

研 究 活 動

# 기어의 윤활

모빌코리아 윤활유(주)  
고 기 강 과장

## 서 론

진보하는 산업과 사회적 요청으로 동력손실의 최소화, 저공해 그리고 에너지 절약등의 요구가 증가되고 있으며, 이에 따라 본 협회보에서 일반 소비자에게 고조된 관심이던 자동차용 엔진오일의 올바른 선정과 사용등에 대하여 기술되었습니다.

본 고에서는 엔진과 더불어 환경보호, 에너지성 등이 요구되는 동력전달장치 중에서 기어 윤활에 대하여 미력하나마 기술하고자 합니다.

### 1. 기어란?

인류의 육체노동을 경감하기 위해 조작된 최초의 원시적인 기계에서 운동은, 한 방향의 운동부분에서 다른 부분으로 로프와 차(車) 또는 이와 유사한 장치에 의해 전달되었습니다. 그러나 이러한 장치는 큰하중을 받으면 미끄러지기 쉽기 때문에 이 미끄럼을 방지하기 위하여 서로 물리는 기어가 고안 되었으며, 이것은 적극적으로 원활하게

힘을 전달하여 서로의 속도와 중동기어의 회전방향을 일정하게 유지합니다.

기어는 평행 두축간에 임의 각도로 서로 교차하는 기어간에 또 교차하지 않는 기어간에 설치됩니다. 기어의 특징으로서는,

1. 동력전달이 확실합니다.
2. 감속비가 일정합니다.
3. 감속비를 대단히 크게 할 수 있습니다.
4. 고하중에 견딥니다.
5. 동력손실이 극히 적습니다.

### 2. 기어 윤활의 형태

상대하는 고체면이 상호 미끄럼할 시 마찰이 발생합니다. 이 마찰에 수반하는 마모를 최소로 하는 조작용 윤활이라고 합니다. 그리고 이 목적으로 사용된 물질을 윤활제라고 합니다만, 이 윤활제의 존재 방법에 따라 두 윤활형태가 있습니다.

윤활제가 이 두 고체면을 분리하는데, 충분한 두께로 존재해 있는 경우, 즉, 고체면끼리의 직접접촉이 일어나지 않고 이 두 면간에 발생하는 고체마찰을 윤활제의 내부

마찰로 전환할 수 있는 경우를 유체 역학적 윤활이라고 칭하고, 한편, 윤활제가 극히 박막으로 존재해서 거의 고체 접촉이 일어나려고 하는 상태를 경계윤활이라고 칭합니다.

일반적인 마찰면에서는 이러한 두 상태가 공존하지만, 만약 유체역학적 윤활상태가 유지될 수 있다면 이 사이의 마찰손실은 일반적으로 적고, 마모는 거의 생기지 않게 되므로 항상 이 상태로 유지하는 것이 이상적입니다.

이 이유로 축수에 있어서는 유체역학적 윤활이론으로 주지하는 바와 같이 면의 상대운동(회전수 N)과 유의점도(Z)에 의해서 윤활제를 유압면에 끌어넣는 힘을 주고,

이를 축과 축수의 직경을 기어로 축에 걸리는 하중을 지지하는 것이 필요합니다.

