

# 실 무 강 좌

## 潤 滑 油 管 理

### 편 집 부

潤滑油管理란 使用油의 種類의 選定부터 使用油의 清淨管理, 補油, 更油에 까지 이르는 것으로, 기관 운전상 燃料油管理와 맞먹을 정도로 중요한 것이다. 여기서는 특히 潤滑油의 作用과 性能面에서 디젤기관용 潤滑油의 選定과 取扱管理에 관하여 설명한다.

### 1. 潤滑油의 選定

윤활유를 선정할 때는 기관의 구조, 사용하는 연료유의 종류, 운전조건, 윤활유 청정장치의 유무와 종류 등을 고려해야 한다. 먼저 윤활유의 작용과 성능부터 검토해 보자.

#### 1-1. 潤滑油의 作用

윤활유가 기관 내부에서 다음과 같은 작용을 해야 한다.

(1) 潤滑作用: 軸(摺動)부분에 유막(油膜)을 형성하여 마찰저항과 마모를 감소시켜야 한다.

(2) 冷却作用: 軸(摺動)부분에서 마찰저항에 의하여 발생하는 마찰열을 흡수하여 軸(摺動)부분의 온도를 일정한 도 이하로 유지해야 한다.

(3) 清淨作用: 연료유의 연소에 의하여 생기는 생성물이나 윤활유 자체의 열화(劣化)에 의하여 생기는 퇴적물(sludge) 등을 씻어내어 軸(摺動)면이나 피스톤링 등 기관내부를 청결하게 유지시켜야 한다.

(4) 密封作用: 윤활유는 라이너(liner) 벽면에 유막을 형성하여 피스톤링(piston ring) 작동을 원활하게 함과 동시에 밀봉효과를 높여야 한다.

#### 1-2. 潤滑油로서 요구되는 性能

디젤 기관용 윤활유에 요구되는 성능은 대략 다음과 같다.

(1) 粘度: 윤활유 선정에 있어서 가장 중요한 것이 점도이다. 윤활유의 점도는 軸(摺動)기메달이나 라이너면 軸(摺動)부분의 유막의 세기, 윤활유의 유동성 등에 직접

적인 영향을 미친다. 즉, 점도가 너무 높으면 軸(摺動)부의 점성저항(粘性抵抗)이 커지고, 그에 따라 마찰열이 발생하여 軸(摺動)기의 온도상승, 동력의 손실 등의 원인이 된다.

반대로 점도가 너무 낮으면 유막이 망가지고 급속접촉이 생겨서, 발열·마모 등의 원인이 되고, 극단적인 경우에는 타게 된다. 또, 기관 내부의 온도는 윤활위치, 운전조건 등에 따라 크게 달라진다. 따라서, 윤활유의 점성은 온도에 따라 크게 변화하지 않아야 한다, 바꾸어 말하면 점도지수(粘度指數)가 높아야 한다.

#### (2) 安全性

다음에 중요한 것은 안전성이다. 윤활유는 기관내부에서 가열되기도 하고, 또 연료나 윤활유 자신의 연소생성물, 마모된 급속 가루, 공기와 수분등이 혼합되므로 산화되고, 열화(劣化)하기 쉬운 환경에 놓여 있다.

윤활유가 산화·열화하면 불용해성의 퇴적물이 생성되는데, 대부분은 엔진 베드, 크랭크 케이스, 섀프탱크 내부에, 일부는 軸(摺動)기 주변부에 부착 퇴적되어 기관이타는 원인이 된다. 또 배관 내부, 라이너, 피스톤링 등에 부착 퇴적하면 링 교착, 오일 링의 홈의 폐쇄 등의 원인이 되어 마찰이 증대하고 기관이타는 원인이 되기도 한다.

또, 윤활유에 의하여 피스톤을 냉각시키는 기관의 경우에는 안정성이 나쁜 윤활유를 쓰면 냉각유의 일부가 열분해하여 탄화물(炭化物)이 생성되고, 이것이 퇴적물과 화합하여 피스톤 냉각면에 부착 퇴적하므로 냉각효과를 저하시켜 피스톤이 균열을 일으키는 원인이 되는 수도 있다.

유용성(油溶性)의 퇴적물은 50~60℃의 온도에서는

보통 윤활유 속에 용해되어 있으나, 윤활유 냉각기를 통과하므로써 냉각되면 용해성이 상실되어 퇴적물이 석출되는데, 이 퇴적물은 냉각관 주변에 부착하여 냉각 능력을 저하시키고, 윤활유의 열화를 촉진시킨다.

