

윤 활 연 구

에스테르계 합성윤활유 Synthetic Lubricants Based on Esters Fluids (II)

고려대학교 이과대학 화학과
물리화학 연구실
최 주 환

III. 디에스테르(Dibasic acid esters)계 합성윤활유

A. 화 학

A.1 정 의

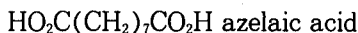
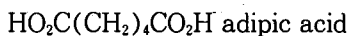
전형적으로 합성 윤활유기유로서 사용되는 dibasic acid ester는 adipic, azelaic 혹은 sebacic acid와 같은 직쇄형 dibasic acid와 8~13개의 탄소 원자를 갖는 긴사슬의 가지화된 일차 알코홀 옥소 알코홀과의 에스테르화 반응에 의해 제조된 에스테르이다[8,13,18].

[15,19]. Sebacic산은 작고 흰 구슬의 형태로 가능하다[20]. 이들 산들의 성질들은 표 7에 정리하여 나타내었다. 위에 나타낸 산들 이외의 다른 디카르복시산들은 출발 물질들로서 중요하지 않다[8]. Glutarates는 너무 휘발성이고, methyladipic산의 에스테르들은 직쇄형 디에스테르들보다 더 낮은 점도지수를 갖는다. Pimelic, Suberic 그리고 nonane-디카르복시산들은 상업적으로 생산되지 않는다.

A.2 원료물질

A.2.1 Dibasic Acids

사용되는 주된 직쇄형 dibasic acids는 다음과 같다 :



Adipic과 azelaic acids는 결정형 고체이다



Table 7

PROPERTIES OF STRAIGHT-CHAIN DIBASIC ACIDS

	Adipic Acid (C ₆ H ₁₀ O ₄ ; 146.142 mol wt)		Azelaic Acid (C ₉ H ₁₆ O ₄ ; 188.223 mol wt)		Sebacic Acid (C ₁₀ H ₁₈ O ₄ ; 202.250 mol wt)	
	Typical Value	Sales Specification	Typical Value	Sales Specification	Typical Value	Sales Specification
Appearance	White, crystalline solid	—	—	—	—	Small white beads
Acidity, wt%	—	—	—	—	98.8 (as sebacic)	98.0 (as sebacic)
Purity, wt%	99.8	99.6 min	90.0	—	95.0	—
Ash, ppm	5.4	10.0 max	—	—	200	1,000 max
FE, ppm	0.5	2.0 max	—	—	<1.0	—
Iodine value	—	—	—	—	< 0.5	—
H ₂ O, wt%	0.06	0.2 max	—	—	0.05	0.5 max
ICV color	0-0.10	5.0 max	—	—	—	—
Color APHA (40% in SDA 3A-190)	—	—	—	—	15	50 max
Acid value	—	—	—	589-598	548	544 min
Color, % transmission, 440/550 nm min (25% W/V in methanol)	—	—	—	95/99	—	—
Melting point, °C	152.1	—	101-102	—	134.5	—
Boiling point at 760 mm, °C	330 with decomposition	—	>360 with decomposition	—	—	—
Particle density, gm/cc	1.366	—	1.225	—	1.2705	—
Bulk density, lb/ft ³	40 loose 50 packed	—	—	—	—	—
Heat of vaporization, cal/gm	130.9	—	111.3	—	108.7	—
Heat of combustion, cal/gm	4,579	—	6,066	—	6,414	—
Heat of fusion, cal/gm	27.4	—	—	—	—	—
Vapor pressure mm Hg (°C)	10 (206) 50 (245) 100 (265)	—	100 (287) 10 (225.5) —	—	100 (295) 10 (232) —	—
Sp. heat of solid, Btu/lb-°F	0.583	—	—	—	—	—

Sources:

Adipic acid: 429314
 Azelaic acid: 429336 and B-1269
 Sebacic acid: 429310 and B-1269.

A.2.2 Alcohols

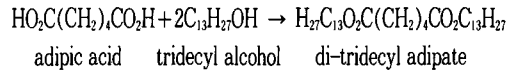
사용되는 주된 일차 옥소 알코홀은 아래와 같다[21]. :

Alcohol	Typical Composition
2-Ethylhexyl alcohol	99.5 wt% 2-ethyl-1-hexanol
Isooctyl alcohol	80 wt% dimethyl-1-hexanol 15 wt% methyl-1-heptanol, 5 wt% other homologous primary alcohols
Isononyl alcohol	80 wt% mainly dimethyl-1-heptanols, 20 wt% mainly trimethyl-1-heptanols
Isodecyl alcohol	95 wt% mainly trimethyl-1-heptanols, 5 wt% other homologous primary alcohols
Tridecyl alcohol	Mainly tetramethyl-1-nonanols

위의 모든 알코홀들은 -65°F이하의 유동점을 갖는 무색 투명한 액체이다. 이들 알코홀들의 성질들은 표 8에 정리하여 나타내었다.

A.2.3 에스테르화 반응

dibasic acid esters는 여러가지 공정들에 의해 제조될 수 있다. 그동안 특허들과 다른 문헌들을 연구한 결과 dibasic acid가 직접적으로 알코홀과 반응하는 직접 에스테르화 반응만이 상업적으로 사용된다는 것으로 나타났다. 그래서 이 직접적 에스테르화 반응만이 고려되어질 유일한 방법이 될 것이다. adipic acid와 tridecylalcohol을 사용한 직접 에스테르화 반응의 예가 아래에 주어져 있다.



에스테르화 반응은 평형반응으로 평형이 완성되지 않는다면 반응이 완전히 이루어지지 않는다. 비휘발성 dibasic acid esters의 경우에는 물이 형성되자마자 즉시 더 휘발성인 물의 제거에 의해 반응은 이루어진다. 자일렌이나 톨루엔과 같은 azeotropic agent는 물이 증기화하는 온

Table 8

PROPERTIES OF OXO ALCOHOLS

	2-Ethylhexyl Alcohol (C ₈ H ₁₇ OH; 130.2 mol wt)		Isooctyl Alcohol (C ₈ H ₁₇ OH; 130.2 mol wt)		Isononyl Alcohol (C ₉ H ₁₉ OH; 144.3 mol wt)		Isodecyl Alcohol (C ₁₀ H ₂₁ OH; 158.3 mol wt)		Tridecyl Alcohol (C ₁₃ H ₂₇ OH; 200.6 mol wt)	
	Typical Value	Sales Specification	Typical Value	Sales Specification	Typical Value	Sales Specification	Typical Value	Sales Specification	Typical Value	Sales Specification
Acidity as acetic acid, wt%	0.001	0.005 max	0.001	0.001 max	0.001	0.001 max	0.001	0.001 max	0.002	0.003 max
Carbonyl number (mg KOH/gm)	0.06	0.2 max	0.07	0.15 max	0.04	0.2 max	0.05	0.2 max	0.2	0.4 max
Color (Pt-Co)	<5	10 max	<5	10 max	<5	10 max	<5	10 max	<5	10 max
Distillation (°C) (10 mm Hg, 5% to 95%)										
Initial	182	182 min	184	184 min	202	200 min	216	215 min	253	253 min
Dry point	185	186 max	191	191 max	210	212 max	221	223 max	263	263 max
Purity, wt%	99.5	99.0 min	99.3	99.0 min	97	—	99.1	99.0 min	99.1	99.0 min
Hydroxyl number (mg KOH/gm)	429	—	428	—	377	—	351	—	277	—
Specific gravity (20°/20°C)	0.834	0.832-0.835	0.832	0.830-0.834	0.834	0.833-0.837	0.838	0.835-0.840	0.845	0.843-0.848
Water, wt%	0.03	0.1 max	0.08	0.1 max	0.05	0.1 max	0.06	0.1 max	0.03	0.1 max
Pour point (°F)	<-65	—	<-65	—	<-65	—	<-65	—	<-65	—
Viscosity, centistokes (20°C)	12	—	12	—	16	—	21	—	47	—
Flash point (tag open cup), °F	180	—	180	—	200	—	215	—	250	—
Appearance	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)

Note: (a) Clear and free of suspended matter.

