of Lubricants Management I)

전정식, 권완섭, 문우식
 SK 대덕기술원 제품기술연구팀

1. 서론

부적절한 윤활은 기계 설비 고장과 40% 이상 심지어 80%정도 연관성이 있는 것으로 알려져 있으나, 실제 산업체에서 관리하기에는 매우 어려운 부분으로 여겨져 왔다. 그럼에도 불구하고 설비의 무인화, 자동화, 노후화가 진행되고 설비 관리의 중심이 Preventive Maintenance 에서 Predictive Maintenance, Proactive Maintenance 로 변화되기 때문에 효과적인 윤활관리의 방안이 필요하게 되었다. 최근 이러한 관점에서 윤활유를 소모품이 아닌 관리 대상의 하나로, 기계 설비의 상태를 알려주는 중요한 대상으로 파악하고자 하는 통합윤활관리(TFM, Total Fluid Management)의 개념이 도입되기에 이르렀다. 통합윤활관리는 생산성과 경제성을 높이기 위해 개발된 체계를 말하는 것으로 윤활유 추천, 저장, 급유, 모니터링, 교환, 폐기에 이르기까지의 전 과정을 체계적으로 분류하고 전체를 설비의 생산성을 높이는데 집중시키는 총괄적인 관리 체계이

다[1-5].

TFM은 사용되는 오일의 종류, 설비의 종류에 따라서 다양한 형태로 진행될 수 있으며, 산업체의 관점에 따라서도 구성 요소를 다르게 할 수 있으나 일반적으로 윤활관리 실태를 조사하는 작업으로부터 전산화, 상태 진단 (Condition Monitoring), 폐기물 처리, 교육 훈련 등으로 구성되며 구체적인 내용을 요약 하면 표 1 과 같다.

현장조사는 문제점 도출 및 윤활 관리 개선안 제시에 대한 기초가 되는 과정으로, 이 결과를 바탕으로 향후 개선 계획을 작성하게 된다. 현장 조사 결과에 나타나는 문제점을 단순히 해결하는 것만으로도 설비의 신뢰도 향상에 어느 정도의 개선 효과가 예상된다.

전산화는 Lube-scheduling 시스템으로 표현할 수 있으며, 윤활유에 관한 자료뿐만 아니라 조업 현황, 작업자, 파손 사례, 부품 관리 등 설비에 관한 모든 자료를 데이터베이스화 하여 여러 부분에서 공유할 수 있

표1 TFM 의 구성

	목표	내용
현장조사	윤활관리 개선 방안 제시, 적유선정	윤활유 사용 실태 조사, 장비 상태 및 운전 조건 조사
전산화	전산화를 통한 체계적 윤활 관리 프로그램 완성	설비별 DB 구축, 담당자별 업무계획, 점검 자동화, 윤활개소별 급유현황관리, 급유이력관리 및 trouble shooting 기록 관리
재고관리 시스템(전산화)	비용 절감	현장보유 재고 최소화, 유종 통합, 취급분배,
모니터링	상태진단, 운전 신뢰도 향상	On site monitoring, off site monitoring
폐기물 처리	재활용, 환경오염 방지	폐기물 수집 및 재활용 통한 사용자의 폐기물 처리 문제 해소
교육훈련, 기술지원	사용자의 윤활관리 수준 향상	현장 작업자 및 관리자를 대상으로 문제점 자문 및 trouble shooting 사례 교육

도록 하는 것을 말한다. 전산화가 잘 이루어져 있으면 이를 바탕으로 작업 요소와 작업 계획을 효과적으로 관리할 수 있다. 또한 다양한 분석을 통해서 일의 진행을 계획적으로 하여 우연히 발생할 수 있는 실수를 줄일 수 있다. 전산화는 재고 관리를 가능케 하여 적정 재고 수준을 유지하도록 하며 윤활유의 취급, 분배 및 통합을 가능하게 한다.