따라서, 디젤 기관에 사용하는 윤활유는 열적(熱的)으로도 화학적(化學的)으로도 산화·열화에 대한 안정성이 높은 것을 선정해야 한다. 특히 근년, 기관이 고과급(高過給), 고출력(高出力)이 되어 각부의 온도와 압력이 높아져 있으므로 이것은 매우 중요한 조건이다.

### (3) 淸淨分散性, 酸中和性

윤활유는 위에 말한 바와 같이 퇴적물, 연소생성물 등 불용성분(不溶成分)의 응집을 방지하고 기관 내부에 부착·퇴적하려고 하는 퇴적물을 씻어내어 습동부분의 마모를 방지하고, 피스톤 링이나 라이너를 깨끗하게 유지하는 청정분산성을 가져야 함과 아울러, 연료유중에 함유되는 유황의 연소생성물인 유산(硫酸) 등의 산화물질을 중화하여 부식마모를 방지하는 산중화성을 가져야 한다. 연료류가 저질일 수록 이 성질은

더 중요하다.

### (4) 그 외의 性能

윤활유는 그 외에 수분분리성(水分分離性), 방청성(防錆性) 등이 있어야 한다. 수분분리성이 나쁜 윤활유는 혼입된 수분과 작용하여 유화현상(乳化現象)을 일으키는 수가 있다. 수분분리성이 좋은 것은 가만히 두므로써 수분을 제거할 수 있다.

## 1-3. 潤滑油選定の 基準

그러면 윤활유를 선정할 때의 기준은 어떠한가를 알아 본다.

### (1) 粘 度

디젤기관에 쓰이는 윤활유의 점도는 “SAE 30상당”, “SAE 40상당”과 같이 표현한다. SAE는 미국자동차기술협회(Society of Automotive Engineering, 약호 SAE)가 점도범위를 분류한 것인데, SAE 30과 40의 점도범위는 표1과 같다.

표1. SAE 30 및 40의 점도범위

SAE No.	점 도 SUS $210^{\circ}\text{F}$ $98.9^{\circ}\text{C}$	동점도 cst $210^{\circ}\text{F}$ $98.9^{\circ}\text{C}$	관 레 호 칭	JIS 호 칭
30	58~70sec	9.62~12.93	250번	3호
40	70~85	12.93~16.77	350번	4호

이 표에서 단위 SUS는 Seibolt-universal 인데, 이것은 특정한 점도계로서 일정량의 기름이 흘러내리는 데 요하는 시간(sec)으로서 표현하는 것이며, cst는 Centistokes인데, 이것은 표준점도계를 써서 일정량의 기름이 흘러내리는 시간에 의하여 계산되는 동점성(動粘性)을 나타낸다. 어느 경우든지 점도는 온도에 따라 달라지는 것이므로 측정할 때의 온도를 함께 표시한다.

관레호칭은 Redwood No. 1  $50^{\circ}\text{C}$ 에 있어서의 점도(sec)의 개략치이며, JIS 호칭은 cst에 의하여 분류한다.

그러면, 어떤 점도의 윤활유를 선택할 것인가? 이것은 기관의 형식, 윤활방식, 운전조건, 주변조건 등을 고려하여야 한다. 아주 개략적으로 말하면 SAE 30 상당유를 기준으로 하되, 윤활유의 온도나 냉각수의 온도가 높은 경우에는 SAE 40상당유를 선정한다.

또, 추운 시기에 시동하는 경우가 많은 기관에 있어서는 SAE 30상당유로서 점도지수가 높은 것을 선택한다. 아주 추운 시기에 시동할 때 온수순환등으로 기관을 따뜻하게 하면 시동이 잘 걸리는 것은 연료의 착

화 조건이 좋아지는 것도 있으나 윤활유의 점도가 낮아져서 습동부의 저항이 적어지는 효과도 있기 때문이다.

### (2) 安定性 및 淸淨性

윤활유를 실제로 기관에 사용하는데 있어서 문제가 되는 것은 산화안정성과 청정분산성, 내마찰성, 내부식등이다.

윤활유의 성상(性狀)은 JIS에서도 여러가지 항목에 걸쳐서 규정하고 있고, 또 제조업자도 여러가지 성상의 시험치를 제시하고 있으나, 이런 시험치와 실제로 기관에 사용한 결과가 어떤 판례를 가지는가는 아직 명확한 기준이 없다. 왜냐하면 기관에 실제로 쓰이는 윤활유는 여러가지 다른 온도, 압력하에 있고, 또 연소생성물이나 비연소물, 마찰금속가루 등이 혼입되어 있기 때문이다.