Source: 429273 (Exxon Chemical Company).

도를 낮추주기 위해 사용될 수 있다. 그러나 반응은 대기압과 에스테르의 끓는점 이하이나 물의 끓는점 100°C보다 훨씬 높은 온도에서 수행되므로 azeotroping agent는 요구되지 않는다. 약 5%에서 10%의 여분의 알코홀이 사용될 수 있는데 이것은 알코홀이 dibasic acids보다 더 휘발성이 있기 때문이며, 증류에 의해서 회수될 수 있다. 그리고 반응은 이들의 증기화 온도를 낮추고 가능한 분해를 최소화하기 위해 진공상태 아래에서 수행된다. 미반응된 산은 탄산나트륨 수용액으로 승화시킬 수 있다. 에스테르화 반응을 더 빨리 수행하기 위해(즉 에스테르화 반응속도를 빠르게 하기 위해서) para-toluene sulfonic acid와 같은 촉매를 사용한다. dibasic acid esters의 열분해 메카니즘은 앞서의 네오폴리올에스테르의 경우에서 역시 잘 설명되어 있으니 참조하기 바란다.

B. 물리적인 성질들

주된 디에스테르의 사슬에서 짧은 가지화는 낮은 온도들에서 더 낮은 점도들을 띄게 된다[8] 그러한 디에스테르들은 다음과 같은 반응에 의해서 얻어질 수 있다.

1. 가지화된 일차알코홀과 직쇄형 디카르복시산과의 반응 혹은
2. 가지화된 단일카르복시산과 직쇄형 dihydric 알코홀과의 반응 혹은
3. 직쇄형 일차알코홀과 가지화된 디카르복시산과의 반응

직쇄형 일차 알코홀의 결핍된 유용성은 Type 3의 사용을 제거한다. Type 2의 에스테르들은 더 낮은 점도지수와 더 큰 휘발성을 갖는 경향성 때문에 사용되지 않는다. Type 2 에스테르의 또 다른 불리한 점은 Type 1과 비교해서 더 낮은 가수분해 안정도이다. 덧붙여서, Type 2 윤활유의 밀도는 물의 그것과 대략 같다. 그러므로 수분이 존재할 시 안정한 에멀전을 형성한다. 위의 이유들 때문에 윤활유 기유로서 Type 1의 dibasic acid esters의 선택으로 귀결되었다.

Gunderson과 Hart[8]는 해군 연구 실험실의 Cohen, Murphy 그리고 공동연구자들에 의해 결정된 Type 1 diesters에 대한 다음과 같은 척도적인 종합적 귀납적인 결과들을 주었다.

1. 산의 사슬길이의 증가는 점도를 증가시키고, 점도-온도 특성들은 개선시키고(온도 변화에 따른 낮은 점도 변화가 바람직하다) 유동점을 상승시킨다.
2. 산의 직쇄 사슬에 곁가지들의 첨가는 점도를 증가시키고, 유동점을 더 낮추며 사슬의 가지들의 수와 같이 의존하는 점도지수를 낮추며
3. 알코홀 사슬에서 가지화의 위치는 점도와 점도지수에 영향을 미친다. 점도, 휘발성 그리고 온도 안정성 고려를 위한 최적의 가지화 배열(향)이 있다.
4. 직쇄형 사슬에 시클로 고리기들의 첨가는 지방족 사슬들의 첨가에 의해 초래되는 것보다도 점도에서의 더 큰 증가와 점도지수에서의 더 큰 감소를 초래한다.
5. 분자의 가지분리부분에 대한 길이의 비율의 증가는, 즉 곁가지 혹은 시클로고리기들을 첨가함으로써, 점도지수를 감소시킨다. 위의 파라미터들은 최적의 분자구조는 직쇄 사슬의 산들에 결합된 긴 알코홀 사슬들에 상대적으로 짧은 알킬 가지들을 갖는 지방족 디에스테르들의 구조이다. 분자구조에 대한 점도와 유동점과 관련한 다른 일반적인 원리들은 Gunderson과 Hart[8]에 의해 주어진다.
6. 알코홀 사슬에 짧은 가지들이 존재하면 높은 점도지수를 가지며, 이런 가지들의 수의 증가는 점도를 증가시키며 점도지수를 나쁘게 한다.
7. 일반적으로 알코홀 사슬길이는 일반적으로 산의 사슬길이에 의해서 보다더 에스테르 성질들에 더 큰 효과를 갖는다.

합성 윤활유 기유들로서 가장 보편적으로 사용되는 dibasic acid esters의 성질들은 표 9에 나타내었다.

Table 9

PROPERTIES OF DIBASIC ACID ESTER SYNTHETIC BASE STOCKS

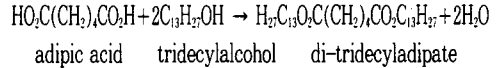
	Viscosity, cSt				Viscosity Index	Pour Point, °F (°C)	Flash Point, °F	Evaporation Loss, (%) (6-1/2 hrs @ 400°F 204.4°C)	Reference
	210°F (98.9°C)	160°F (37.8°C)	-40°F (-40°C)	-65°F (-53.9°C)					
Adipates									
Di-2-ethylhexyl	2.38	8.21	810	4,900	121	-80 (-62.2)	390 (198.9)	34	429312
Di-isoocetyl	2.77	9.64	960	5,770	147	-80 (-62.2)	400 (204)	34	429312
Di-isononyl	3.47	13.1	—	—	162	-70 (-56.7)	—	—	B-1264
Di-isodecyl	3.56	14.5	2,890	22,500	148	-80 (-62.2)	425 (218.3)	9	429312
Di-tridecyl	5.53	30.0	20,000	—	150	-65 (-53.9)	450 (232.2)	5	429312
Azelaces									
Di-2-ethylhexyl	3.01	11.10	1,164	7,147	144	-100 (-73.3)	415 (212.8)	41	B-1264
Di-isoocetyl	3.38	12.53	1,281	7,026	166	-70 (-56.7)	425 (218.3)	—	B-1264
Di-isodecyl	4.34	18.59	3,643	25,330	164	-75 (-59.4)	470 (243.3)	—	B-1264
Di-tridecyl	6.47	36.5	18,700	—	144	-70 (-56.7)	470 (243.3)	—	429313
Sebacates									
Di-2-ethylhexyl	3.31	12.50	1,450	7,800	154	-75 (-59.4)	430 (221.1)	26	B-1264
Di-isoocetyl	3.79	14.67	1,769	10,080	171	-60 (-51.1)	425 (218.3)	—	B-1264
Di-isononyl	4.61	19.58	3,450	Too Viscous	176	-60 (-51.1)	450 (232.2)	10	B-1264
Di-isodecyl	4.7	20.83	4,191	28,860	161	-75 (-59.4)	465 (240.6)	—	B-1264

C. 관련 특허의 검토

합성윤활기유로서 사용되는 dibasic acid esters에 관한 특허들은 하나나 더 많은 일차 지방족 알코홀(가치화나 비가치화된)과 하나나 더 이상의 디키르복시산들을 이용한 고전적인 직접 에스테르화 기술을 보이고 있다. 에스테르화 반응은 대기압하에서 수행되었으며, 촉매나 azeotropic agent의 존재나 비존재하에 수행되었다. 비록 특허들에는 가동조건의 폭이 담겨져 있지만 공정 설계를 위한 충분한 정보는 포함하고 있지 않다. 특허들에서의 모든 연구실험은 반응시간과 온도의 최적화 시도가 없는 실험실적 초자기구에 의한 반응실험들을 수행하였다. 몇 가지 경우들에서 최종 윤활유들은 적당한 첨가제들을 기유들과 포함하여 제조되어졌다.

