

윤 활 연 구 II

## 합성 윤활기유

SK 대덕기술원 조용래 과장  
SK 윤활유사업지원팀 윤춘배 대리

### 1. 서 론

광유계 윤활기유는 과거에는 일반적인 윤활유에 요구되는 성능을 만족시켰고 성능열세는 첨가제로 극복하여 왔다.

그러나 장비의 운전조건이 점점 가혹해지면 광유계 윤활기유의 사용은 크게 제한을 받게 되고 첨가제로서도 문제를 해결할 수 없는 경우가 발생되고 있다.

즉, 내연기관 및 산업용 등의 윤활유에서 보다 가혹해진 높은 온도에 따른 열안정성이 요구되고 있고 제품의 성능조건을 광유계 윤활기유로는 충분히 만족시키지 못하는 경우가 발생하고 있어 합성 윤활기유의 필요성이 증대 되어지고 있다.

합성 윤활기유의 경우에는 항공기용 윤활유 용도 등 특수한 윤활유 제품영역에서 많이 사용되어 왔으며 현재에는 자동차용 엔진유, 기어오일, 압축기유, 유압유 등에 광범위하게 사용 되어지고 있다.

### 2. 합성 윤활기유

합성 윤활기유는 작은 분자단위로부터 거대 분자로 변환시키는 화학적 합성공정을 통해 생산되는 윤활성 또는 기능성 유체이다.

#### 광유계 윤활기유의 문제점

윤활유 제품에 범용 광유계 윤활기유 적용시 발생할 수 있는 문제점은 다음의 표1>과 같다.

따라서 이러한 광유계 윤활기유의 문제점을 해결하기 위하여 많은 노력이 있어 왔으며 그 대안으로는 VHVI(Very High Viscosity Index) 윤활기유, XHVI(Extra High Viscosity Index) 윤활기유와 각종 합성 윤활기유 등이 제시되고 있다.

#### 합성 윤활기유의 분류

합성 윤활기유는 아래의 표2>와 같이 분류할 수 있다.

합성 윤활기유중에서 가장 많이 사용되고 있는

표1> 광유계 윤활기유 적용시 문제점

항 목	문 제 점
유 동 점	유동점 강하제를 첨가하더라도 -30℃이하에서는 광유계 윤활기유의 자체 왁스성분으로 인해 고형화 현상 발생
휘 발 성	180℃ 이상의 고온에서 대부분 광유계 윤활기유 성분중 저분자량 물질은 쉽게 증발하여 오일의 점도가 올라가고 성상이 변화되는 현상 발생
산화안정성	운전온도가 높아지면 광유계 윤활기유는 쉽게 공기중의 산소와 반응하여 오일의 점도를 상승시키거나 Sludge 등을 발생
점 도	온도에 따른 점도의 변화가 매우 커서 저온에서 유막이 너무 두껍고 고온에서 너무 얇은 현상 발생
극 압 성 능	일반 광유계 윤활기유는 경계 윤활이나 극압 성능에서 충분한 성능을 발휘 못하는 현상 발생
인체 유해성	방향족 화합물을 많이 함유하고 있는 광유계 윤활기유는 인체에 유해하고 분해 속도가 느리기 때문에 환경 측면에서도 악영향 발생

합성 탄화수소계 윤활기유인 PAO는 최근 세계 각지에서 생산되는 VHM 윤활기유 및 XHM 윤활기유등과 경쟁 관계를 가지고 있다.

반면에 에스터계 합성 윤활기유는 그 적용 용도가 다르거나 상호 보완관계에 있기 때문에 타 윤활기유와의 경쟁은 아직까지 크게 심하지 않다.

표2> 합성 윤활기유 분류

합성 탄화수소계	에스터계	기 타
Alkyl and Diakly Benzene	Dibasic acid ester:	Halogenated hydrocarbon
PAO(Poly alpha olefine)	Adipates,	Phosphate esters
PIO(Polyinternalolefine)	Aze lates	PAG(Polyalkylene Glycols)
PIB(Polyisobutene)	Sebacates	Silicate ethers
	Polyolester	Silicones
	Polymer ester	

표3> 윤활기유의 물성비교

	PAO 4	Di- isodecyl Azolate	용제 추출 윤활기유 100N	VHVI 4	XHVI 4
동점도 @-40℃, cSt	2.41	3.58	고형	고형	고형
@ 40℃	18.20	18.70	23.1	19.57	16.5
@100℃	3.91	4.31	4.3	4.23	4.0
점도지수	123	160	105	122	140
유동점, ℃	-60	-65	-15	-15	-15
인화점, ℃	232	234	200	230	230

이러한 광유계 윤활기유와 합성 윤활기유의 물성비교는 표3>과 같다.

**합성 윤활기유의 구조식**

합성 윤활기유의 화학 구조식은 다음의 그림1>과 같다.