따라서 최근에는 실제의 기관에서 윤활유의 품질을 평가하는 방법이 강구되고 있다.

그런데, 실제의 기관이라고 하더라도 여러 제조업자가 자기 다른 방식으로 시험을 해서는 의미가 없다.

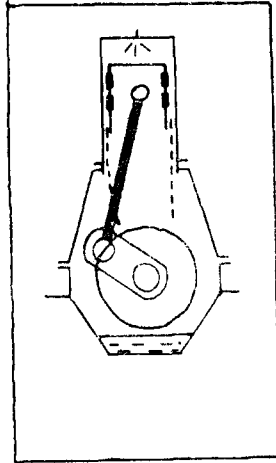


그림1. 크랭크 피스톤형기관

현제 디젤 기관용 윤활유 시험용으로 가장 널리 쓰이고 있는 방식의 하나는 캐타필러 엔진테스트(Catapiler engine test)인데 이 방식은 기관 운전조건의 가혹도(苛酷度)에 따라 일정한 시험조건이 있어서, 일정한 기간 운전한 후에 링스틱(ring steak)의 방지능력, 청정능력, 마모방지능력, 산화변질의 정도등을 조사하여, 일정한 평가기준에 비추어 윤활유의 품질을 평가하는 것이다.

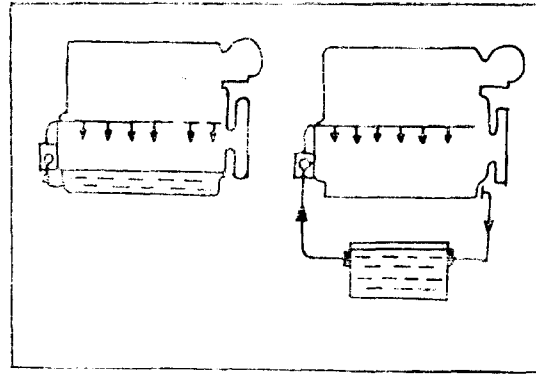


그림2. 윤활유의 공급방식  
(좌) 웻삼프식  
(우) 드라이 삼프식

한편, 제조업자는 윤활유의 실용성능의 향상을 위하여 각종 첨가제를 개발하여 오늘날 고급윤활유, 소위 heavy duty(HD)oil에는 거의 첨가제가 배합되어 있다. 첨가제의 종류와 그 반응기구는 표2와 같다.

표 2. 첨가제의 종류와 반응 기구

첨 가 제	사 용 목 적	반 응 기 구
산화방지제	합금 비어링의 부식방지, 금속표면의 스랏지, 바니스의 생성방지	첨가제가 기름보다 먼저 산화되므로 기름의 산화를 방지하고, 산성물질의 생성을 감소시킨다. 또 불활성의 유용성물질화하거나, 산소를 탈취하여 기름의 산화반응을 정지시킨다.
부식방지제	비어링 합금, 그의 금속면의 부식방지	부식성 산화물질의 생성을 방지하거나 비어링 기타 금속표면에 보호막을 만든다. 금속표면에 화학적 보호막이 생기면 기름의 산화에 대한 금속의 촉매작용이 감소된다.
청 정 제	금속의 표면을 깨끗하게 하고, 침적물의 생성 방지	유용성 산화생성물이 불용해성이 되어 기관 자부에 침적하는 것을 화학반응으로 방지한다.
분 산 제	스랏지 생성의 원인이되는 불용해성물질을 현탁(懸濁)상태로 유지, 금속표면에의 부착방지	연료의 연소에 위하여 생긴 끈으름이나 윤활유의 분해생성물을 미세한 입자화하여 콜로이드상으로 기름속에 분산시켜, 침전하는 것을 방지한다.
유성, 극압제 유막강도 증강제 마모 방지제	마모를 감소시켜, 윤착을 방지	금속표면에 흡착되어 경계막을 형성하므로써 마모를 감소시키고 동시에, 마찰면끼리의 직접 접촉을 방지하여 마찰면이 타는 것을 방지한다.
유동림하강제	윤활유의 유동점을 낮춘다.	기름속의 초(wax)성분을 분리해서 결정화를 방지한다.
점도지수향상제	점도의 온도변화의 정도를 낮춤	점도지수향상제는 기름보다 온도변화가 적다. 용해도의 변화에 따라 100°F보다는 200°F 쪽이 점도지수향상제의 점도가 커서 결과적으로 점도지수가 향상된다.
거품방지제	거품의 발생을 방지	경계면의 장력을 낮추어, 작은 거품이 모여서 큰 거품이 되게하여 파괴되기 쉽도록 한다.
방 청 제	정지층이거나 새로운 정지나 오유버 호운한 장치의 보온, 수중 중 금속부의 부식을 방지	부식성이 강한 산을 중화시키거나, 활발한 표면 활성제가 금속표면에 흡착, 보호피막이 되어 물의 침입을 방지한다

