

윤 활 연 구

폴리알파올레핀계 합성 윤활유 Linear Alpha Olefin Oligomers: Poly α -olefin (PAO) (下)

한국과학기술연구원 기전연구부
최 주 환

IV. 폴리알파올레핀의 윤활기유로서의 특성

폴리알파올레핀은 디에스테르와 비교하여 약간의 생산 원가의 불리한 점에도 불구하고 합성윤활기유로서 가장 좋은 물질로 알려지고 있다. 이들에 대한 주된 특징은 표 5와 6 그리고 원가대비 이점에 대해서는 표 7을 참고하기 바랍니다. 폴리알파올레핀의 주된 점도 등급은 표 8에 보였다. 폴리알파올레핀(이하 PAO로 명기)은 대부분 형태의 윤활제나 특수작용 윤활제를 제조하기 위해서 적절한 첨가제의 올바른 사용으로 배합될 수 있다. PAO계 합성윤활유의 우수한 성능을 제공하는 주된 핵심적 성질들을 표 9에 명시하였다.

Table 5 Advantages of PAO Lubes

- Low Temperature Fluidity
- High Viscosity Index
- Reduced Volatility
- Thermal and Oxidative Stability
- Chemically Pure
- Compatible with Mineral Oils

Table 6 Compatibility of Polyalphaolefins

- Mineral Oil Systems
 - Miscible
 - Semi-Synthetic Formulations
 - Conventional Additives
- Materials of Construction
 - Seals
 - Coatings
 - Finishes
 - Plastics
- Water
 - Hydrolytically Stable
 - Demulsifies Readily

Table 7 Cost Benefits of Polyalphaolefins

- Economics must justify use of PAO Lubes
- PAO Lubes Cost User 4-6 Times Conventional Lubes
- Benefits
 - Less Frequent Lubrication
 - Reduced Lube Consumption
 - Reduced Maintenance
 - Improved Productivity
 - Longer Machinery Life
 - Enhanced Performance
- Benefits Outweigh Added Costs = Cost Effective

Table 8 Principal PAO Grades

Viscosity ASTM D445 cSt @100°C(212°F)	4	6	8	40	100
SUS @98.9°C (210°F)	40	46	52	188	466
SUS @37.8°C (100°F)	100	150	250	2,500	6,500
Pour point °C (°F)	-79 (-110)	-68 (-90)	-57 (-70)	-34 (-30)	-21 (-5)
/Viscosity Index	121	136	138	142	165

1. 저온 유동성

PAO의 저온 유동성에 대한 이점은 표 10에서 동일한 점도(100°C에서)의 전통적인 광유와 비교하여 나타내었다. 많이 가지화된 분자구조의 낮은 점도 영향에 기인한 PAO의 이러한 높은 유동성은 저온에서 엔진과 펌프를 더 쉽고 확실하게 시동될 수 있도록 배합되어진 윤활유들을 만들 수 있게 한다. 이와 동시에 PAO계 그리이스와 기어오일은 극저온에서 좋은 탄력성을 유지한다.

2. 고 점도지수(표 11을 보라)

높은 품질의 수첨반응한 전통적인 파라핀계 기유와 비교하여 나타낸 것이다. 이러한 고점도지수 성질은 광범위한 온도범위의 배합과 광유계보다 VI 점도지수향상제를 넣지 않거나 조금밖에 첨가하지 않는 다급 점도 윤활유의 제조를 가능케한다. PAO는 윤활유의 더 큰 점도 안정성과 점도지수 향상제의 분해로 인한 산화 및 분해 퇴적물의 감소라는 이점을 갖는다.

Table 9 Synthetic Component Properties

<ul style="list-style-type: none"> ◦ Lower Operating Temperatures ◦ Higher Oxidation/Thermal Stability ◦ Lower Volatility ◦ Longer Life ◦ High Viscosity Index ◦ Reduced Toxicity

Table 10 Low Temperature Fluidity

			PAO		Mineral Oils	
					100	250
	Fluid Grade		4cSt	6cSt	Neutral	Neutral
Viscosity	100C	212F	4.0	6.0	4.1	6.9
cSt	-20	-4	820	2,360	3,220	63,900
	-40	-40	2,520	8,000	Solid	Solid
	-54	-65	13,400	61,120	Solid	Solid
Pour point C			-79	-68	-15	-10
F			-110	-90	5	8

Table 11 High Viscosity Index

		PAO		Mineral Oils	(Paraffinic)	
	4cSt	8cSt	10cSt	4cSt	8cSt	Bright Stock (>65cSt)
Viscosity Index	123	138	165	95	to	105

3. 저 휘발성

PAO의 휘발성은 그림 5와 6 그리고 표 12에서 분명히 설명되어진다. 이러한 낮은 휘발성은 개방된 기어와 베어링 오일시스템 뿐만 아니라 봉합되거나 고정된 크랭크케이스 시스템에서의 낮은 오일소모와 더 긴 오일수명에서 나타난다.