그림 1> 합성 윤활기유 화학 구조식

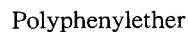
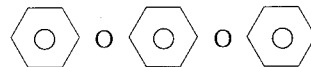
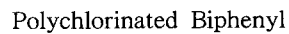
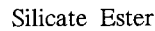
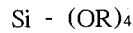
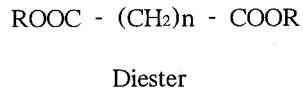
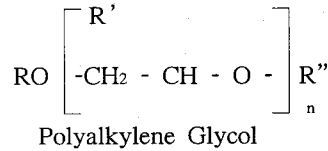
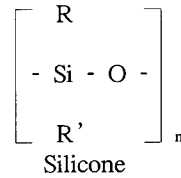
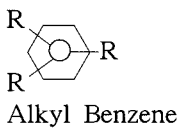
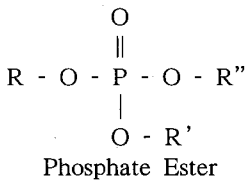
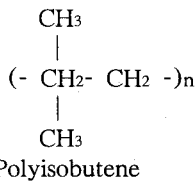
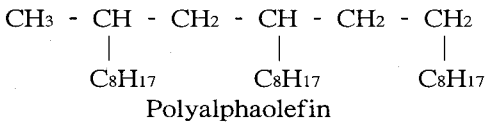


표 4> 합성 윤활기유 적용시 장점

장 점	활 용 점
낮은 유동점	저온영역 성능 우수
우수한 산화안정성	고온영역 성능 우수
높은 점도지수	사용온도 범위 넓음, 첨가제 사용량 적음
우수한 용해성	사용기간 증대
낮은 휘발성	적은 오일 소모량, 저점도 등급 제품 적용
우수한 윤활성	저점도 등급 제품 적용
생분해성	환경보호 성능 우수
적은 유해성	환경 친화적 윤활유 제조 적용
청정성(연소시)	고급 2 사이클 엔진유 적용
우수한 내화성능	고급 유압유 적용

**합성 윤활기유의 장단점**

합성 윤활기유의 장점은 앞에서 언급한 바와 같이 광유계 윤활기유가 가지지 못하는 우수한 저온 및 고온에서의 성능, 점도지수, 휘발성, 윤활성, 생분해성, 첨가제 용해성 등이 있으며 이에 대한 것을 표4>에 나타내었다.

윤활기유의 일반물성에 대하여 일반 광유계 윤활기유와 비교내용을 표5>에 나타내었다.

합성 윤활기유는 성능면에서 전반적으로 광유계 윤활기유 대비 우수하다.

특히 엔진 청정성, 슬러지 발생 억제 측면과 휘발성 Test인 Noack Volatility Test에서 우수한 성능을 보인다.

에스터계 합성 윤활기유의 경우에는 아래의 표6>과 같이 우수한 생분해도를 가짐으로서 환경문제와 관련된 생분해성 윤활유(Outboard Oil, Chain Lubricants, Hydraulic Fluid)의 주요

원료로 활용할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

그러나 합성 윤활기유를 사용하는데에 있어 문제점도 발생을 한다.

예를 들어 에스터계 합성기유를 100% 사용할 경우 Seal을 크게 팽윤시키는 문제점을 발생하고 가수분해 안정성이 좋지 않고 적정수준 이상 사용시 첨가제와의 상용성 문제등이 발생한다.

즉 합성 윤활기유와 상용성이 좋은 첨가제를 선택하는 것이 중요하다.

이러한 점은 윤활기유 조성 중에 파라핀계 탄화수소가 많아 Seal을 수축시키거나 극성기를 가지는 대부분 첨가제와의 용해성 문제를 안고 있는 VHVI 혹은 XHVI 및 PAO 윤활기유의 경우 에스터계 합성기유와 조합하여 사용하면 좋은 효과를 볼 수도 있다.

표5> 윤활기유 상대적 물성 비교

	광유계 윤활기유	PAO	Diester
고온영역 성능	Fair	Good	Good
저온영역 성능	Poor	Very Good	Very Good
점도-온도 관계	Fair	Good	Excellent
휘발성	Fair	Good	Good
생분해성	Fair	Poor	Very Good
윤활성	Fair	Poor	Very Good
첨가제 용해성	Very Good	Fair	Excellent
마찰 특성	Fair	Poor	Very Good

표6> CEC-L-33-T-82 방법에 의한 생분해성 측정결과

	생분해도
광유계 윤활기유	20~30%
PAO	10%
Diester	50~85%
Polyol Ester	95%

합성 윤활기유 제조사

합성 윤활기유 제조사들의 현황은 다음의 표7>과 같다.