이와 같은 첨가제의 배합에 따라 여러가지 다른 성능을 가진 윤활유가 제조되는 것이나, 그 중에서 기관에 사용되는 윤활유로서 어떤 종류의 것을 선택할 것인가는 기관의 구조, 윤활방식, 운전조건, 사용하는 연료의 종류등을 고려하여야 한다.

트랭크 피스톤형 기관(trank piston type engine)에서는 연소개스가 배기되는 영향을 윤활유가 직접적으로 받으므로 연소생성물, 퇴적물, 마모 금속가루등이 혼입되기 쉽다. 따라서, 이에 대한 대책으로서 화학적으로 안정성이 높은 윤활유가 필요하게 된다.

또 중·소형 기관에서는 실린더에 주유하지 않는 것이 보통이며, 라이너나 실린더에의 주유는 시스템유(system oli)가 튀어가서 하도록 하므로 윤활유가 라이너면, 피스톤 링, 링의 홈, 피스톤의 측면등에 부착되게되는 연소생성물을 씻어내므로써 깨끗하게 유지할 수 있는 청정분산성이 필요하게 된다.

또, 윤활유에 의하여 피스톤을 냉각시키는 기관에 있어서는 열 안정성이 우수할 것이 요구된다.

윤활유를 기관에 급유하는 방식에는 엔진 베드나 오일 팬에 부어서 순환시키는 웻 샘플 방식(wet samp method)과 선저의 탱크나 혹은 별도의 탱크를 쓰는 드라이 샘플 방식(dry samp method)이었다.

웻 샘플 방식은 유량이 적게 드나, 연소개스 배출의 영향을 직접적으로 받고 온도도 비교적 높으므로 오손·열화의 속도가 비교적 빠르다. 따라서, 윤활유는 안정성, 청정분산성이 좋은 것을 선택해야 한다.

드라이 샘플 방식은 유량이 많이 드므로 윤활유의 순환빈도가 적고, 탱크내의 온도도 비교적 낮으며, 퇴적물도 침전 분리시키기 쉬우므로 윤활유의 수명이 길고 기관내부도 깨끗하게 유지할 수 있다.

어선, 예선, 준설선의 주기·보기와 같이 부하의 변동이 심한 기관에서는 불완전 연소하기 쉬우므로 연소생성물이나 미연소물의 혼입이 심하고, 연소실이나 피스톤 링 주변에 부착퇴적물이 많아지므로 윤활유로서는 안정성과 청정성이 좋은 것을 쓸 필요가 있다.

일반적으로 청정분산제, 산중화제등의 첨가물로서는 알칼리성 물질이 쓰이므로 이러한 윤활유는 알칼리성을 띤다.

따라서, 이런 첨가제가 첨가된 정도, 즉청정분산성 산중화성도 알칼리치로서 표시되므로 윤활유를 선택할 때는 이 알칼리치를 지표로 삼는 것이 편리하다.

알칼리치가 높은 윤활유는 여러가지 첨가제가 적절히첨가 되어 있어서 윤활유로서는 전체적인 성능이 좋

다. 왜냐하면 시스템유로서의 윤활유는 단지 청정성이 좋다는 것 만으로는 불충분하며, 점성특성, 산화안정성등도 좋아야 하기 때문이다.

(3) 使用하는 燃料油의 種類에 따른 潤滑油의 選擇  
경제성에서 볼 때 저질의 연료유를 사용할려는 경향은 당연하다. 그러나, 연료유가 저질화 할수록 라이너 피스톤 링 등의 마모가 심하고, 링의 교착, 피스톤 측면, 링의 홈 부근, 급배기관(給排氣弁)끝에 카아본, 불순물 등이 많이 부착한다. 이 원인으로서는 연료유 중의 불순물, 연료유나 윤활유의 연소생성물인 경질(硬質)의 카아본과 회분(灰分), 유산(硫酸)등을 들수 있다. 이에 대해서는 연료유의 청정관리, 라이너나 링의 재질·형상·표면처리의 개량등의 대책이 강구되고 있으나, 윤활유의 선택도 중요한 대책의 하나이다.