Figure 5

EVAPORATION LOSS—ASTM D972
6.5 HRS AT 204DEG C (400DEG F)

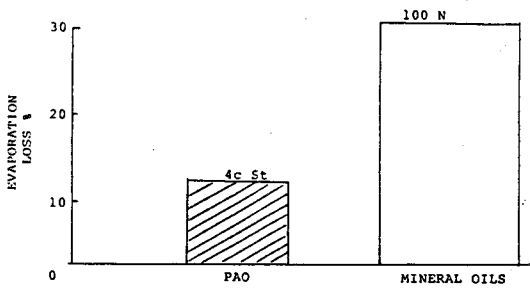


Figure 6

VOLATILITY vs VISCOSITY
PAO AND MINERAL OILS

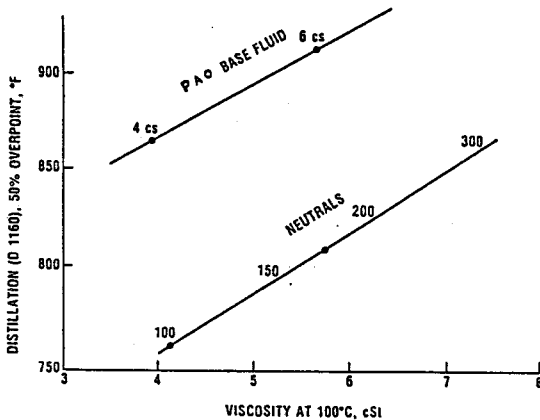


Table 12 Volatility DIN 51581

	Noack Test			100N 200N Mineral Oil
	4cSt	6cSt	8cSt	
Volatility Loss wt.% Typical 1Hour at 250°C	>13	>8	>4	Greater than 15

4. 높은 열 산화 안정도

PAO의 높은 열 및 산화안정성은 그림 7과 8에서 기존 광유와 비교하여 나타내었다. 그래서 PAO는 대기압하에 있거나 공기와 접촉하지 않는 봉합된 시스템에서 열에 대한 더 큰 저항을

Figure 7

THERMAL STABILITY
PAO vs MINERAL OIL

168 HRS @ 135 DEG C - CATALYSED

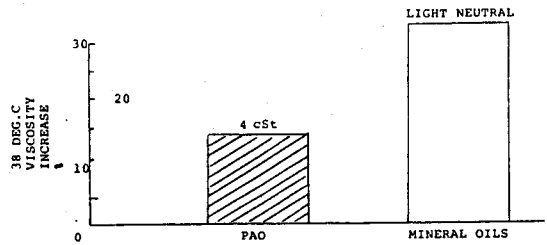
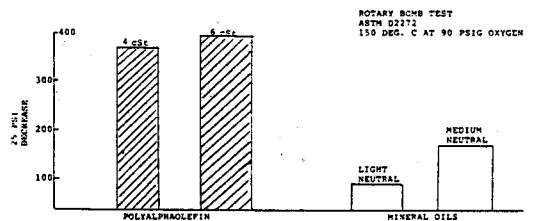


Figure 8

OXIDATION STABILITY
PAO vs MINERAL OIL



FLUIDS ALL CONTAIN THE SAME ADDITIVES

나타낸다. PAO계 합성윤활유는 적은 양의 산화 방지제를 적절히 배합할 때도 공기중에서의 우수한 산화 안정성을 갖는다. 이러한 산화에 대한 더 큰 저항성은 낮은 점도 변화와 낮은 퇴적물 형성 경향을 의미하며 온도상승에서의 더 긴 수명을 낳는다. 다른 열과 관련된 특징은 PAO 분자들 내부에서의 낮은 내부 마찰에 기인한 베어링과 기어에서의 냉각 제어 작용(그리고 낮은 동력소비)할 수 있는 능력이다. 표 13을 보라.

Table 13 PAO Lube Effect on Bearing Temperature

Equipment	PAO	Bearing Temp., °C(°F)Mineral Oil	T Coller
Machine Tool Spindle Bearing	51(124)	54(129)	3(5)
Blower Bearings	82(180)	104(220)	22(40)
Electric Generator Bearings	47(117)	54(129)	7(12)

5. 가수분해 안정성과 적합성

PAO의 가수분해 안정성과 적합성은 광유와 비교될 수 있으며 유기에스테르나 인산에스테르보다는 훨씬 더 좋다. PAO의 가수분해에 대한 강한 저항성은 물존재하에서의 안정도를 보증한다. 이로인한 소수성은 낮은 수분 친화력과 최소 유화작용을 보인다.