D. 에스테르화 반응 ; 반응열

adipic acid(아디프산)와 tridecylalcohol(트리데실 알코홀) 사이의 에스테르화 반응은



$\Delta H^{\circ}_R = -12.4\text{kg-cal/gm-mol} (-22,300 \text{ Btu/16-mol})$
(25°C ; 고체 아디프산 ; 액체 트리데실 알코홀, 에스테르, 물 ; 발열)

반응열은 생성열로부터 계산되었다. 이들은 역시 Benson의 방법에 의해서 아디프산, 트리데실 알코홀 그리고 에스테르에 대한 점화열로부터 계산되었다.

E. 열 물리적 실험 자료

아디프산에 대한 증기압 대 온도자료는 Du Pont사의 아디프산에 대한 자료[22]로부터 얻어졌다. 트리데실 알코홀에 대한 증기압 대 온도 자료는 Exxon사의 옥소 알코홀 자료[21]에 있는 증류 규격으로부터 추정되어졌다. 에스테르에 대한 증기압 vs. 온도자료는 Rohm & Hass사의 자료에 있는 ASTM 증류자료로부터 추정되었다. 증기-액체 평형자료는 (중)기화잠열은 Du Pont사[22]로 부터 얻어졌다. 알려진 옥소

알코올과 dibasic acid esters에 대한 잠열을 비교해서 트리데실 알코올(tridecylalcohol)과 디트리데실아디페이트(di-tridecyladipate)의 기화잠열은 각각 140Btu/lb와 96 Btu/lb였다. 밀도, 점도 그리고 비열과 같은 다른 성질들은 제조자들의 자료로부터 구해졌으며 비슷한 화합물들을 서로 비교하여 추정되었다.

IV. 폴리올 에스테르계 합성유허유와 디에스테르계 합성유허유의 비교

A. 에스테르계 합성유허유

과학적인 문헌들에 있는 여러가지 기유들과 비교해볼때 에스테르계 합성유의 여러가지 성질들은 광유계 기유와 관련지어서 판단된다. 폴리올 에스테르와 디에스테르사이의 차이는 역시 이러한 방법으로 비교될 수 있다. 그러나 에스테르계 합성유허유를 제조키 위해 사용될 수 있는 원료물질의 다양성 때문에 일반적으로 가정되는 것보다 더 많은 가능성이 존재한다. 그리하여 유허유 산업에서 중요한 여러가지 성질들은 사용된 원료물질들에 따라서 영향을 받을 수 있다. 이들 성질들은 점도, 점도지수, 유동점 그리고 인화점을 포함한다. 에스테르계 합성유허유의 성질들은 지방산이나 알코올 사슬의 길이, 탄소 사슬에서의 가지화와 그것의 위치에 따라서 영향을 받는다 (그림 3 참조).

에스테르계 합성유와 그 제조공정을 위해 사용되는 원료물질의 선택에 의해 영향을 받는 다른 성질들은 휘발성, 산화 안정도, 열 안정도 그리고 가수분해 안정도를 포함한다. 그림 4는 같은 화학 조성과 특징들을 갖는 두가지 매우 비슷한 에스테르들의 가수분해 안정성을 비교하여 나타내었다. 시험결과는 A제품에 의해 얻어진 좋은 실험결과가 월등히 우수한 공정 기술의 결과이다.

Figure 1 Processing scheme

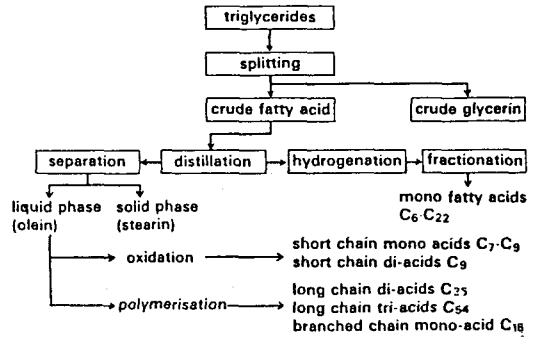
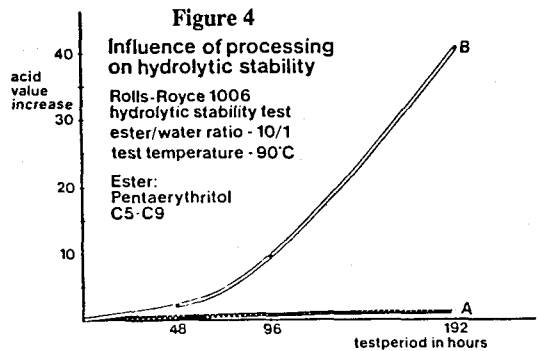
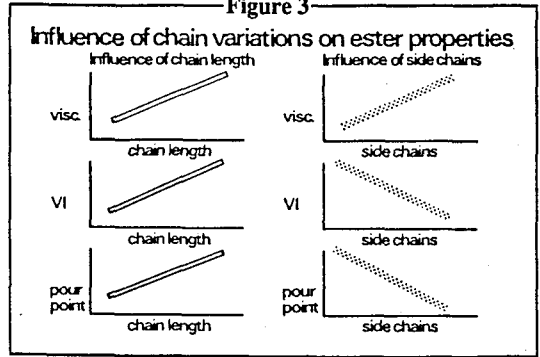


Figure 3



B. 에스테르계 합성윤활유의 장점과 광유계의 폴리알파올레핀계와 비교한 상대적 성능

에스테르계 합성윤활유는 다음과 같은 점에서의 장점을 가지고 있다.

- 고온에서의 성질
- 저온에서의 성질
- 점도-온도 관계
- 휘발성
- 윤활성
- 생분해성
- 첨가제 용해도
- 마찰 성질

광유와 폴리알파올레핀과 관련하여 이들 장점들은 다음과 같이 비교 판단될 수 있다(표 10을 보라)

Table 10

The Relative Performance Comparatives among Ester based fluid, Mineral Oil, and Polyalphaolefin

Relative Performance	Mineral Oil	PAO	Di-Esters	Polyol Esters
High Temp Properties	00	000	000	00000
Low Temp. Properties	0	0000	0000	000
Vis.-Temp. Relationship	00	000	00000	0000
Volatility	00	000	000	00000
Biodegradability	00	0	0000	00000
Lubricity	00	0	0000	0000
Additive Solubility	0000	00	00000	00000
Frictional Properties	00	0	0000	00000
0	poor			
00	fair			
000	good			
0000	very good			
00000	excellent			

에스테르계 합성유의 단점은 탄성 물질을 팽창시키는 경향이 있다고 자주 거론된다. 이러한 사실은 어떤 종류의 에스테르계에 대해서는 진실이다. 그러나 광유와 동일하게 행동하는 에스테르계 합성유도 역시 존재한다는 사실은 광범위하게 알려지지 않았다. 여기에 관해서 구체적으로 논의하는 것은 본고의 관점밖의 사항이다. 단지 여기서 알려두고져 하는 것은 100% 단독 기유로서 사용될 수 있는 에스테르는 존재하며(비극성 에스테르계) 반면 다른 에스테르들은 광유계 기유나 PAO와 혼합하여 사용하여야 한다(극성 에스테르계)는 사실은 말할 수 있다. 후자의 경우에는 이들 에스테르는 탄성체의 수축 그리고 첨가제의 용해도등 PAO의 뚜렷한 결함을 극복하기 위해 필수적이다.