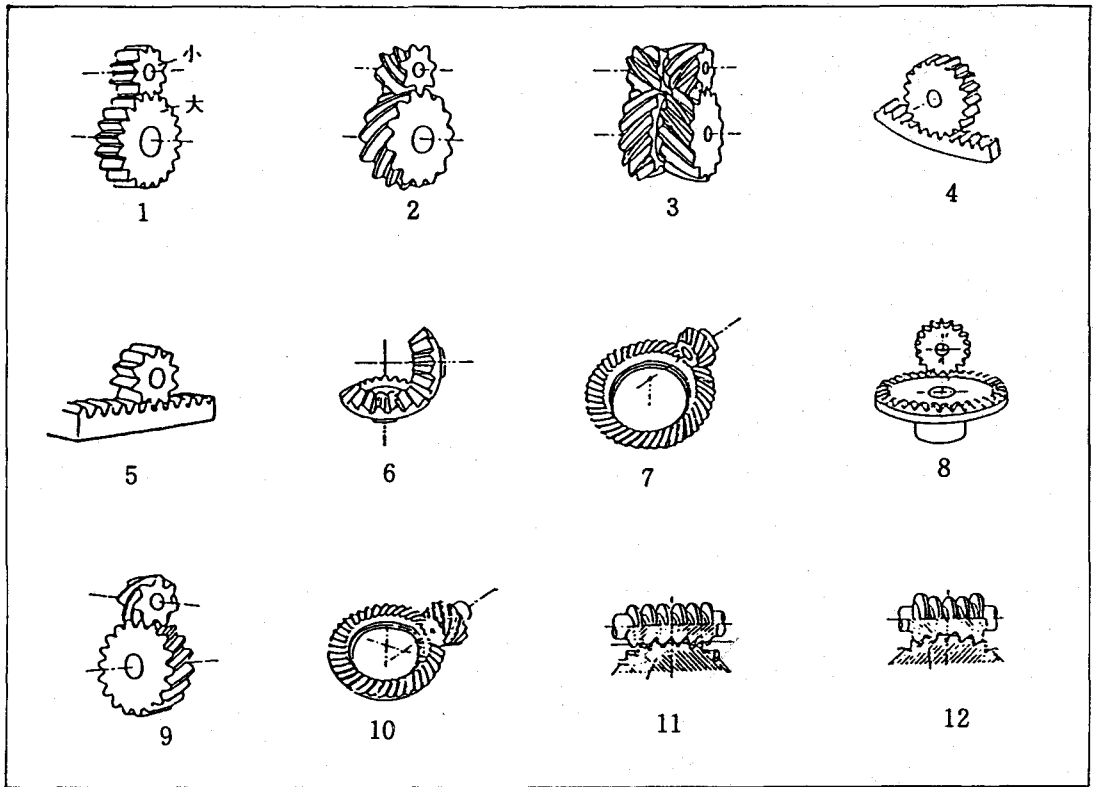
기어에 있어서도 맞물리는 두 기어간의 상대운동(상대 미끄럼과 굴림의 조합)과 이 기어의 접촉점의 곡률반경의 차이(방향도 포함)에 의해 발생하는 현상 및 윤활제의 점도에 따라 유체역학적 윤활이 가능하다고 추천할 수 있습니다. 이 전체를 허용한다면 축수에 있어서와 같이 기어에 있어서도

$\frac{Z \cdot N}{P} = G$  인 기초 관계식이 성립하고 이에 따라 적정점도 결정이 이루어 집니다.

여기서 P는 단위면적당의 하중이고 G는 설계, 구조, 재질, 작업조건등에 따라 결정되며, 그 마찰 상수입니다.

### 3. 기어의 종류

기호	명 칭	기어간의 상대위치	접촉 형식
1	스피 기어	평행	직 선
2	해리칼 기어		
3	해링본 기어		
4	인터널 기어		
5	랙크와 피니언		
6	스트레이트 베벨 기어	교차	직 선
7	스파이럴 베벨 기어		
-	재롤 베벨 기어		
8	베스 기어	교차, 비교차	점
9	스러스트 해리칼 기어	-	
10	하이포이드 기어	직각	
11	웜 기어		점, 곡선
12	스러스트 웜기어		



기어의 종류

#### 4. 공업용 기어유 분류와 규격

각종 산업기계의 기어에는 평기어, 헬리컬 기어, 웜기어 등 여러종류의 형식이 있고, 그 사용조건도 여러가지 입니다. 이것들의 기어윤활에 사용되는 공업용 기어유에도 여러 종류의 타입이 있습니다.

AGMA(American Gear Manufacturers Association)에서는, 공업용 기어유에 대해서, P&O Type, EP Type, Compound Type 및 합성유의 4가지로 분류하고 있습니다.