6. 무독성

PAO의 경구 무독성과 피부 및 눈에 대한 무 자극성은 PAO의 또 다른 좋은 특징들이다. PAO의 앞서의 수소화 반응은 PAO를 Technical White and White Mineral Oil 규격인 FDA 21 CFR 178,3620(B) 그리고 172,878 각각에 적합 가능하도록 한다. 간접적인 식품 첨가제 규정(법규) 21인 CFR 178,3620에 따르면 PAO-White Oils는 냉동 식품 공장기기설비, 제빵 오븐, 그리고 식품제조 공정장치용

USDA 식품등급 트랜스미션 윤활유로 사용될 수 있다.

V. PAO합성기유의 주된 윤활유로의 응용

PAO의 우수한 성질을 이용한 PAO의 주된 응용 분야는 표 14에 주어졌다. 여기에서 주된 응용분야는 자동차용, 산업용 그리고 군용에의 응용분야를 포함한다.

Table 14 Principal PAO Synlube Uses

<ul style="list-style-type: none"> ◦ AUTOMOTIVE <ul style="list-style-type: none"> -Crankcase Oils -Gear Oils -Transmission(Tractor) Fluids -Aircraft Piston Engine Oils -Greases ◦ INDUSTRIAL <ul style="list-style-type: none"> -Compressor Oils -Gear & Bearing Oils -Hydraulic Fluids -Gas Turbine Lube -Greases ◦ MILITARY <ul style="list-style-type: none"> -Crankcase Oils -Hydraulic Fluids -Greases
--

1. 자동차용으로의 응용

현재 PAO 합성기유의 주된 판매량은 자동차 분야에 있다. 이것은 더 높은 엔진 오일 성능에 대한(모터) 자동차 제조사측의 계속된 요구가 있는 유럽에서 특히 집중되고 있다. 유럽에서 널리 쓰이고 있는 소형 가솔린 엔진들은 높은 r.p.m과 전동력전달의 더 큰 퍼센트로 일반적으로 가동되고 있다. 역시 터보차지는 디젤과 가솔린 승용차 엔진 단위에서 매우 유행되어 왔다.

표 15에 나타나 있는 것과 같은 윤활유 제조사가 직면한 윤활제들에 대한 요구사항들을 PAO의 장점들이 해결해 준다.

Table 15 Benefits of Automotive Synlubes

- Better Fuel Mileage
- Extended Lube Drain Periods
(a Greater Convenience)
- Lower Hydrocarbon Emissions
- Faster Cold Starts
(Particularly in sub-Zero Temperatures)
- Less Maintenance
(Longer Time Between Tune-Ups)
- Greater Lube Economy
- Cleaner Engines
- Cleaner Intake Systems
- Improved High Temperature Operation
- Better Engine Protection-Longer Life
Especially in Severe Service

엔진 윤활유통은 더 높은 필연적인 가동 온도를 중화시킬만한 크기로 일반적으로 증가하지 않기 때문에 특별한 성질들이 윤활유들에서 요구된다. 그림 9와 10에는 Sequence III D 고온 엔진 시험에서 전통적인 광유계 API SF엔진 오일과 비교하여 PAO계 API SF 엔진오일의 오일소모(회발성)와 산화에서의 개선 예들을 나타내었다. 추운 날씨의 온도에서의 엔진의 시동은 저점도유에 의해 개선되어진다. 그래서 SAE 5W와 10W 오일쪽으로의 시장 이동이 계속될 것으로 예측되어진다. 저온에서 PAO를 포함한 합성 윤활유의 크랭킹 속도(크랭크 회전속도)를 전통적인 광유계 SAE 10W/40유와 비교하여 그림 11에 나타내었다. 소형 승용차엔진에 가벼운 광유계 윤활유를 사용할시의 불리한점들을 그림 12에 나타내었다.

Figure 9
OIL CONSUMPTION IN
HIGH TEMPERATURE ENGINE TEST
(III D)
"SF" OILS

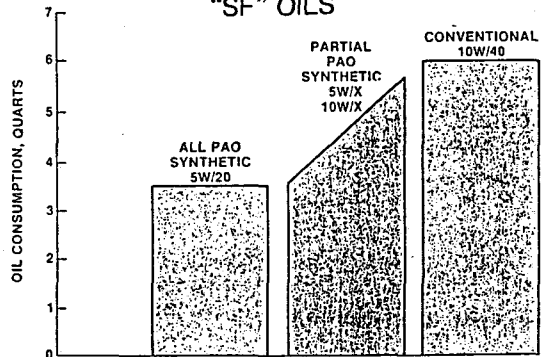


Figure 10
OIL THICKENING IN
HIGH TEMPERATURE ENGINE TEST
(III D)