연료유속의 유황분은 실린더내에서 연소하여 무수유산(無水硫酸)이 되고, 이것이 연료유의 연소에 의하여 생성되는 수분과 화합하여 유산을 생성한다. 이렇게 생성된 유산의 대부분은 배기와 더불어 실린더 밖으로 배출되나 일부가 실린더내의 압력이나 온도조건에 따라 라이너의 벽면에 응축되어, 라이너와 링을 부식시킨다. 이 부식마찰을 방지하기 위해서는 청수냉각에 의한 고온냉각(냉각수 출구 온도 60~70℃)을 하여 라이너 벽면의 온도를 높여서 유산의 응축을 방지하는 것도 효과가 있으나, 해수냉각을 하는 중·소형기관의 경우는 수투부(水套部)내의 스케일 발생 방지를 위하여 냉각수온도를 너무 높게 할 수 없으므로(출구온도로서 40~50℃) 어느정도의 유산의 응축을 피할 수가 없다. 저부하로서 연속운전하는 경우가 많은 어선의 주기의 경우는 더욱 심하다.

이러한 경우에는 응축된 유산을 적극적으로 중화시켜 무해한 유산회(硫酸灰)가 되게 하는 산중화성이 있는 윤활유를 써야 한다. 앞에서 말한 알칼리치가 있는 윤활유는 산중화제가 첨가되어 있으므로 부식마모의 방지에는 유효하다. 이 알칼리성 윤활유와 연료유의 유황함유율, 링의 마모율 사이의 실험 예를 그림 3에 보이는데, 이것에서 알칼리치가 높을수록 마모율이 적음을 알 수 있다. 그러나, 알칼리치가 높다고 해서 그에 비례하여 마모율이 감소하는 것은 아니고 어떤 한계가 있다. 따라서, 이런 점을 고려하여 연료유의 종류에 따라서 윤활유의 종류를 선택해야 한다.

현재 시판되고있는 윤활유는 종류가 많아서 모두 열거할 수 없으나 사용 연료유의 종류와 윤활방식에 따른 선택기준의 하나로서 알칼리치를 들면 표3과 같다

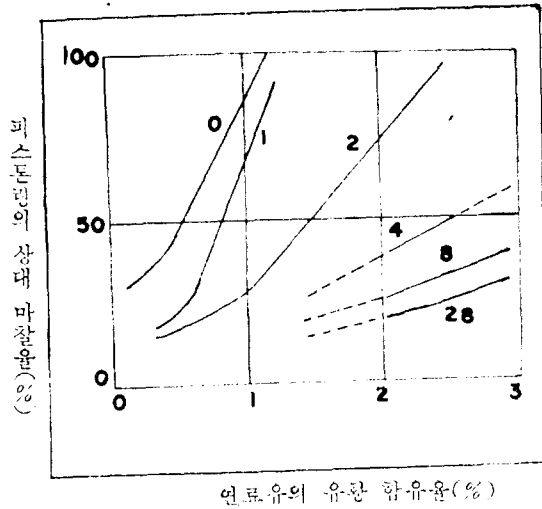


그림 3. 연료유의 유황함유율과 링의 마찰율의 실험예

표3. 윤활유의 적정 알칼리치

윤활방식	사용연료유				
	경유	A중유	B중유	C중유	비고
실린더 주유 않는 기관의 시스템유	1~3	3~5	7~10	30	<주1>
실린더 시스템유	—	0	0~5	0~5	<주2>
주유하는 실린더유	—	7~10	30~50	30~50	<주3>

<주1> 크롬도금된 라이너를 쓰는 기관에서는 연소생성된 유산에 의한 크롬의 산화부식(소위 백반현상 또는 milk spot)을 방지하기 위하여 A중유를 쓰는 기관에서도 알칼리치 5~10인 HD유의 사용을 권장한다.

<주2> 시스템유의 청정장치가 있어야 한다. 피스톤의 냉각을 고려하여 산화방지성이 개선된 것을 선택한다.

<주3> 점도는 SAE 40상당의 것을 선택한다.

이 표에는 안정성, 청정성도 고려에 넣고 있으므로 특수한 경우를 제외하고는 이 기준에 따른다. 그러나 어떤 것은 알칼리치가 기준이상의 것이라도 전체적인 윤활성이 떨어지는 것도 있으므로 실제 선정에 있어서는 종전의 실적도 고려할 필요가 있다.