#### AGMA에 의한 공업용 밀폐기어용 기어유의 분류

Type	적 요
R&O	광유에 방청제, 산화방지제를 첨가한 것
EP	광유에 극압제를 첨가한 것. 밀폐기어용은 나프텐산염계, 혹은 유황-인계 첨가제를 첨가
Compound	광유에 3~10%의 지방유 혹은 합성지방유를 첨가한 것. 일반적으로 웜기어용
합성유	디에스테르, 폴리글리콜 및 합성탄화수소계의 특수운전조건외의 밀폐기어용

AGMA에 의한 공업용 반밀폐 및 개방기어용 기어유의 분류

Type	적 요
R&O	광유에 방청제, 산화방지제를 첨가한 것
EP	광유에 나프텐산염계, 혹은 유황-인계 극압제를 첨가
잔사 Compound희석	휘발성 용제로서, 점도가 높은 Straight광유 또는 EP유를 희석한 것

기어의 윤활을 행하는 경우는 기어의 종류와 사용조건등에 따라 적절한 점도의 기어유를 선정할 필요가 있으며, KSM2127에

서 공업용 1종, 2종을 ISO점도 등급별로 구분해 놓고 있습니다. 한편, AGMA에 의한 점도 분류는 다음과 같습니다.

AGMA에 의한 점도분류

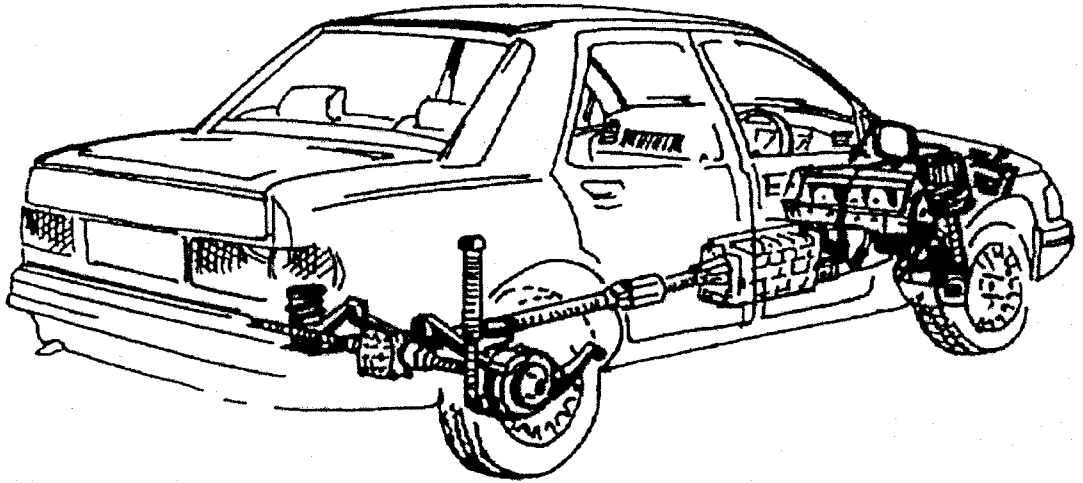
AGMA 점도 등급		점도 범위	
R & O Gear Oil	EP Gear Oil	cSt@40℃	SUS@100°F
1	—	41.4~50.6	193~235
2	2EP	61.2~74.8	284~347
3	3EP	90.2~110	417~510
4	4EP	135~165	626~765
5	5EP	198~242	918~1122
6	6EP	288~352	1335~1632
7compounded	7EP	414~506	1919~2346
8compounded	8EP	612~748	2837~3467
8A compounded	8A EP	900~1100	4171~5098

\*compounded란 3~10%의 지방유 및 합성 지방유를 함유하고 있는 경우의 표시임.