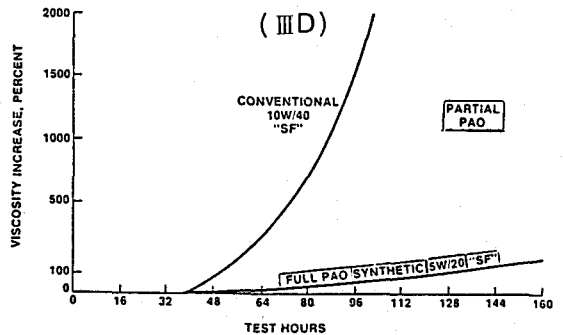


Figure 11
CRANKING SPEEDS AT
LOW TEMPERATURES

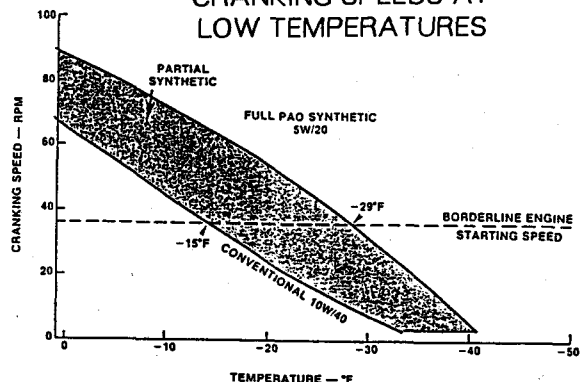
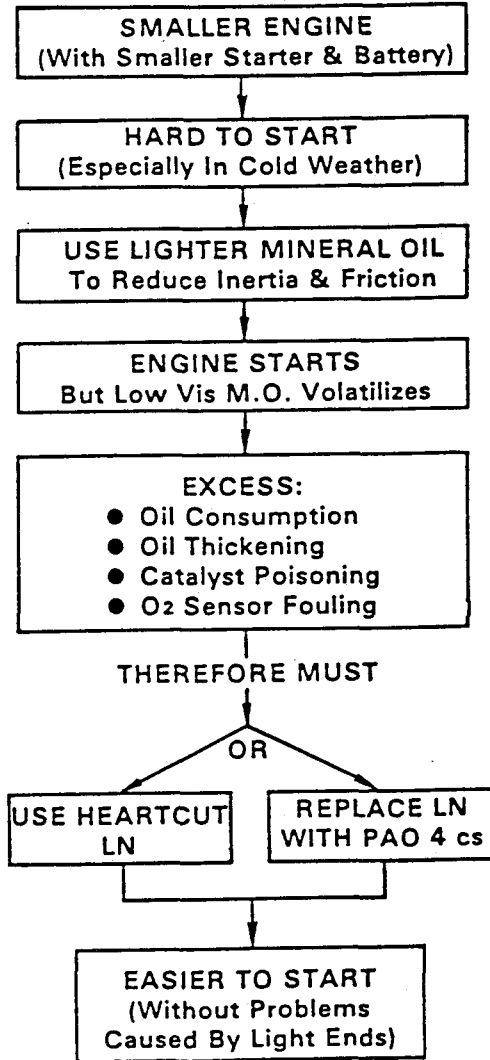


Figure 12 POLYALPHAOLEFIN(PAO) – CONTAINING OILS FOR SMALLER ENGINES



엔진 윤활유에 대한 성능 요구사항은 계속적으로 변화하고 있다. 이들 자동차용 엔진윤활제들에 대해서는 증가하는 엔진 성능과 더불어 연료 경제성(연비)와 훌륭한 오일소비(오일소모저하)가 요구된다. 1981년에서 1982년까지 Volkswagen사는 승용차에 더좋은 윤활제와 터보차지 디젤 윤활제에 대하여 발전된 규격 가솔린들을 야기시켰다. 이러한 사실들을 PAO를 사용

한 부분 혹은 전 합성윤활유에 대한 시장문을 더욱 넓게 열어주었다. 현재 유럽의 합성윤활유 시장 상황은 다음의 주된 점들에 의해 지배되어진다.