1. 고온성질

에스테르계 합성유는 엔진 청정성 그리고 불용해물의 생성(슬러지)에 관해서는 일반 광유계보다 월등히 우수하다. 그러나 에스테르(그리고 역시 폴리알파올레핀)는 점도와 산가를 조절기 위해 산화방지제의 첨가가 필요하다. 이것은 에스테르와 폴리알파올레핀은 순수한 화학물질인 반면 일반 광유는 몇가지의 천연 산화방지제를 포함하고 있다. 추천되는 산화방지제로는 페놀계나 아민계인 Ashless 형태이다.

2. 휘발성

에스테르계 합성유의 휘발성은 그중 특히 폴리올 에스테르계는 단연 제일 낮은 값을 갖는다. 100°C에서 4.4cSt의 점도를 갖는 폴리올 에스테르는 Noack Test에 따르면 2%의 휘발성을 갖는다.

3. 생분해성

에스테르계의 강점은 그들의 생분해도에 있다(표 11 참조). 천연오일이나 지방으로부터 유도

된 에스테르계 합성유는 이들 물질들의 생분해도를 그대로 이어받았다. 이 사실은 생분해성 윤활유에 대해 증가하는 요구와 함께 고려의 대상이 될 수 있는 매우 중요한 사실이다(outboard 오일, chain용 윤활제, 유압작동유).

Table 11

Typical Biodegradation according to CEC L-33-T-82

Mineral Oil(Paraffinic)	20-30%
Polyalphaolefin(PAO 6)	10%
Di-esters	50-85%
Polyolesters	95%

많은 다른 측면들에 대해서는 다음장에서 논할 것이다.

C. 에스테르계 합성 윤활유의 성능면

1. 윤활성 : 내마모 첨가제의 반응

내마모 첨가제들은 Ashforming(회분형성) [아연계 시스템] 혹은 Ashless(회분 비형성) [인산 시스템]일 수 있다. 두가지 형태 모두 극성 특성을 갖는다. 이것은 경계 윤활조건 아래에서 금속/금속 접촉을 방지하기 위해 금속 표면에 물리적이거나 화학적으로 경계막을 형성키 위해 필수적이다. 에스테르는 역시 극성특성을 가지므로 비극성 광유 혹은 매우 비극성인 폴리알파올레핀 보다 더 좋은 고유의 내마모 성질을 갖는다. 이러한 현상은 잘 받아들여진다. 그러나 여러가지 에스테르계 합성유에서의 내마모성 첨가제들의 성능은 항상 쉽게 예측될 수 없다. 이러한 사실은 금속 표면에서 막형성을 위해서 에스테르와 내마모성 첨가제들 사이의 경쟁 때문이라고 생각된다. 이러한 현상을 조사하기 위해서 여러가지 종류의 합성기유와 합성계 혼합 윤활기유에서 여러가지 ashless와 ashcontaining 내마모성 첨가제들을 평가하였다(표 12를 보라).

Table 12

Results for Evaluations of Ashless and Ashcontaining

Antiwear Additives in Various Base Fluids and A Synthetic Base Fluid Blend.

Base Fluid	Ester TMP C9	Blend 20% TMP C9 80% PAO 6	PAO 6	Mineral Oil 160 SN
Viscosity @100°C, mm ² /s	4.4	5.3	5.9	5.4
Viscosity @40°C, mm ² /s	20	26.4	31	33
Viscosity Index, V.I. _E	140	138	136	95
Pour point, °C	< -50	< -50	-66	-15
Flash point, C.O.C., °C	250	244	240	220
Noack Volatility, %wt.	3	6	8	15

• 시험방법

평가들은 상대적으로 간단하고 낮은 비용의 Falex 마모시험기로 수행되었다. 자세한 시험은 시험시 오일로 도포된 두개의 고정된 금속 V-blocks에 대하여 회전하는 금속으로 된 핀으로 구성되어 있다. 마모는 시험하는 동안 일정한 하중을 유지하기 위하여 도입이 필요한 미늘 톱니바퀴 장치(톱니바퀴의 역회전을 방지하는 장치)의 많은 이빨(치차)의 수로써 결정되고 기록된다. 기록되는 치차의 수가 낮을수록 더 좋은 내마모성능을 나타내게 된다. 시험은 ASTM D-2670에 따라서 700파운드의 하중에서 15분간 진행된다.

• 시험결과

평가결과를 판단키 위해서 합성계 윤활기유들에서 각 첨가제의 “효과적인 농도”가 결정되었다. 내마모성 첨가제의 성능에 관한 임의의 측정이 이루어졌을때 “효과적인 농도”는 10치차나 그 이하의 Falex 시험결과를 주기 위해 요구되는 첨가제의 농도로서 정의되었다.

다음과 같은 ashless 내마모성 첨가제들이 평

가되었다.

- A) triphenyl phosphorothionate
- B) amino phosphate derivative
- C) dialkyldithiophosphate
- D) thiodiazole derivative
- E) tricresyl phosphate

표 13은 여러가지 합성기유들에서 얻어진 Falex 시험결과들을 나타내고 있으며 내마모성 첨가제의 “효과적인 농도”를 나타내고 있다.

Table 13

The Falex Test Results obtained with the Various Base Fluids. (the “effective concentration” of the anti-wear additives)

Base Fluid	TMP C9	20% TMP C9 80% PAO 6	PAO 6	Mineral Oil
Falex Wear, teeth	50	Fail	Fail	Fail
“Effective Concentration,” %wt.				
Anti-wear additive				
A	3	4	*	8
B	0.20	0.15	0.25	0.15
C	0.7	0.5	4	3
D	0.05	0.20	0.90	0.30
E	>6	6	*	4

* : not compatible

표 4로부터 우리들은 TMP C9에스테르는 비극성 PAO 6 합성기유와 광유계 기유보다도 더 좋은 내마모성능 특성을 갖는다. 여러가지 합성기유계에서 내마모 첨가제인 A)와 E)의 효과는 낮았다. 이들 첨가제 모두는 PAO 6에 대해서 용해되지 않았다. 반면 첨가제 E)에 대해서는 금속표면에 대해서 에스테르와 경쟁적으로 작용하고 있다고 보여졌다. 첨가제 B)에 대한 좋은 효과는 모든 기유에서 관찰되었으며 반면에 첨가제 C)와 D)는 에스테르와 에스테르를 포함하는 혼합기유에서 매우 좋은 반응을 보였다. 첨가제 D)는 역시 광유계 기유에서도 그 결과가 좋았

다. TMP C9 에스테르의 좋은 내마모특성은 첨가제 C)와 D)의 효과에 역시 기여하였다. 이들에 관한 평가를 한 후에 추가적인 실험으로서 여러가지 합성기유계에서 ashocontaining 첨가제들의 반응을 관찰기 위한 실험을 수행하였다. 평가를 위해 선택된 내마모성 첨가제들은 primary alkyl zinc dithiophosphate F)와 diaryl zinc dithiophosphate G)

Table The Characteristics of both Additives (Primary Alkyl Zinc Dithiophosphate F and Diaryl Zinc Dithiophosphate G)

Additive Chemical Type	F Primary alkyl ZnDTP	G Diaryl ZnDTP
Zn, %wt.	10.6	3.1
P, %wt.	9.5	2.7
S, %wt.	20.0	5.6

얻어진 결과들은 표 14에 정리하여 나타내었다.

Table 14

Test Results obtained from both Additives in Various Base Fluids

Base Fluid	TMP C9	20% TMP C9 80% PAO 6	PAO 6	Mineral Oil
Falex Wear, teeth	50	Fail	Fail	Fail
“Effective Concentration,” %wt.				
Anti-wear Additive				
F	0.25	0.25	10	9
G	0.50	0.75	12	14

에스테르와 PAO/에스테르 혼합기유에서 첨가제 F)와 G)에 대해서 좋은 첨가제 특성 반응을 보인 반면 비극성 윤활기유에서의 효과는 대체적으로 더 낮았다. 이러한 F)와 G) 사이의 차이는 zinc dithiophosphates의 alkyl 유형이 마모로부터의 보호특성에 있어서 aryl 유형보다도 더 좋다고 알려진 엔진오일에서의 실제적인

경험과 잘 조화를 이루고 있다. 즉, 여기서의 실험결과는 실제 상황에서의 결과와 잘 일치한다.

