



液體潤滑劑의 一般的性質

공군사관학교 교수 강석춘

1. 序 論

현재 사용되는 液體 潤滑劑(潤滑油)는 鑛物性油와 合成油 및 이들의 混合油등이 있다. 이때 여러 添加劑들이 潤滑油의 特殊한 性質을 向上시키기 위해 混合된다. 다음에 열거된 潤滑油는 一般的으로 使用되고 있는것을 代表的인 特性과 함께 整理한 것이다.

형 태	주요특성
광 유 (mineral oil fraction)	가격이 낮음
합성탄화수소 (synthetic hydrocarbon)	낮은온도에서유동성양호
유기에스테르 (organic esters)	"
폴리글리콜에테르 (polyglycol ethers)	양호한온도-점도특성
물을기초로한윤활유 (water base lubricant)	耐可燃性
오일과물의에밀존 (Oil water emulsions)	"
인산염에스테르 (phosphate esters)	"
실리콘유 (silicones)	매우좋은온도-점도성질
폴리펜닐에테르 (Polyphenylethers)	열안정성
Perfluoropolyethers	산화저항성
Halocarbon	非可燃性

潤滑油의 物理的 性質은 潤滑基油의 구조에 주로 支配를 받는다. 그러나 完全히 製造된 潤滑油의 化學的 性質은 添加劑 性分과 基油와 添加劑의 반응에 영향을 받는다. 앞으로 살펴볼 潤滑油의 性質은 다음과 같다.

점성 (viscosity)

점성-온도관계 (viscosity-temperature relationships)

점성-압력관계 (viscosity-pressure relationship)

점성-전단성질 (viscosity-shear properties)

점성-휘발관계 (viscosity-volatility relationship)

증기압 (vapor pressure)

밀도 (density)

체적계수 (bulk modulus)

열에 대한 성질 (thermal properties)

표면장력 (surface tension)

가스용해성 (gas solubility)

기포성 (foaming)

전기성질 (electrical)

열안정성 (thermal stability)

산화안정성 (lubrication stability)

2. 점성 (viscosity)

점성이라함은 유체가 유동할때 생기는 유체마찰에 의한 저항력을 갖는 성질을 말한다. 윤활유에서 자주 기록되는 점도치는 대기압과 낮은 전단율에서 40°C와 100°C에 대한 값이다. 이때 사용되는 점도의 기본단위는 pascal-second (10 poise)이고 1 poise는 1 cm 당 1 cm울로 액체를 전단하는데 1 dyne(질량 1g의 물체에 매초 1cm의 가속도를 주는힘)의 힘과 상응한다. 절대점도(η)의 상용단위는 센티포아제 (0.001 pa·sec) 이다.

점도 측정의 가장 일반적인 방법이 ASTM D 445에 기술되어 있다. 점도 측정계(점도계)는보

통 유체를 가는관에 통과하는데 유체水頭에 대한 중력에 따른다. 이때 측정되는 값은 동점성계수 (stokes- = ST)로 나타난다. SI (국제표준단위) 단위에서 1 stoke는 1cm²/sec나 10⁻⁴m²/sec 와 일치한다. 센티 포아제의 절대점성 (η)는 센티스 토크스(cSt)로써 동점성계수 (ν)에 밀도 ρ (kg/dm³)를 곱한것과 같다.

주어진 가는관을 이용한 점도계에서 유체의 점도는 poiseuille's 법칙에 의하여 다음과 같이 정의한다.

$$\nu = \frac{\pi p r^4 t}{8 L V}$$

여기서 p는 가는관을 통과하는데의 압력강화, r는 가는 관의 반경, L은 가는관의 길이, V는 관을 통과하여 흐른 유체의 체적이고 t는 유체가 흐르는데 걸린 시간이다.

두가지 회전식 점도계가 사용되는데 그중 하나는 유체속에 두개의 관을 겹쳐넣고 그중하나가 안에서 회전할때 회전 각속도에 의해 생기는 偶力으로 점도를 측정하고 다음 공식에 의해 계산 된다.

$$\eta = \frac{\tau (r_1^2 - r_2^2)}{4 \pi \ell w r_1^2 r_2^2}$$

여기서 τ 는 측정된 偶力, r_1 은 큰 바깥원통의 반경, r_2 는 작은원통반경, ℓ 은 회전공간에서 유체의 길이이고 w는 각속도이다. 이런 형태는 Brookfield 형이고 ASTM D 2669와 D 2983에 기술되어 있다. 또다른 회전식 점도계의 형태는 평평한 원형평면과 약간 늘려진 원추사이에 유체를 놓고 평면이나 원추를 얇은 유체막으로 분리하여 회전시키면서 偶力を 재고 점도는 다음식으로 계산한다.

$$\eta = \frac{3 \tau \theta}{2 w \pi r^3}$$

여기서 τ 는 偶力, θ 는 평면과 원추중심선과의 각도, w는 각속도이고 r는 圓錐의 半徑이다.