- 고온/높은 전단변형 점도 요구
- OEM 방식의 API SF-SG 채택
- 우수한 저휘발성
- 확장된 교환시기
- 연료 경제성(연비) 향상 요구

Table 16 European OEM Requirements

<ul style="list-style-type: none"> ○ Dominated by D-B and VW ○ High Temp./High Shear-Synthetic Use vw 500.00/501 ○ Volatility Limits vw 500,000-Synthetic ○ Fuel Economy Oil vw 500.00/vw 501.01 Viscosity grades need synthetic ○ Extended Drain-Synthetic DB 228.2/3-Scheduled 1988 -60,000km Drain DB 229 -not Defined yet -Sae 10W/30 or 10W/40 Long Drain PAO no Longer Regarded as "Unconventional" by D-B
--

유럽의 OEM승용차 상황은 Volkswagen과 Daimler-Benz 사이에 의해 영향을 받는다. 이들 두 회사들은 표 16에 보인바와 같은 사항들을 요구한다. 이 사항들은 특히 PAO합성 기유의 사용을 이끌어 내고 있다. 주된 점은 VW사의 연비향상된 SAE 5W/10W급과 D-B사의 교환 주기가 연장된 SAE 10W급 유에 대한 Noak Volatility 요구사항들이다. 상업적인 디젤엔진 제조사들은 역시 높은 열안정성과 확장된 교환주기를 갖는 개선된 경제적인 윤활유를 찾고 있다. 이러한 사실은 합성기유로 배합된 더 넓은 범위의 다급 윤활유를 낳았다(표 17을 보라). 현재 가솔린 승용차윤활제에 대해서 요구되는 사항은 디젤 엔진에 대해서 요구되는 사항과 많은 부

분 일치하므로 합성기유를 포함하는 범용의 승용차용 윤활유가 주된 윤활유로서 매우 유망하리라 본다(표 18을 보라).

Table 17 Commercial Vehicle Engines Desing Trends

<ul style="list-style-type: none"> * Improved Economy-Synthetics * Turbocharging * Intercooling * Extended Oil Drain 30,000km → 60,000km * Wider Range Multigrades-Synthetics End Result High Performance Lubricants

Table 18 Future Passenger Car Lubricant Trends

Gasoline	Diesel
API SF-SG	SHPD(?)
SAE 10W/30	SAE 10W/40
Lower ASH	Higher TBN
Lower Phosphorus	
Long Drain	Long Drain
Fuel Economy	Fuel Economy
UNIVERSAL PASSENGER CAR OIL (CONTAINING SYNTHETIC)	

Table 19 PAO EP Gear Lubricants

	SAE Grade	75W-90	75W-140	80W-140	Mineral Oil 80W-140	90
	AGMA Grade	3-4EP	5EP	5-6EP	6EP	5EP
Viscosity	100°C(212)	14	25	25	27	17
cSt	40°C(104)	86	179	217	262	205
cp	26°C(15)	-	-	80,000	139,500	Solid
	40°C(40)	31,800	118,400		Solid	Solid
Viscosity Index		171	169	148	136	94

2. 다급 기어유로의 응용

SAE 75W-90, 75W-140 그리고 80W-140 과 같은 다급 기어윤활유는 현재 모두 PAO에 근거하여 배합되고 있다. SAE 75W-140기어유를 기유로서 100% PAO로서 제조하는 것은 가능하다. PAO를 포함하는 윤활유에 대한 세가지 미국 군용 규격을 사용하여 MIL-L-2105C의 주된 성질들을 표 19에 나타내었다.

이들 윤활제들은 매우 춥거나, 더운 그리고 마모 조건들이 주된 문제가 되는 곳에 가장 효과적이다. 이들 응용들에는 수동 변속기, 건설 중장비의 동력 전달시스템, 트럭, 트랙터 그리고 중트래일러를 견인하는 차량들이 포함된다.

주된 가동상의 잇점들은 :

- 기어 수명연장(마모의 감소)
- 개선된 연비(연료 경제성)
- 4계절윤활유
(계절 변화에 따른 윤활유 교환을 하지 않는)
- 유지 보수의 절감

3. 그리이스의 응용

PAO를 이용하여 제조된 그리이스는 고온에서의 부식으로부터의 훌륭한 보호성능을 나타낸다. 이들 특징들에 덧붙여서 그리이스의 저온에서의 잇점들은 광유계의 그리이스로 쉽게 달성할 수 없었던 길고 만족스러운 교환 및 보충 수명을 제공한다. 전통적인 광유계 그리이스와 비교하여

Table 20 Synthetic PAO Grease vs. Typical Automotive Grease NLGI No.1 Grade

Properties	All PAO Polyurea Grease	Mineral Oil Lithium Grease
Dropping Point D-2265, °C	301	198
Penetration D-917		
Worked 60 strokes	325	330
Worked 100,000 strokes	352	348
Evaporation D-2595 22Hrs 177°C %	4.9	—
Water Washout D-1264 Loss at 79.4°C %	0	6.0
Timken EP Test D-2509 OK Load LBS	45	55
4-Ball EP Test D-2596		
L.W.I.	56.4	45.5
Weld Point kg	400	250
High Temp. Performance FTMS 791-333		
177°C Life Hrs	724	56
Fafnir Friction GM Method Weight Loss Mg	0.9	8.8
Low Temp. Torque D-1478 at 62°C		
Starting Torque g-cm	6,343	too stiff
Running Torque g-cm	885	too stiff

polyurea-PAO계 그리이스의 우수한 성능을 표 20에 보였다. 고온에서의 매우 긴 수명, 개선된 마찰 산화 안정성(부식, 저항), 더 낮은 시동력, 더 커진 내마모성, 그리고 dropping point 특징들에 있어서의 주목할만한 우수한 성능이 밝혀졌다.