5. 자동차용 기어유

동력장치에 사용되는 기어는 여러 종류가 있으며 사용조건 및 가속에 따라 사용이 구분됩니다. 이러한 기어중에 가장 가속한 조건에서 사용되고 있는 것으로 자동차용 기어로서, 그 가속도는 산업용 기계에 사용되고 있는 기어와는 비교 할수 없습니다. 자동차용 기어유는 승용차, 트럭, 버스 뿐만 아니라 건설기계, 하역기계, 농업기계 등의 기어 및 베어링 윤활유로서 광범위한 분야

에서 사용되고 있습니다. 또한, 일부의 농업 기계에 있어서는 유압계통, 습식브레이크, 트랜스미션등의 윤활계통의 다목적 윤활유로서 사용되는 등, 기어유의 적용범위는 광범위합니다. 한편, 자동차 공업의 발달에 따라 점차 고출력, 고성능화 되고, 또한 경제성과 에너지 절감의 추구로 오일 교환시기가 연장되었으며 기어유에서는 종래에 없던 가속한 성능이 요구되어 지고 있습니다.

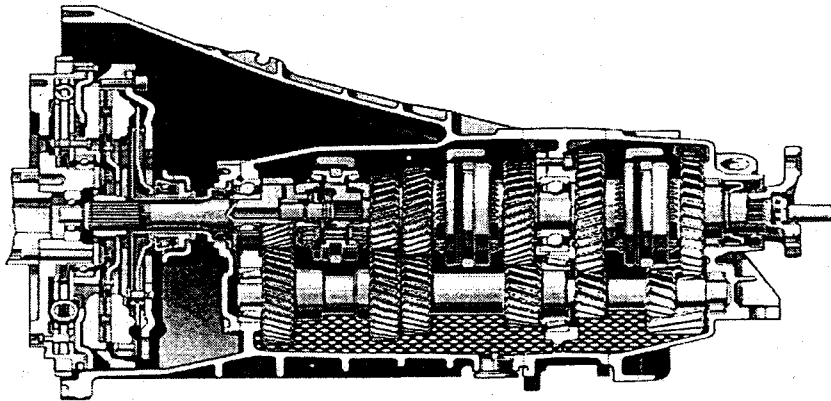


1) 수동 변속기유(Manual Transmission Oil)

수동변속기는 일반적으로 하이포이드 기어가 사용되지 않기 때문에 극압성에 대한 요구는 엄하지 않으나, 변속단수의 증가, 트랜스액슬화, 싱크로나이저 특성과 마찰저감

대책의 조정등을 하기 위해 점도 특성 마찰 특성이 요구됩니다.

종래 기어유의 타입으로서는 SP계 극압제를 사용하는 경우가 많으나, 그이외에 엔진오일 기본의 기어유의 사용도 증가하고 있습니다.



-싱크로메쉬 기어란?

기어변속시, 기어는 구동축 또는 엔진 속도로 회전합니다. 변속시의 기어의 손상을 방지하기 위하여, 싱크로메쉬는 변속전에 기어축의 속도와 동일하게 하는 장치를 말

합니다.

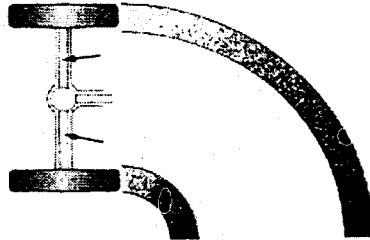
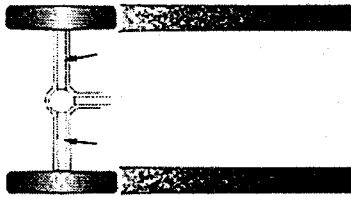
2) 리어 액슬 기어유

전륜구동(F/F)차의 보급에 의하여 승용차의 경우 수동 트랜스 액슬이 문제의 주체가 되고 있습니다. 그러나 리어 액슬에 대하

여 연비절감, LSD 장착, 토르크 디프렌셜 장치등의 경향으로 RV차 및 대형 차량의 하이포이드 기어용 윤활유로서 중요한 역할을 하고 있습니다.

-디프렌셜이란?

자동차가 코너를 회전시 바깥바퀴는 안쪽에 비하여 멀리 회전합니다. 그래서 바깥쪽과 안쪽의 회전속도는 다르게 요구됩니다. 이것을 디프렌셜 또는 Equal Distribution of Turning Power라고 합니다.