모니터링 기법의 적용은 모든 설비를 대상으로 하는 것이 바람직하나 윤활유에 대한 모니터링은 윤활과 기계설비에 대한 복합적이고 체계적인 분석능력을 요구하기 때문에 매우 많은 비용이 소요되므로 효율성 측면에서 설비의 중요도에 따라 그 수준을 다르게 하는 것이 바람직하며, 일반적으로 중요 설비를 선정하여 진행하는 것이 타당하다.

모니터링은 공정의 신뢰도를 향상시켜 갑작스런 설비 파손에 기인한 손실 비용을 줄일 수 있도록 해 준다. 대부분의 경우에는 On-Site Monitoring을 통해 이 물질과 수분혼입을 찾아내는 것이 바람직하고 이러한 On-site monitoring에서 특이점이 발견되는 경우나 생산성에 지대한 영향을 미치는 설비에 대해 Off-Site Monitoring을 실시한다. 점검 주기는 비용과 직접적으로 연관이 있으므로 합리적으로 선정하는 것이 중요하다. 앞에서 언급한 시스템의 전산화에 작업자의 편의성과 동선을 고려한 최적 작업을 도출할 수 있도록 Scheduling하고 시료의 채취 주기를 설정하는 것이 바람직하다. 시험항은 설비의 중요도, 교체용이성, 오염도 수준, 운전 조건에 따라서 선정되어야 한다. 특히 윤활유 분석을 통한 설비의 상태를 진단하는 경우에는 오염도와 마모입자의 분석이 매우 중요한 항목이 되어야 한다. 이는 기계 장치의 파손의 대부분의 원인이 오염에 있기 때문이다.

폐기물 관리는 오일 교환 후 발생하는 사용유를 포함한 모든 폐기물을 처리하는 것을 말하여 수집, 수송 및 재활용의 모든 조치를 포함한다. 폐기물 관리의 효과적인 수행은 비용측면 뿐 아니라 제조자와 사용자 모두에게 있어 도덕적 측면에 있어서의 부담감을 해소할 수 있도록 해 준다[3].

본 보고에서는 이러한 TFM의 여러 단계 중 현장 조사를 통하여 국내 업계의 윤활관리 현황을 진단하고 개선방향에 관하여 논의하고자 한다.

2. 사례 연구

2.1 사례 연구의 목적과 범위

본 조사는 월간 60드럼정도의 윤활유를 사용하는 중간 규모의 산업체를 대상으로 윤활관리 현황을 조사하고 생산성 향상을 위한 개선방향을 도출하기 위해 실시되었다. 대상 업체는 233개의 윤활개소를 가지고 있었으며 이들은 주로 유압장치, 감속기, 베어링으로 구성되어 있었다. 본 조사에서는 그리이스에 의해 윤활되는 베어링 요소들을 제외하고 유압유, 기어유에 한정하여 실시하였다.

2.2 적유 선정

윤활의 기본은 적절한 윤활제를 적절한 시기에 공급하는 것이기 때문에 적절한 윤활유가 사용되는지를 확인하는 것이 매우 중요한 일이다. 이를 위해 현장 조사의 첫 단계로 장비제작자가 추천한 윤활유와 실제 사용유가 일치 하는 지에 대하여 조사를 실시하였다. 표 2는 조사를 하기 전에 산업체에서 이미 보유하고 있던 윤활유량과 윤활개소에 관한 기록을 표시한 것이다.

표2 윤활유사용현황 - 조사전
[단위 : Liter]

제품명	윤활개소	Tank용량	비율(%)
A AW 46	45	28240	46.0
EP 150	3	200	0.3
EP 220	58	14150	23.1
EP 320	4	4160	6.8
B AW 46	1	220	0.4
ZSV 32	30	8730	14.2
AW 150	12	1750	2.9
CAW 46	12	3700	6.0
aCAW 68	3	200	0.3
총계	168	61350	