표7> 합성 윤활기유 제조사

합성 윤활기유 종류	제 조 사
PAO	Mobil chemical, Chevron Chemical, Neste, Uniroyal Chemical 등
PAG	Inspec, ICI, BASF, Bayer, Shell, Dow Chemical, Union Carbide 등
PIB	BP Chemical, Amoco, Fina, Exxon Chemical, Lubrizol, BASF, Idemitsu 등
Di-Esters	FMC, Henkel, BASF, Akzo 등
Polyol Esters	FMC, Quaker chemical, Croda 등
Polymer Esters	Akzo 등
Phosphate Esters	FMC, Akzo, Baye 등
Alkyl benzene	Chevron Chemical, Exxon Chemical 등

**합성 윤활기유의 윤활유 제품 적용**

표8>에는 에스터계 합성 윤활기유, PAO, PAO와 에스터계 합성 윤활기유와의 조합 사용에 대한 각각의 적절한 적용 영역을 나타낸 것이다.

**■ 자동차용 엔진유**

최근 엔진유의 연비 저감, 저점도화, 휘발성, 교환주기 연장, 운전온도의 상승 등 보다 가혹해 지는 요구 규격을 만족시키기 위해 일반 광유계 윤활기유 대신에 PAO 및 VHVI 윤활기유를 사용하는 경향이 점차 증가되고 있다.

향후에는 엔진의 운전온도가 크게 상승하거나 환경보호 측면이 요구되어지게 되면 엔진유의 생분해성을 위하여 에스터계 합성 엔진유의 개발도 적극적으로 추진되어질 전망이다.

**■ 2-Cycle 엔진유**

2-Cycle 엔진유의 경우에는 연료와 함께 사용하여 연소되는 것이 특징이므로 청정성이 매우 중요하다.

특히 예초기, 아웃보드 엔진유 등의 경우에는 사용되는 오일이 자연 환경과 밀접한 관련이 있으므로 생분해성과 비독성 연소는 매우 중요하다.

표8> 합성 윤활기유의 윤활유 적용

	에스터계 합성 윤활기유	PAO	PAO와 에스터계 합성 윤활기유 조합
가스터빈 엔진유	●	-	-
항공 유압유	-	-	●
4 사이클 엔진유	●	-	●
2 사이클 엔진유	●	●	●
자동차 기어유	-	-	●
산업 기어유	●	-	●
냉동기유	●	●	-
압축기유	●	-	●
열매 체유	●	-	●
Chain Oil	●	●	●
유압유	●	-	-
금속 가공유	●	-	-

현재 유럽의 경우에는 환경 친화성 제품에 대한 관심이 크게 고조되고 있으며 독일의 경우 산림과 관계된 장비에 사용되는 윤활유는 생분해성이 가능한 제품을 사용하는 것을 입법화하고 있다.

■ 자동차용 기어유

대형 트럭에 사용되는 기어오일은 최근 장비의 내구성, 연비 향상, 환경 보호를 위해 열산화 안정성의 향상, 오일 교환주기 연장, 저점도화하는 추세이다.

북미의 주요 OEM인 Mack, Eaton, Rockwell 등은 연비 향상을 위해 점도 등급을 SAE 80W/90, 85W/140에서 75W/90, 75W/140으로 저점도화하였고 오일교환주기 및 장비의 보증기간 연장을 위해 합성 기어유의 사용을 90년 이후 꾸준히 추진하고 있으며 현재 합성 기어유 사용은 급속도로 증가되는 추세에 있다.

■ 산업용 윤활유

산업용 기어유 및 공기 압축기유의 저점도화, 저 유해성이 요구되는 절연유, 열안정성이 요구되는 유압유 등 합성 윤활기유의 적용 범위는 점차 넓어지고 있으며 이에대한 제품도 지속적으로 개발되고 있다.

3. 결 론

합성 윤활기유의 우수한 고온 열, 산화안정성 및 저온 유동성 등 우수한 성능으로 인하여 윤활유

제품 적용이 점차 증가하고 있는 추세이다.

현재 합성 윤활기유 시장에서 많이 사용되어지고 있는 PAO의 경우에는 합성유 윤활기유 대비 거의 동등한 성능을 가지면서도 가격 경쟁력 좋은 VHVI 및 XHVI 윤활기유로부터 큰 위협을 받고 있지만 꾸준히 증가하는 경향을 보이고 있다.

결론적으로 향후 윤활유에 대한 요구성능 및 환경규제가 점차 강화 되어짐에 따라 합성 윤활기유의 사용량이 점차 증가할 전망이다.

4. 참고문헌

1. Synthetic and VHVI based Lubricants, David Whitby, 1996
2. H. J. Wang, C. L. Baker, S. M. Jacob and F. A. Smith, "Technology advances and directions for lube base stock manufacture" Hydrocarbon Asia, Nov/Dec, 1997.
3. GR. Dobson, N. P. Wilkinson and N. C. Yates, "Hydrocracked base oils-an important class of synthetics", World petroleum Congress, 1991.
4. F. T. Stribely, "Economics of synthetic base oil production", CPS Oxford University, Dec, 1996.
5. J. Saunders, "Base oils-Guessing game", Hart's Lubricants World, Apr, 1997.