• 결 론

Falex시험이 단지 모의시험이라 할지라도 여러가지 기유에서의 내마모성 첨가제들 사이의 반응에서의 뚜렷한 차이를 관찰할 수 있다. 더 나아가서 산화방지제 반응에 관한 시험결과와 잘 조화시키면 합성기유에 대한 적절한 첨가제 배합법에 의해 낮은 수준의 선택된 내마모 첨가제의 배합으로 고성능의 특성을 얻을 수 있다.

2. 첨가제의 용해도 : V.I.-improver(점도 지수 향상제)의 반응

PAO의 사용과 관련한 잘 알려진 문제는 앞의 장에서도 논의된 바와 같이 어떠한 첨가제들의 용해도 문제이다. 대부분의 첨가제는 질소, 황 그리고 인원자를 포함하는 특성기들의 존재 때문에 극성 특성을 갖는다. 그래서 비극성 광유계 기유에 대한 좋은 용해도를 갖기 위해 첨가제 분자들에는 긴 알킬기 혹은 아릴기 사슬이 존재한다. 불행하게도 PAO계 합성기유는 여러가지 첨가제의 용해도 문제들에 대한 결과로부터 광유보다도 더 비극성을 나타낸다. 이러한 사실은 점도 지수 향상제에 대해서 특히 더욱더 틀림없는 근거가 확실한 사실이다. 일반적으로 점도지수 향상제에 대한 용해도는 높은 용해도 효과를 얻기 위해 명확하지 않은 광유계 기유에 대한 용해도로써 나타낸다. 시험 계획에서의 첫번째 단계는 일련의 용해도 시험으로 수행되었다. 세가지 상업적으로 가능한 점도지수 향상제가 실험을 위해 선택되었으며 이들 점도지수 향상제는 두개의 polyalkyl methacrylates(PMA)인 A), B)와 PMA와 olefinocopolymer (OCP)의 혼합된 고분자인 C)이다. 모든 세가지 점도지수 향상제들에 대한 용해도는 5% wt. 농도로 PAO 6 합성기유에서 결정되었다(표 15를 보라). 그리고 PAO/에스테르 혼합 합성기유에서 A)와 B) 첨

가제는 10% wt.의 농도로 제조하여 실험에 사용하였다(표 16, 17을 참조하라).

Table 15

Solubility with PAO 6

V.I. improver	PMA		PMA/OCP
	A	B	C
Temperature :			
100°C	+	+	+
40°C	-	+/-	+
24°C	-	-	+/-
4°C	-	-	+/-
-25°C	-	-	+/-
+ : compatible			
+/- : borderline compatibility(hazy/turbid)			
- : not compatible			

점도지수 향상제 A)와 B)는 매우 낮은 용해도를 나타내었다. 이들 화합물들은 오히려 극성 물질들이었다. 혼합 고분자인 C)에 대한 용해도는 단지 공기조화 온도보다는 더 높은 온도에서만 만족스러운 결과를 나타내었다.

Table 16

Solubility of VI improver A with PAO 6/TMP C9 blends

PAO 6, %	100	97	95	90	80
Ester TMPC9, %	-	3	5	10	20
Temperature:					
100°C	+	+	+	+	+
40°C	-	-	+/-	+	+
24°C	-	-	-	+/-	+
4°C	-	-	-	+/-	+
-25°C	-	-	-	+/-	+

Table 17

Solubility of B with PAO 6/TMP C9 blends

PAO 6, %	100	97	95	90
Ester TMP C9, %	-	3	5	10
Temperature:				
100°C	+	+	+	+
40°C	+/-	+	+	+
24°C	-	+	+	+
4°C	-	-	+/-	+
-25°C	-	-	+/-	+

이들 결과로부터 두가지의 점도지수 향상제의 용해도 특성에 관한 PAO계 합성기유에서 에스테르계 합성기유의 긍정적인 효과를 나타내었다. 이러한 사실들은 PAO계 전(혹은 부분) 합성 윤활유를 저장하는 동안 점도지수 향상제의 분리 문제들을 극복하기 위해 역시 에스테르계 기유가 사용될 수 있다는 사실을 보이고 있다.

3. 에스테르계 합성윤활유와 PAO계 합성유의 마찰 행동

경계윤활 조건 아래에서 윤활유들의 마찰 행동은 자주 토론의 대상이다. 일반적으로 이러한 점에서 에스테르는 광유보다도 더 좋다는 사실은 여러해 동안 잘 알려져온 사실이다. 경계조건 아래에서 PAO의 마찰 행동은 매우 잘 알려지지 않고 있다. 그러므로 마찰에 관한 평가들은 여러가지 유형의 합성기유계 윤활유에 대해서 수행되었다.

이들 평가들을 위해서 SODA법으로 일반적으로 알려진 오일을 함유한 추의 마찰 시험방법이 사용되었으며 이 시험기는 저속, 고부하의 경계윤활조건 하에서 윤활제의 동력학적 마찰계수를 측정기 위해 동경대학교의 Soda박사에 의해 개발되었다.

마찰 평가를 위해 다른 유형의 에스테르계 합성 윤활유, 여러가지 유형의 PAO계 합성유 그리고 광유계 윤활제들이 선택되어 사용되었다. 선택 사용된 윤활제들의 점도와 화학적 조성들은 표 18에 주어졌다.

• 시험방법

기체는 기본적으로 하나의 추였다. 축은 4개의 4.75mm 직경의 볼들의 한가운데 남겨진 2mm 직경의 회전하는 편으로 구성되어 있다. 축은 시험시 실험대상 윤활제로 채워진다. 부하는 추 위에 무게를 첨가함으로써 변화시킬 수 있다. 동력학적 마찰계수는 추가 멈추었을때의 속도로부터 결정된다.

Table 18

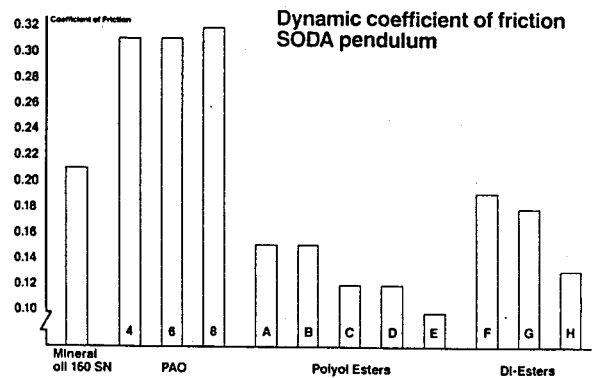
The viscosities and chemical compositions of the selected fluids

	Mineral oil	PAO			Polyol esters					Di-esters		
	160 SN	4	6	8	A	B	C	D	E	F	G	H
Visco. @100C mm ² /s	5.3	3.9	5.8	7.8	4.4	6.2	13	18	6.9	3	5.3	13
A-TMP ester of short chain fatty acids B-PE ester of short chain fatty acids C-TMP ester of long chain iso fatty acid D-PE ester of long chain iso patty acid E-TMP ester of mixed short/long chain fatty acid F-di 2-ethyl hexyl ester of medium short chain dicarboxylic acid G-di isotridecyl ester of short chain dicarboxylic acid H-di 2-ethyl hexyl ester of long chain dicarboxylic acid												

• 시험결과

시험에 사용된 여러가지 종류의 윤활제에 대해서 측정된 마찰계수들은 그림 4에서 설명되어 진다.