표 3. 부적절한 윤활유가 사용되고 있는 윤활개소 요약

공정명	개소	현재	추천
A	2	ISO VG 320, Anti-Wear Type	ISO VG 320, R&O type
B	8	ISO VG 68	ISO VG 15
C	1	ISO VG 46	ISO VG 32
D	4	ISO VG 32, R&O Type	ISO VG 32, Anti-Wear Type
E	5	ISO VG 46 CAW	ISO VG AW 46
F	7	ISO VG 46, CAW	ISO VG 32, CAW
G	10	ISO VG 220, Gear Oil	ISO VG 320, Gear Oil
H	6	ISO VG 150, Gear Oil	ISO VG 150, Anti-Wear Type
I	1	ISO VG 32, R&O Type	ISO VG 32, Anti-Wear Type
J	2	ISO VG 150, Gear Oil	ISO VG 150, Anti-Wear Type
K	1	ISO VG 32, R&O Type	ISO VG 32, Anti-Wear Type
L	2	ISO VG 46, CAW	ISO VG 46, Anti-Wear Type
M	15	ISO VG 32, R&O Type	ISO VG 32, Anti-Wear Type
N	7	ISO VG 220, Gear Oil	ISO VG 320, Gear Oil
O	4	ISO VG 32, R&O Type	ISO VG 32, Anti-Wear Type
P	10	ISO VG 220, Gear Oil	ISO VG 150, Gear Oil
Q	2	ISO VG 150, Gear Oil	ISO VG 150, Anti-Wear Type

표 2에 나타난 바와 같이 전체 설비의 대부분이 유압설비로 내마모성, 범용, 청정 유압 작동유가 주로 사용되고 있었으며, 전체 오일의 30% 정도인 기어오일은 주로 감속기에 사용되고 있었다. 고점도 유압유는 베어링 윤활을 위해 사용되고 있었기때 장비의 매뉴얼 및 실제 설비를 중심으로 설비 윤활 조건을 종합적으로 재검토한 결과 실제의 윤활 개소는 초기에 168 개소로 조사된 것에 비해 65 개소가 늘어난 233 개소로 파악되었다. 다시 파악된 65 개소는 통합 관리가 되지 않았던 부분과 간헐적 운전으로 윤활에 대한 관심이 부족하여 관리되지 않았던 부분들이었다. 현장에서는 장비제작사가 추천하고 있는 윤활유를 사용하고 있는 것으로 믿고 있었으나 표 3, 4에서 나타난 표시된 바와 같이 전체 233 개소 중 87 개소에서 사용되는 윤활유가 장비제작사가 추천한 윤활유와 상이한 등급의 것으로 조사되었다. 이를 유형별로 보면 점도 등급이 상이한 오일이 적용되는 경우가 전체의 50% 정도로 가장 많았는데 부적절한 점도 등급의 제품을 사용할 경우에는 유온 상승 및

적절한 윤활막의 형성이 어려워 윤활유 뿐 아니라 설비의 수명도 단축될 가능성이 매우 크다. 또한 내마모성이 있는 유압 작동유를 사용하여야 하는 설비에 R&O (Rust and Oxidation

Inhibited)형 유압유 또는 기어유를 사용하여 기계적 마모 또는 베어링 등의 부식 마모를 초래할 가능성이 있는 경우가 약 40% 정도를 차지했다. 반면 적용 개소는 작지만 상대적으로 일반 유압유를 사용하여도 되는 곳에 청정 유압유를 사용하는 곳도 있었는데 이는 추가 비용을 발생시킨다. 전체적으로 장비제작사의 추천과 무관한 오일들이 전체 설비의 37%에서 사용되고 있었다. 이는 설비 고장의 40 ~ 80%정도가 윤활과 직간접적으로 관계가 있다고 볼 때 매우 위험한 일이다.