4. 산업유로의 응용

PAO의 주된 비 자동차용 응용(표 21을 보라)은 유압작동유, 강력한 트랜스미션유, 기어유, 베어링유 그리고 그리이스 부분이다. 이들 PAO계 윤활제들의 잇점들은 표 22에 나타내었다.

Table 21 Industrial Lubricant Trends for Synthetic Oils

<ul style="list-style-type: none"> ◦ Hydraulic Oils ◦ Gear and Bearing Oils ◦ Compressor Oils ◦ Greases

Table 22 Typical Benefits of Synlubes in Industrial Applications

<ul style="list-style-type: none"> ◦ Less Frequent Maintenance ◦ Higher Productivity-Lower Manufacturing Costs ◦ Lower Product Rejection ◦ Longer Machinery Life ◦ Extended Performance of Machine ◦ Reduced Fire Hazard
--

4.1 내마모성 유압작동유

PAO계 내마모성 유압작동유는 많은 다양한 방면에서의 응용에서 특히 고온과 고압 그리고 영도 이하의 조건 아래에서의 현저한 성능을 보인다.(표 23을 보라) PAO 합성기유는 대부분의 유압작동 시스템에 사용되는 기어, 밸브 그리고 피스톤 펌프들에 대해서도 추천된다. 전단 변형에 안정한 고점도 등급도 역시 PAO계로 혼합 제조될 수 있다. PAO계 내마모성 유압작동유는 매우 추운 기후 조건에서 사용된다. 가동 시작

Table 23 PAO AW Hydraulic Fluids

ISO VG	32	46	68
Viscosity cSt, 37.8°C	30	42	68.5
Flash Point, °C	241	260	270
Pour Point °C		Below -54	
Anti-Rust(665)		All pass	
FZG 13 stages		All pass	
Vickers Vane Pump 35VQ25 and 1-286-S		All pass	
Cincinnati Milacron P-68, 69, 70		All pass	
Denison HF-0		All pass	
Warner and Swasay H-36		All pass	

시간이 더 짧고, 윤활유 소모가 더 적으며 씰부분의 누출이 감소하며 파이프 파열이 역시 감소된다. 응용의 범위는 표 24에 잘 나타나 있다. 유압작동유의 경우와는 정확히 같지는 않지만 PAO에 대한 비슷한 응용은 열내체유, 광섬유용 케이블 충전 절연유 그리고 절연유로서 현재 개발중에 있다. 여기서 PAO-Polybutene계 광케이블충진용 절연유는 개발되어 대량 사용중에 있다.

4.2 기어와 베어링 유

PAO계 기어유와 베어링유는 여러 점도 등급으로 가능한데 표 25를 보라. 광범위한 온도범위의 기어유와 베어링유는 고온과 저온, 무거운 하중 다룬 가혹한 조건들이 극복되어야 할 분야에

Table 24 PAO Based Hydraulic Oils

Antiwear(AW) Hydraulic Applications Because : -
* Wide Temperature Operation
* Better Thermal Stability.....
* Better Oxidation Resistance...Longer Life
* Reduced maintenance
Application Areas : -
* Marine Hydraulic Systems
- Controls, Pumps, Variable Pitch Propellers, Stabilisers
- on Deck Equipment for TRAWL net Retrieval, Cranes, Hatch-Covers
* Military
- Fire Resistant Fluids for Air-Craft Hydraulics and Tanks
* External/Exposed System-Cranes, Oil-Rig Systems
* Refrigeration/Cold Store Equipment
* Statistically Controlled Automatic Hydraulic Assemblies
E.G. ROBOTS

대한 적용에서 특히 효과적이다. 한가지 사용예로써 Beloit 제지공장에서 정상적으로 전통적인 광유계 ISO 150등급 기어유는 1000~3000시간의 가동시간 후 교환해 왔는데 PAO계 ISO 150 합성기어유는 40 마이크론의 필터요소 세척 없이 12,000시간 동안 만족스런 제지공장을 운할시켰다. 이러한 윤활유의 더 이상의 이점은 필

Table 25 PAO Gear and Bearing Oil Wide Temperature-Mild EP

ISO VG	32	46	68	150	220	320	460	1000
Viscosity cSt, 40°C	30	46	67	152	202	296	455	994
Flash Point, °C	232	254	255	257	260	265	274	232
Pour Point, °C	Below	-54	-54	-46	-46	-37	-29	-20
Rust D-665				All pass				
Timken OK Load LB				All 50				
FZG 13 Stages				All pass				

터 교체에서 찾을 수 있다. 표 26에는 PAO 함유 기어유와 그리이스의 몇가지 응용을 나타내었다.