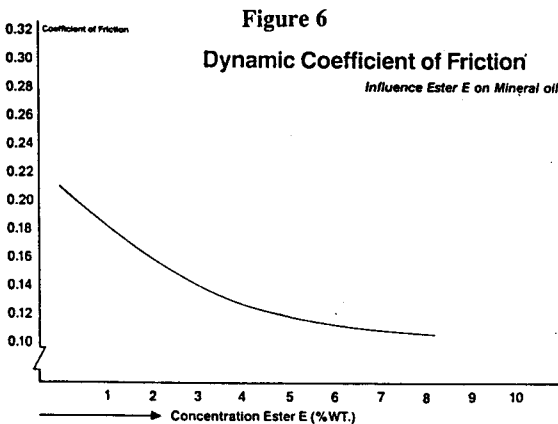
Figure 5



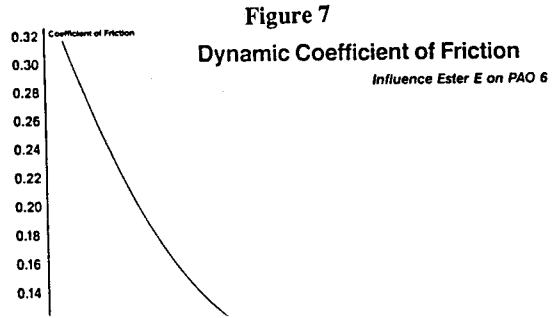
3가지 유형의 PAO계 합성윤활유에 대하여 얻어진 결과들은 경계윤활조건에서 금속표면에 대하여 나쁜 친화력을 선명히 나타내고 있다. 에

스테르계 합성 윤활유에 대한 마찰계수는 PAO와 광유계 윤활제에 대한 그것보다도 훨씬 더 낮은 마찰계수를 주었다. 더 나아가서 더 긴 사슬의 산에 기초한(C와 D) 에스테르는 짧은 사슬의 지방산들에 근거한 에스테르(A와 B)와 비교해서 훨씬 더 좋은 결과를 나타내었다. 놀랍게도 짧은 사슬과 긴 사슬의 지방산의 혼합으로 이루어진 에스테르(E)는 매우 낮은 마찰계수를 주었다. 디에스테르에 대해서는 긴 사슬의 디 카르복시산에 기초한 에스테르가 짧은 사슬의 디 카르복시산에 기초하여 제조된 에스테르보다도 더 낮은 값을 주었다.

일반적으로 TMP와 PE 구조를 갖는 폴리올 에스테르들은 디에스테르보다 더 낮은 값을 주었으며 이 사실은 아마도 이들 폴리올 에스테르의 화학적인 구조 때문인 것으로 판단된다. 광유계와 특히 PAO계 합성유에 대한 첨가 효과를 조사하기 위해 에스테르 E의 이들에 대한 첨가 실험이 함께 수행되었다. 그림 5는 광유계 기유에 대한 에스테르계 합성기유의 첨가효과를 보이는 것으로서 에스테르 E를 5%에서 10% 사이의 첨가시 그 동력학적 마찰계수는 순수한 에스테르 E의 마찰계수값을 보이고 있다.



PAO계 합성기유에 대한 에스테르계 합성기유의 효과는 더욱더 현저하게 나타났다(그림 6을 보라). 이 경우에 마찰계수는 약 5% 에스테르 농도에서 거의 본래의 에스테르의 마찰계수값으로 떨어졌다.



• 결 론

위의 결과들은 낮은 마찰계수를 얻기 위한 에스테르의 매우 긍정적인 첨가효과를 선명히 보이고 있다. 이러한 사실은 에스테르/광유 혼합물에서 사실로 나타났으며 특히 에스테르/PAO 혼합물에 대해서는 더 현저하게 나타났다.

D. 에스테르계 및 PAO계 합성윤활유의 응용분야의 검토

표 19에서 에스테르계, PAO계 그리고 에스테르/PAO계 혼합물을 사용한 응용분야가 주어져 있다.

Table 19

The application areas where esters, PAO's and ester/PAO's blends

Application Areas	Esters	PAO	Ester /PAO
Gas Turbine Engine Oils	+	-	-
Aviation Hydraulic Fluids	-	-	+
Automotive 4-Cycle Oils	+	(+)	+
Gear Box Oils(Automotive)	-	-	+
2-Cycle Engine Oils	+	(+)	+
Industrial Gear Oils	+	(-)	+
Refrigerator Fluids	-	+	-
Compressor Oils	+	-	+
Transformer Fluids	+	-	-
Chain Oils	+	+	+
Hydraulic Fluids	+	-	-
Metal Working Fluids	+	-	-

1. 시장동향 분석

- 1) 직면한 극한 조건때문에 항공기용 가스 터빈 엔진오일 분야는 오랜기간 동안 에스테르계 합성유의 확립된 시장 영역이었다.
- 2) 항공기용 유압작동유 분야는 탄성체인 실재에 대한 규격을 만족시키기 위해서 주로 에스테르/PAO혼합 합성유허합제의 시장이었다.
- 3) 자동차용 4사이클 엔진오일에 대해서는 위의 모든 3가지 오일 시스템이 사용되고 있다. 전 합성의 연료 경제성 엔진오일에 대해서는 탄성체 실재의 영향, 첨가제의 적합성(용해도, 등) 그리고 휘발성 등의 요인때문에 에스테르/PAO계 합성유허합유가 매우 선호하여 사용되고 있다. 그러나 100% 에스테르계 엔진오일도 역시 시판 사용되고 있다. 부분 합성 유허합유에 대해서는 위의 3가지 모든 오일 시스템이 적용 사용되고 있다. 에스테르계 및 에스테르/PAO혼합 합성 유허합유는 유허합제에서 에스테르의 청정성에 대한 기여 뿐만 아니라 더 좋은 열/산화 안정성 때문에 선호되고 있다. PAO계 합성 유허합유는 바니쉬와 코우크의 형성을 증가시키는 경향이 있다.
- 4) 자동차용 합성 기어박스 오일 시장이 비록 그 규모가 작다고 하더라도 그 시장 동향은 에스테르와 PAO의 혼합쪽으로의 경향성을 보이고 있다.
- 5) 2사이클 엔진오일 분야에 있어서는 에스테르계 합성 엔진오일 쪽으로의 한정된 경향을 나타내고 있다. 그 이유는 에스테르계 합성유의 좋은 내마모성 때문에 PAO보다도 더 적은 연료/유허합유 비율에서 사용될 수 있기 때문이다. 더 나아가서 PAO는 생분해성이 낮은 반면 에스테르는 역시 그 생분해성이 매우 좋기 때문이다.
- 6) 에너지 절약 이유로 인하여 더욱더 낮은 점수 수준에서 사용할 수 있기 때문에 산업적인 응용분야에 대한 합성 기어오일에 대한 관심이 증가하고 있다. 최근 고점도의 PAO계 합성 기어오일이 선호되고 있지만 이것은 앞으로 고점도 에스테르계 합성기어오일로(부분적으로) 대체될 것으로 기대된다.
- 7) 합성 냉동기용 콤프레셔유에서는 PAO계 합성유의 사용을 위한 시장이 될것이다. 이것은 에스테르계가 냉매와 화학적으로 반응하기 쉽다는 사실에 근거하고 있으며 새로운 냉매가 개발되면 이에 대한 합성 냉동기유의 사용 동향은 새로이 재편될 것으로 판단된다.
- 8) 합성 에어 콤프레셔유 시장에 대해서는 상대적으로 극성인 에스테르계 합성유가 오랫동안 지배해 왔다. 콤프레셔에서의 탄성 실재와 역시 에어 라인 장치에 대한 긍정적인 반응 때문에 PAO/에스테르 혼합 합성유 쪽으로 그 동향이 흐를 것으로 판단된다.
- 9) PCB계 합성 변압기유는 독성이 덜한 유허합유로 대체되고 있으며 이러한 이유 때문에 에스테르계 합성유는 시장점유를 얻기 위한 기회를 갖일 수 있었다.
- 10) 고온(중간정도)용 체인오일 분야에서는 모든 3가지 오일 시스템이 사용되고 있지만 고온에서의 응용에 대해서는 에스테르계 합성유가 PAO계 합성유에 비해서 더 좋은 열안정도를 나타내므로 더욱더 선호하고 있다. 체인 제조용 엔진을 위한 체인오일의 경우에는 에스테르의 생분해성이 중요하게 작용한다.
- 11) 폴리올 에스테르는 고온용 유압작동유의 잘 알려진 합성기유이다. 게다가 생분해성 유압 작동유에 대한 관심이 고조되고 있다(예를 들면 임업에 사용되는 기계들과 같은). 이러한 사실은 에스테르계 합성유에 대한 관심을 더 높게 하고 있다.
- 12) 금속 가공(및 절삭)분야는 광범위한 응용분야이다. 이 분야에 대해서는 에스테르