2.3 교환주기 설정

현재 대부분의 공장에 설정되어 있는 윤활유의 교환주기는 설정 근거가 매우 미약하였다. 대부분의 장비 제작자는 마모 및 오일 열화 생성물로부터 장비를 보호하기 위해 매우 짧은 오일 교환주기를 추천하고 있

표4. 부적합 제품 사용유형

유형	빈도	비율 (%)
저점도 추천에 고점도 오일	26	29.9
고점도 추천에 저점도 오일	17	19.5
R&O에 AW사용	2	2.3
AW에 R&O사용	25	28.7
AW 유압유에 Gear Oil사용	10	11.5
AW에 CAW 사용	7	8.0
	87	100

다. 그러나 현실적으로 우리나라의 거의 모든 산업체는 24 시간, 365 일 가동되는 작업장이 많기 때문에 장비제작사의 추천에 따라서 설비의 온전을 멈추고 오일을 교환할 수 없는 실정에 놓여 있다. 이러한 상황에서라도 일반적인 경우, 윤활유의 교환주기는 관념적으로 1년, 2년, 3년, 등으로 결정되어 교환이 이루어지고 있었다. 금번 조사에서도 표 5 와 같이 공정과 윤활유의 종류에 따라서 윤활유 교환이 이루어지고 있으며 오일의 평균 교환주기는 약 2.2년인 것으로 조사 되었다.

교환주기의 설정에 영향을 주는 요인으로 유온, 오일이 받는 부하, 기계 부품에서 요구하는 청정도 수준, 설비의 중요도 등이 있을 수 있다. 이러한 요소들을 고려하여 교환주기를 재설정하는 것이 필요하다. 교환주기를 재설정 하는데는 여러 가지 방법이 있을 수 있으나 제 요소를 합산하는 방법에 의해 계산한 결과 교환주기에 있어서 30%정도의 가감 요소가 발생하고 평균 교환주기는 2.3년 정도가 되는 것으로 조사 되었다.

2.4 사용유의 분석

오일을 분석하는 방법은 그 목적에 따라서 시험항목을 달리 해야 한다. 윤활유의 상태만을 점검하기 위해서는 점도, 전산가, 침전가 등이 사용될 수, 있고 보다 정확한 데이터를 얻기 위해 오염도, FT-IR, 원소분석 등이 추가적으로 실시 할수 있다. 그러나 정

확한 데이터를 얻기 위해서는 많은 비용이 소비되기 때문에 현재 대부분의 경우에는 윤활유의 노화정도를 측정하는 일반물성 시험에 국한 되어 시험을 진행하고 있었다. 산업체에 사용되는 오일은 일반 물성 변화 못지않게 오염도가 중요하기 때문에 윤활유를 소모성 부품이 아닌 설비를 모니터링 할 수 있는 중요한 수단으로 이해하는 것이 필요하다.

전체 윤활개소 중 오염도 및 윤활관리에 민감한 유압설비 41 개소에 대해 사용유 분석을 실시하였다. 그 결과 점도가 10%이상 저하된 설비가 18 개소, 점도가 10% 이상 증가한 개소가 1 개소로 나타났다. 심지어 점도등급이 다른 것으로 판단되는 오일도 6 개소나 발견되었다. 즉, 50%정도의 설비에서 가장 기본적인 점도 특성을 갖추지 못한 윤활유가 사용되고 있었다. 전산가, FT-IR 등을 이용하여 오일의 노화정도에 관한 데이터를 얻으려고 했으나 기준이 되는 신유에 대한 데이터가 정확하지 않으며 상당한 변화폭을 가지고 있어서 경향성을 파악할 수 없었다. 오염도의 경우 시험 대상중 30%에 해당하는 설비에서 채취한 시료의 오염도 수준이 높아 작업에 지장을 초래할 가능성이 높은 것으로 평가 되었다..