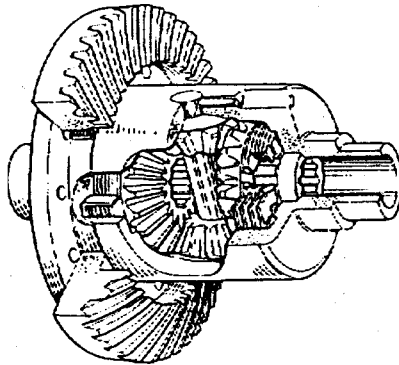


-LSD(Limited Slip Differential)란?

종감속기는 주행시 차동작용만 하며, 한쪽 차륜이 공전시에 전진 곤란한 반면, LSD는 공전차륜에 부분적 또는 완전한 연

결로 주행을 시킵니다.

LSD의 장점은 차량의 주행성 향상, 차륜의 공전 방지, 횡미끄럼 방지 그리고 발진이 용이합니다.



## 6. 기어유의 요구 성능

기어오일 팩키지의 첨가제는 약 70~80%의 극압첨가제(S-P계)와 방청제, 동부식방지제, 산화방지제, 분산제 그리고 소포제 20~30%로 구성되어 있으며, 그성능 다음과 같습니다.

### 1) 극압성/내마모성

기어유에는 윤활유가 갖는 가장 기본적인 기능으로 윤활, 감마 작용이 중요한 성능으로 요구됩니다. 특히 후륜축의 하이포이드 기어는 다른 산업용 기어에 비해서 접촉면압이 높고 미끄럼 속도가 크기 때문에, 윤활

유는 금속접촉을 동반한 혼합윤활이 또는 경계윤활조건이 됩니다.

따라서, 기어유는 기유만으로는 그 요구를 만족시킬수 없기 때문에 통상 각종의 극압제를 첨가해서 극압성을 향상 시킬 필요가 있습니다. 극압제로서는 유화올레핀, 인산에스테르 아민염 등을 조합시킨 S-P계 극압제가 주류를 이루고 있습니다.

S-P계 극압제로 기어유의 산화안정성, 방청성 및 부식방지성을 개선할 뿐만아니라 연료비 절감 측면에서 마찰력 절감을 위하여 S-P계 극압제에 마찰 조정제 및 고체윤활제를 병용하기도 합니다.

2) 열/산화안정성

최근 자동차의 고속·고출력화에 따른 유온상승, 특히 고속, 연속 주행에 의한 유온의 상승은 심각해서, 일부 승용차에서는 기어유의 온도는 속도와 병행하여 상승하기도 합니다. 유온상승은 기어면의 유막을 파괴해서 손상의 원인이 될 뿐만 아니라, 기어재료인 금속을 촉매로 해서 기어오일의 열화를 촉진하고, 여기에 화학적 활성이 강한 극압제가 열화를 조장하여 슬러지를 생성하기도 하고, 점도를 상승시키기도 합니다.

또한, 기어유의 교환주기가 대폭 연장되고 있기 때문에 윤활성능을 장시간 유지할 필요가 있습니다.

3) 점도

적정한 점도의 윤활유를 사용하는 것은 기어오일에 있어서도 당연한 것으로서, 기어·베어링의 손상 및 소음방지에는 고점도의 기어유를 사용하는 것이 유리합니다.

그러나, 동력전달 효율, 급유성, 냉각효과 및 작동성등을 고려한다면 저점도 오일을 사용하는 것이 유리하기 때문에, 이와 같이 제반사용 조건을 고려해서 적정점도의 오일을 사용하는 것이 필요합니다. 최근, 고온에서의 윤활성을 개선하고 있어서 수동변속기의 전환성 향상, 유동성의 확보 및 연비 개선등의 목적으로 다급점도(Multi-grade)타입의 기어오일이 많이 사용되고 있지만, 다급점도 기어오일은 다량의 점도지수 향상제가 첨가되기 때문에, 특히 전단안정성이 우수하여야 합니다.