르계 합성유에 대한 사용이 지속적으로 증가하고 있다. 윤활성과 처분(생분해성)의 용이함이 에스테르계 합성유의 사용 증가에 대한 중요한 이유들이다.

E. 전반적인 결론

에스테르계 및 PAO계 합성 윤활기유는 광유계 윤활유에 대해서 개선된 성질을 갖는 윤활제를 개발키 위한 윤활유 산업에서의 가능성을 주고 있다. 각 합성기유 물질들은 장점과 단점을 갖고 있는데 이 단점은 이들 합성기유 물질들을

서로 혼합하여 사용함으로써 최소화 할 수 있다. 그러므로 각 합성 윤활기유가 윤활유 시장에서 그 단독의 길을 찾게 된다 할지라도 특히 에스테르계와 에스테르/PAO 혼합 합성기유는 대부분의 응용분야 영역에서 가장 선호하는 합성 윤활기유가 될것으로 기대된다.

F. 폴리올 에스테르계와 디에스테르계 합성기유의 비교
(경제성, 윤활특성, 응용분야 등에서의 각종 비교 자료)

Table 20

ADVANTAGES OF LUBRICANT ESTER BASED FLUIDS

- o High temperature properties
- o Low temperature properties
- o Viscosity of temperature relationship (Viscosity index)
- o Volatility properties
- o Lubricity
- o Biodegradability
- o Engine cleanliness/coke technology
- o Frictional properties

Table 21

APPLICATION AREAS OF ESTERS AND PAO'S

	Esters	PAO	Ester/PAO
Gas turbine engine oils	+	-	-
Aviation hydraulic fluids	-	-	+
Automotive 4-stroke oils	+	<+>	+
Gear box oils (Automotive)	-	-	+
2-stroke engine oils	+	<+>	+
Industrial gear oils	+	<->	+
Refrigerator fluids	-	+	-
Compressor oils	+	-	+
Transformer fluids	+	-	-
Chain oils	+	+	+
Hydraulic fluids	+	-	-
Metal working fluids	+	-	-

Table 22

PROPERTIES ESTER BASED FLUIDS

Di-esters	A	B	C	D
Viscosity 100°C mm ² /s	3.6	4.3	5.6	12.6
V.I. _E	148	163	188	144
Pour point, °C	-70	-70	-40	-45
Flash point, °C	220	230	245	300
Volatility, % wt	14	9	6	1
Nitrile seal swell, % vol.	17	10	5	0
Polyol - esters	E	F	G	H
Viscosity 100°C mm ² /s	3.4	4.3	4.5	13.2
V.I. _E	120	160	140	143
Pour point, °C	-70	-22	-50	-30
Flash point, °C	235	245	250	300
Volatility, % wt	8	8	3	1
Nitrile seal swell, % vol.	24	5	9	0

Table 23

PARTLY SYNTHETIC ENGINE OILS (SAE 10W40)

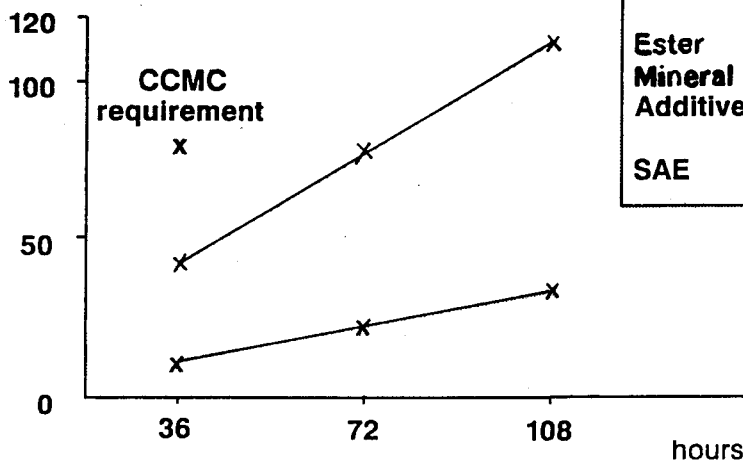
	A	B	C
ESTER	16	-	-
PAO	-	16	-
Mineral oil	66	63	81
Additives	18	21	19
Viscosity 100 C, mm ² /s	15	16	15
Viscosity -18 C, mPa.	1380	2020	2100
V.I.E	222	208	214
Coke formation, mg	20	600	117
Viscosity increase 100 C %	2	140	43
T.A.N. increase	1	4	2
Oil consumption, g	600	780	950
Viscosity increase 40 C, %	34	82	113
Exterior skirt	9.3	8.8	89
Interior skirt	9.9	9.7	9.6
Oilring rating	10	8	10
Ring slicking	10	10	10
Bearing wt. loss, mg	14	82	23

File: \DIDEZ\GDW7A.DIS Creation Date-Time: Wed Nov 02 16:42:00 1988

Table 24

PARTLY SYNTHETIC OIL VS. MINERAL OIL

Visc. increase 40°C
%



Composition, %wt		
	A	B
Ester	16	-
Mineral oil	66	81
Additives	18	19
SAE	10W40	

Table 25

PARTLY SYNTHETIC ENGINE OIL

Synthetic base fluid ESTER/PAO SAE classification 10W40			specification
Viscosity 100°C, mm²/s	13.9		12.5 – 16.3
Viscosity -20 °C, mPa.s	2600		3500 max
HT/HS 150°C, mPa.s	3.9		3.5 min
Volatility, % wt	11		13 max
			MII-L-46152B
Caterpillar 1H2 Top groove filling, %	11		45 max
CRC L - 38 Bearing wt. loss, mg	16		40 max
Oldsmobile seq. IID Average rust	8.83		8.5 min
Oldsmobile seq. IIID Visc. increase 40°C (64 hrs.) %	77		375 max
Ford seq. VD Average sludge	9.66		9.4 min

Table 26

BIODEGRADABLE OUTBOARD ENGINE OILS

Johnson 4 HP screening test (50 hours)

Base fluid	ESTER		Min.oil
	A	B	
Fuel/oil ratio	50/1	100/1	50/1
Crankcase bearing	G	G	B
Conrad bearing	G	G	B
Cylinder wall	VG	VG	VG
Piston varnish	9.5	9.5	9
Ring sticking	9	9.5	9
Port blocking	5	2	7
Biodegradability	85%	70%	20%
BIA TC - W	Pass	Pass	Pass