Table 26 Gear Oils and Greases

More Stringent Requirements : -

- Increased Loading
- Increased Temperatures
- Higher Speeds
- Sealed for Life Systems
- Lower Toxicity
- 24 Hr. Continual Operation

Application Areas : -

*** High Temperature Gear/Bearing Oils**

- Paper Machines
- Steel Strip and Tin Plate Mills
- Wire Drawing Machinery
- Cement and Rock Grinding

Machinery

*** High Temperature Greases**

- Oven Door Hinges and Rollers
- Roller Bearings in both Hot and Cold Applications E.G. SERVOMOTORS
- Conveyor Belt Cogs and Drives Sealed for Life
- Military Greases Aircraft and Marine

4.3 콤프레셔유에의 응용

PAO 혹은 에스테르와 PAO 합성기유로 제조된 콤프레셔유 곧 광유계 콤프레셔유에 비해 매우 중요한 유리한 점들을 보여준다. 이들의 주된 이점들에 대한 요약을 표 27에 보였다.

Table 27 Synthetic Compressor Lubricants with PAO

Provide : -

- * Longer Life of Compressor(screw, vane and reciprocating)
- * Reduced Down Time due to Wear
- * Reduced Maintenance E.G. FILTER CHANGE, TOP-UP
- * Higher Productivity due to non-Stop Use
- * Improved Economics-Lower Production Costs
- * Less Toxic Vapour
- * Plastic Component Compatibility
- * Approved by OEM'S
 - ATLAS COPCO
 - INGERSOL RAND
 - BROOM AND WADE
 - E.T.C.
- * Reduced Fire Hazard

4.4 산업용 그리고 군용 PAO계 그리이스에의 응용

PAO-polyurea, bentone, aluminium 착화합물, 리튬 계의 여러가지 형태의 그리이스의 많은 응용 분야가 있는데 이것은 우수한 안정도, 긴 수명 그리고 극한 온도, 하중 충격, 가혹한 진동 그리고 높은 수분과의 접촉 조건 아래에서 매우 훌륭한 윤회성능을 나타내기 때문이다.

미국 군용의 3가지 PAO계 그리이스 규격을 열거해 보면 다음과 같다.

- o MIL-G-81322D 그리이스, 항공기 일반 목적용, 광범위한 온도 범위(Wheel bearings, ailerons flaps and other exterior moving parts of most military aircraft and many non-military aircraft)

- DOD-G-24508 Grease, High Performance Ball and Roller(Naval version of 81322D for shipboard use).
- MIL-G-81827 Grease, Aircraft, High Load capacity, Wide Temperature Range (A molybdenum disulphide solids fortified version of 81322D).

4.5 군용 유압작동유

PAO계 군용 유압작동유에 대해서는 간략히 표 28에 정리하여 나타내었다. 그리고 그 규격에 대한 설명은 아래와 같다.

Table 28 Synthetic Military Lubes and Fluids Based on PAO

Established	
MIL-L-46167	0W/20 Arctic CD/SE Engine Oil/P.T. Fluid
MIL-L-46152B	5W/30 CD/SF Engine Oil/P.T. Fluid
MIL-H-83282B	Fire Resistant Hydraulic Fluid
MIL-H-46170B	Fire Resistant Hydraulic Fluid Rust Inhibited
MIL-G-81322D & 24508A	Wide Temperature Greases
MIL-G-81827	High Performance Grease
MIL-L-63460B	Lubricant, Cleaner and Preservative for Weapons and Weapons Systems

- MIL-H-83282B—Fire Resistant Hydraulic Fluid. This has replaced the formerly used, more flammable kerosene-based MIL-H-5606 in all but a few very high flying U.S. Military aircraft. NASA also uses 832B in the space shuttle.
- MIL-H-46170B—Fire Resistant Hydraulic Fluids, Rust Inhibited. this antirust fluid is

put into all new tanks and other ordnance units. The 46170B fluids was developed to replace the long used MIL-H6083 kerosene based fluid.

46170과 83282 규격의 두가지 PAO계 유압작동유는 어떤 비군용 분야에서의 응용에서도 사용된다. 보잉사의 가스터어빈 동력화된 jetfoil과 hydrofoil은 제어 시스템에 8322 유압작동유를 사용한다.