4) 이외에 부식방지성, 청정성, 마찰특성, 기포방지성 및 쉘 상용성 등이 요구됩니다.

① 기어오일의 SAE 점도분류

SAE Grade	Maximum temperature For viscosity of 150000cP	Viscosity at 100°C, cSt		
		Min.	Max	Remarks
75W	-40	4.1		
80W	-26	7.0		
85W	-12	11.0		
80		7.0	<11.0	New
85		11.0	<13.5	New
90		13.5	<24	
140		24.0	<41	
250		41		

## 7. 기어오일 관련 규격

### 1) API 서비스 분류

서비스 분류	GL-1	GL-2	GL-3	GL-4	GL-5
특 징	순광유 또는 잔사·광유	유성제 또는 유지류를 포함한 오일	유황, 염소, 인의 화합물 또는 아연의 화합물을 가한 오일		
용 도	저하중·저속의 스퍼기어, 헬리칼 기어, 웜기어 및 베벨기어에 사용	속도, 하중이 약간 가혹한 조건하의 웜기어 및 기타의 기어(하이포이드 기어를 제외함)에 사용한다.	GL-1 및 GL-2등급의 기어오일 및 경·중하중 조건하의 기어에 사용한다. (하이포이드기어에 부적당함)	하이포이드기어 및 극히 가혹한 조건하의 각종 기어에 사용한다. 고속저토크, 고속 충격 하중에 견딘다.	GL-4보다도 가혹한 조건하의 하이포이드기어에 사용한다. 고속저토크, 고속 충격 하중에 견딘다.
자동차에서의 사용개소	자동차의 윤활조건을 만족시키지 않기 때문에 전혀 사용되지 않는다.	자동차의 윤활조건을 만족시키지 않기 때문에 특수한 경우를 제외하고는 거의 사용되지 않는다.	트래스미션, 스티어링기어 및 조건이 까다롭지 않은 디프렌셜기어(하이포이드기어제외)에 사용한다.	디프렌셜 기어 트래스미션 및 스티어링 기어에 사용한다.	특히 가혹한 조건하의 디프렌셜 기어에 사용한다.
관련 규격				MIL-L-2105	MIL-L-2105B MIL-L-2105C

### 2) New API 서비스 분류

-MT-1(이전 PG-1)

비 싱크로나이즈 버스 및 Heavy Duty 트럭의 기어박스에 사용되며, 열안정성, 청정성 및 쉘 상용성이 향상되었습니다.

-PG-2(GL-7)

향상된 열안정성, 청정성 그리고 내 스펙링으로 Heavy Duty 리어액슬에 사용됩니다.

### 3) Military 규격

-MIL-L-2105: API GL-4급 상당

-MIL-L-2015B: API GL-5급 상당

-MIL-L-2105D: 다급점도 GL-5급 상당

-MIL-PRF-2015E: MIL-L-2105와 동일하며, API MT-1이 추가된 규격입니다.

기타 유럽규격으로 중요 OEM업체인 MB 및 ZF에 의해 규정된 상용차용 기어유와 승용차용 기어유 규격으로 Factory Fill용 Fill-for-Life 기어유등이 있습니다.

## 맺 음 말

상기에 언급한 기어윤활은 공업용 기어, 수동변속기 및 리어 디프렌셜등에 국한하여 설명하였습니다.

이외에 환경, 에너지성을 배경으로 한 연비 향상성, 전자제어의 고도화에 따른 쾌적, 조작성등의 향상을 중심으로 기술개발이 진보되어 최근 승용차 및 일부 상용차에 적용되고 있는 자동변속기(AT), CVT(Continuously Variable Transmission)등에 대한 윤활유의 개발도 활발히 진행되고 있습니다.

이러한 환경에서 구동계의 윤활에 대한 역할이 더욱 중요시 되고 있으며, 윤활 기술의 발전을 도모코져 장비제작사와 윤활유 공급사와의 공동 연구 개발이 더욱 요구된다고 생각합니다.