VG = Very Good

G = Good

B = Borderline

Table 27

LUBRICITY/ANTI - SCUFFING PERFORMANCE ESTERS

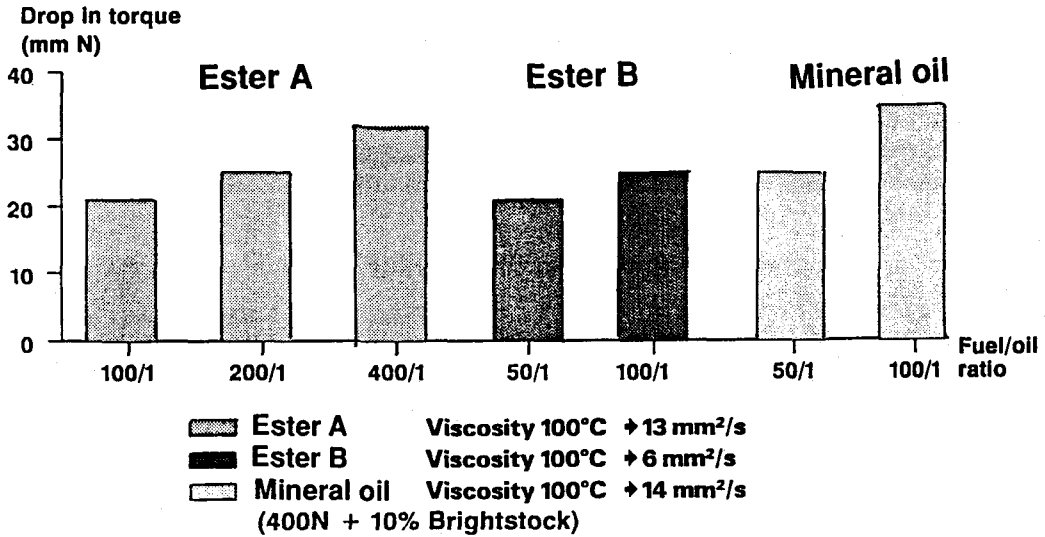


Table 28

ENGINE PERFORMANCE ESTER vs. MINERAL OIL

	ESTER			MINERAL OIL
FUEL OIL	50/1	100/1	200/1	50/1
RING STICKING	7.5	9.5	9.5	7.5
EXTERIOR SKIRT	9.1	9.6	7.1	8.4
AVERAGE LANDS	2.4	6.9	3.4	0.8
PLUG CHANGES	NIL	NIL	ONE	ONE
FUEL/OIL RATIO	50/1	100/1		50/1
RING STICKING	9.5	8.9		9.1
PISTON SKIRT	9.5	7.0		7.0
PISTON DEPOSITS	8.6	9.0		8.6
EXHAUST PORT CLOGGING	9.8	9.8		9.8
PISTON SCUFFING	10.0	10.0		10.0

Table 29
FULLY SYNTHETIC GEAR OILS

Formulation, % wt	1	2		SPEC.
PAO 100	35	-		
PAO 6	58	48		
LOW VISC. ESTER	-	30		
HIGH VISC. ESTER	-	15		
E.P. Additive	7	7		
Viscosity 100°C, mm ² /s	16.3	16.4		13.5-14.0
Viscosity -40°C, mPa.s	73,000	52,000		150,000 max
V.I. E	150	182		-

Formulation, % wt	1	2	3	SPEC.
PAO 100	28	-	-	
PAO 6	17	34	41	
LOW VISC. ESTER	30	30	30	
HIGH VISC. ESTER	-	11	22	
V.I. Improver	18	18	-	
E.P. Additive	7	7	7	
Viscosity 100°C, mm ² /s	26.6	26.2	26.2	24.0-41.0
Viscosity -40°C, mPa.s	350,000	106,000	125,000	150,000 max
V.I. E	180	192	185	

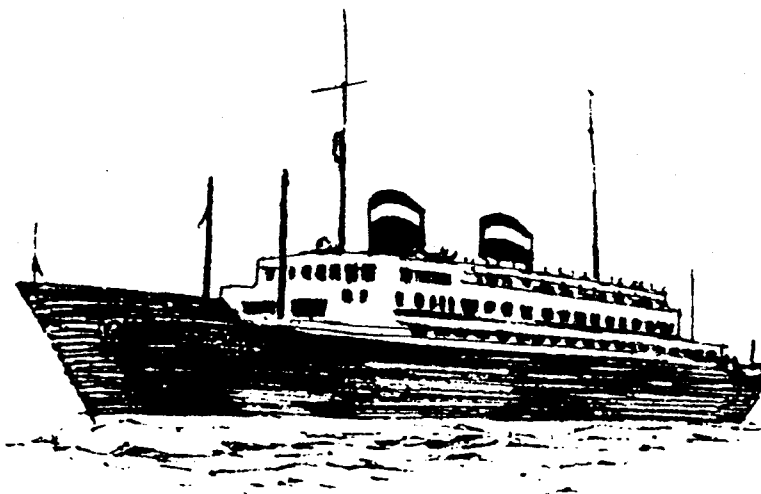


Table 30

ESTERS FOR HYDRAULIC FLUIDS

Viscosity grade	ISO 32	ISO 46	ISO 68	ISO 100
Ester code	A	B	C	D
Viscosity 100°C, mm²/s	6.6	9.9	11.8	13.8
Viscosity 40°C, mm²/s	30	49	65	88
V.I._E	185	190	191	147
Flash point, C.O.C., °C	280	315	300	300
Fire point, °C	325	375	375	365
Auto ignition temp, °C	400	430	440	425
Pour point, °C	-25	-25	-20	-25

Table 31

BASE FLUID CHOICE RELATED TO PERFORMANCE

Performance

—————▶ **HIGH**

P.A.O. ESTER/PAO ESTER

Table 32

TYPICAL CHARACTERISTICS BASE FLUIDS

	Min. oil	XHVI	PAO	DI-Ester	Polyal-Ester
Viscosity 100°C, mm²/s	6.3	6.2	5.9	5.6	6.5
Viscosity 40°C, mm²/s	42.2	34.9	31.2	23.8	34
V.I._E	96	127	135	188	147
Pour point, °C	-18	-14	-66	-40	-10
Flash point, °C	225	229	240	245	290
Volatility, % wt	10	9	8	6	2

Table 33

	Advantages	Disadvantages
XHVI's	V.I. (Thermal stability)	(Add. compatibility)
PAO's	V.I. Thermal stability Pour point Flash point Volatility	Add. compatibility Lubricity Add. response Seal shrinkage
Esters	V.I. Thermal stability Pour point Flash point Volatility Lubricity Biodegradability	(Seal swell) Hydrolytic stability

Table 34
RELATIVE PERFORMANCE

	Min. oil	PAO	Di-Esters	Polyol-Esters
High temperature properties	XX	XXX	XXX	XXXXX
Low temperature properties	X	XXXX	XXXX	XXX
Viscosity temperature relationship	XX	XXX	XXXXX	XXXX
Volatility	XX	XXX	XXX	XXXXX
Biodegradability	XX	X	XXXX	XXXXX
Hydrolytic stability	XXXXX	XXXXX	XX	XXX
Additive solubility	XXXX	XX	XXXXX	XXXXX
Frictional properties	XX	X	XXXX	XXXXX

x = poor xx = fair xxx = good xxxx = very good xxxxx = excellent

(계속)

생활의 지혜

■ 술을 마시기 전에는 커피나 홍차를 마신다.

술을 전혀 마시지 않을 수 없을 때가 종종 있다. 모처럼의 술자리도 너무 취해 버리면 뒷맛이 개운하지 못한 법. 그럴 때는 미리 덜 취하는 방법을 써보는 것도 좋다.

먼저 술을 마시기 전에 커피나 진한 홍차를 마시면 그 속에 들어 있는 카페인의 작용으로 알코올의 자극을 약화시키게 된다. 또한 마시기 시작했을 때는 치즈를 안주로 먹어서 지방으로 위벽을 보호하는 것이 건강을 위해 좋다.