4.6 범용 엔진 오일과 강력하는 트랜스 미션유

MIL-L-46167은 PAO계 SAE OW-20/API SF/CD 엔진 오일과 Caterpillar TO2/Allison C-3 power transmission fluid에 대한 미군 규격이다. 이것은 양쪽성 목적을 갖는 특수 작용 윤활유이며 유압작동 시스템, power steering 그리고 SAE 5W, 10W 혹은 20W급이 요구되는 시스템들에서 연중 사용을 위해 적절하다.

VI. 참고문헌

1. Cupples, B.L., et al.(to Gulf Research & Development), "Preparation of Alpha-Olefin Oligomer Synthetic Lubricant", US 4,032,591(Jun. 28, 1977).
2. Cupples, B.L., et al.(to Gulf Research & Development), "Method of Oligomerizing 1-Olefins", US 4,045,508(Aug. 30, 1977).
3. Cupples, B.L., et al.(to Gulf Research & Development), "Method of Making Alpha-Olefin Oligomers", US 4,045,508 (Aug. 30, 1977).
4. Kister, A.T., et al.(to Shell International Research), "Oligomerization Reaction System", US 4,020,121(Apr. 26, 1977)
5. Brennan, L.A.(to Mobil Oil), "Polymerization of Olefins with BF₃", US 3,382,291(May 7, 1968).

6. Hamilton, L.A., et al.(to Socony Mobil Oil), "Polymerized Olefin Synthetic Lubricants", US 3,149,178(Sep. 15, 1964).
7. Brennan, L.A.(to Mobil Oil), "Controlled Oligomerization of Olefins", US 3,997,621(Dec. 14, 1976).
8. Shubkin, R.L.(to Ethyl), "Process for Producing a C₆-C₁₆ Normal Alpha-Olefin Oligomer Having a Pour Point Below About -50°F", US 3,763,244(Oct. 2, 1973).
9. Shubkin, R.L.(to Ethyl), "Synthetic Lubricants by Oligomerization and Hydrogenation", US 3,780,128(Dec. 18, 1973).
10. Pratt, R.E.(to Bray Oil), "Polymerization Process", US 3,842,134(Oct. 15, 1974).
11. Uniroyal, "Soluble Catalysts for Oligomerizing Olefins", Belgian 837,155(Jun. 29, 1976).
12. Uniroyal, "Alpha-Olefin Oligomerization Catalyst System", German Offen. 2,526,615(Jan. 15, 1976).
13. Uniroyal, "Oligomerization of Alpha Olefins" French 2,346,307(Dec. 2, 1977).
14. Loveless, F.C.(to Uniroyal), "Method for the Oligomerizations of Alpha-Olefins", US 4,041,098(Aug. 9, 1977).
15. Berens, G.(to Stauffer Chemical), "Synthetic Lubricants", German Offen. 2,535,213(Jul. 1, 1976).
16. Prescott, J.H., "Synthesized Lubricants vie for Role in Car Engines", Chem. Eng., Jun 6, 1977, 84, 86, and reply "Oil Only Partially Synthetic", Chem. Eng., Oct. 10, 1977, 5.
17. "Synthetic Motor Oils Add More Miles to Specialty Chemicals", Chem. Week, Nov. 30, 1977, 51-3.
18. Isa, H. et al.(to Lion Fat & Oil), "Method for Preparation of Olefin Oligomer", US 3,997,622(Dec. 14, 1976).
19. Isa, H. et al.(to Lion Fat & Oil), "Method for Preparation of Hydrocarbon Liquid Polymers", us 3,947,509(Mar. 30, 1976).
20. Isa, H. et al.(to Lion Fat & Oil), "Method of Producing Liquid Olefin Polymer", US 3,947,507(Mar. 30, 1976).
21. Isa, H. et al.(to Lion Fat & Oil), "Method for Preparation of Polyolefin Oil", US 4,031,158(Jun. 21, 1977).
22. Isa, H. et al.(to Lion Fat & Oil), "Method for Preparation of Liquid Olefin Polymers", US 3,997,623(Dec. 14, 1976).
23. Lion Fat & Oil, "Method for Preparation of Olefin Oligomer", US 3,952,071(Apr. 20, 1976).
24. Isa, H. et al.(to Lion Fat & Oil), "Method of Producing Synthetic Lubricating Oil", US 3,907,924(Sep. 23, 1975).
25. Tesei, R., et al.(to Snam Progetti), "Process for the Preparation of Synthetic Lubricating Oils from Olefins", US 3,798,284(Mar. 19, 1974).
26. Girotti, P., et al.(to Snam Progetti), "Production of Synthetic Lubricants from Alpha-Olefins through Ternary Catalytic System", US 3,884,988(May 20, 1975).
27. Snam Progetti, "Production of Synthetic Lubricating Oils", British 1,323,353(Jul. 11, 1973).