표5. 오일 교환주기 - 현재

공정	윤활개소	사용유종	교환주기
A	감속기	Gear Oil	1년
B	감속기	Gear Oil	1년
C	유압 Unit	Hydraulic Oil	2년
D	감속기/압	Gear/Hydraulic Oil	2년
E	일부 Line		2년
F	전체		2년
G	Bearing	Hydraulic Oil	2년
H	전체		3년
I	전체		2년
J	제품 저장 압 Unit		2년
K	입고		3년
L	유압		3년
M	전체		3년

8%정도의 설비는 오염으로 인하여 설비의 파손이 우려되는 높은 수준의 오염도를 나타내었다 즉, 전체적으로 40%정도의 설비가 정상적인 운전조건을 만족하기 위하여 필터의 교체, 오염원의 제거등과 같은 적절한 조치를 해주어야 하는 상황이었다. 각 설비의 오염도 수준을 표시하면 표 6 과 같다

시험결과를 종합하면 일정수준의 청정도를 요구하는 유압 설비임에도 불구하고 청정도의 유지는 전혀 이루어지지 않고 있었으며 심지어 기본 요소인 정도 또한 제대로 관리되지 못하고 있었다.

2.5 현장에서의 윤활 관리 현황

설비에 대한 여러 기록을 검토한 결과 장비의 보수 기록은 어느 정도 되어 있었으나 장비에서 현재 사용하고 있는 필터, Seal, Air Breather 등 윤활 관련 부품의 교체 기록 및 부품의 규격에 대한 기록이 거의 없는 상태였다. 특히 장비 도입시 설치된 필터가 3년 이상 사용되고 있는 곳도 있었다. 이는 선행장비 측면에서 매우 바람직하지 못한 것으로 필터에 걸린 오염물이 오히려 농축된 후 재오염을 시키는 원인이 될 것으로 판단된다. 또한 윤활유의 호흡작용에 의한 이물질 혼입을 막기 위해 설치된 탱크 에어브리더 대부분이 오일에 침적된 상태로 전혀 기능을 발휘하지 못하고 있었다. 또한 상태를 진단하는데 윤활유 분석이 중요한 수단임에도 불구하고 주요 장비에도 장비 운전중 시료를 채취하도록 설치된 샘플링 포트는 없었다.

2.6 현장 조사 후

윤활관리를 효과적으로 하기 위해

- 부적절한 윤활유의 교체 및 윤활관리의 체계화
- 필터 교환주기에 따른 필터교체 및 청정도 향상을 위해 필터 추가 설치
- 일반 설비에 대한 On Site-Monitoring 및 주요 설비에 대해 오일 분석에 의한 Condition Monitoring
- 청정 유압시스템에서 신유에 의한 오염을 줄이기 위한 드림필터설치, 외부혼

입물을 줄이기 위한 Air Breather 설치
 - 소포장 윤활유 제품에 대한 옥내저장, 유종 통합, 식별표지에 의한 혼유방지, 등
 이 필요하다는 결과를 얻었다.

3. 결론

산업체에서 효과적인 윤활관리가 거의 이루어지지 않고 있었다. 이러한 문제점을 효과적으로 개선하고 설비의 수명을 연장시켜서 경제적인 효과를 극대화하기 위해서는 윤활관리를 전체적으로 체계화하는 Total Lubricants Management, Total Fluid Management의 도입 시행이 필요하다고 판단된다. 이를 위해 설비를 관리하고 윤활유를 사용하는 산업체와 윤활유를 생산하고 관리하는 윤활유 제조사가 구매자, 공급자의 틀에서 벗어나 상호 협력하는 체계가 이루어지는 것이 바람직하다.

참고 문헌

1. E. Rabinowicz, presented at the ASLE Bearing workshop
2. A. Helmstetter, "Chemical management and chemical recycling", Lubrication Engineering, Vol 55, No. 11. Pp.10-14, 1999
3. 문우식 외 "윤활유의 관점에서 본 Total Fluid Management", 석유와 윤활 1999 신년호
4. Richard E. Rush "Advantages and Disadvantages of Fluid Management", 1997 STLE annual meeting
5. 산업기계의 적정윤활유 선정기술, 석유와 윤활, 98년 여름호, p16-21

표 6 오염도 현황

오염도	개수	구성비 (%)
우수	3	12.5
정상	12	50
불량	7	29.2
파손 우려 수준	2	8.3
계	24	100