광유와 낮은 분자량을 갖인 분자의 용액은 뉴우튼이언(미끄럼비율과 전단응력 τ 와의 관계가 직선으로 되는 유체)이고 이때 점도는 전단율이나 전단응력과 관계가 없다.

3. 점도와 온도와의 관계

Eyring 과 Ewell는 기본원리로부터 다음과 같은 점도-온도 관계식을 유도하였다.

$$\eta = \frac{h N}{V} e^{\Delta E / RT}$$

여기서 h는 프랑크상수, N은 아보가도르번호, V는 분자체적(분자의 중량÷밀도), ΔE 는 점성 흐름에 대한 활성화에너지, R은 가스 상수이고 T는 절대온도이다. 이 관계식의 단순형을 상수 A와 b를 사용하여 다음과 같이 유도하였다.

$$\mu = A e^{b/T}$$

이식은 점도와 온도역수의 대수사이에 직선이 되는 것으로 가정하였다. 이식은 매우 제한된 온도 범위에만 사용된다. 또 다른 널리 사용되는 walther 식은 광유로부터 다음과같이 유도되었다.

$$\log \log (\nu + C) = a - b / \log T.$$

여기서 a와 b는 주어진 유체에대한 상수이고 c는 점도에 따라 다르다.

즉, 점도가 2,0cSt인경우 ASTM의 점도-온도 도표에서는 c가 0.7이며 그림 1은 전형적인 ISO 나 자동차윤활유 계열의 Walther 선도를 보여준다.

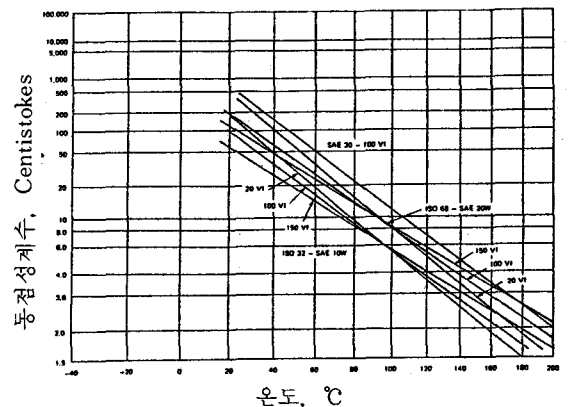


그림1. 보통 사용되는 오일의 점도-온도 성질

광유의 점도는 구름점 (cloud point) 보다 높은 11°C에서 177°C까지의 온도에대한 점도값이나 walther 공식으로 예측할 수 있다. 일반적으로 합성유는 -18°C에서 175°C범위내에는 5%이내

표2. 점도-온도와 점도-압력의 성질 (모든유체는 40°C와 0.1Mpa에서 20cSt)

Lubricant type	cSt Viscosity at		cSt Viscosity (40°C) at pressure (MPa)			Viscosity index
	100°C	-40°C	138	275.9	551.7	
Fluorolube	2.9	500,000	2,700	200,000	> 1,000,000	-132
Hydrocarbon	3.4	50,000	800	36,000	> 1,000,000	0
Hydrocarbon	3.9	14,000	340	12,000	270,000	100
Ester	4.4	3,600	110	500	4,900	151
Polyglycol ether	4.6	7,000	120	570	8,800	164
Phosphate-base*	4.6	8,000	-	-	-	164
Ester-base*	6.3	1,000	-	-	-	197
Silicone	9.5	150	160	700	48,000	195

* Contains polymeric additive.

자 첨가물의 효용이나 분자크기를 제한해준다.

사용유허활의 전단율은 보통 유허활제에서 10⁻⁶/sec의 수준으로 낮은 값이다. 또 다른것은 낮은 온도에서 전단율과 전단응력이다. 작동중인 자동차 엔진에서 3 내지 15cP 정도의 오일의 경우 전단율은 5 × 10⁵/sec 정도이나 낮은 온도에서는 3000~50,000cP 정도가 되고 10³ 내지 10⁴/sec의 전단율을 갖는다.

6. 폴리머 (고분자 화합물)의 퇴화

폴리머 (고분자 화합물)는 펌프의 밸브, 유압계의 안전판 또는 모든 EHD 나 경계 유허활에서 발생하는 난류나 캐비테이션에 의해 영구적인 크기 감소가 일어난다.

최근 연구에 의하면 폴리머의 기계적 퇴화의 정도는 초기 분자량이나 부하장치의 올리피스에서 압력강화, EHD에서 접촉압력등에 크게 영향을 받는다. 대략 5000 ηm (1 nm = 10⁻⁹m)의 분자는 5~8 nm의 크기로 깨지며 극성분자는 비극성분자보다 퇴화의 정도가 덜하다.

7. 증기압 (Vapor Pressure)

자동차 크랭크오일의 경우 증기압이나 휘발성은 오일소모율이나 기유의 점도수준을 제한하는데 상당한 영향을 미친다. 가장 보편적인 증기압 측정법은 클리블랜드 開放式 引火點 試驗器이다. 대략 광유의 인화점은 10mmHg (1.33kpa)의 압력에서 비등점의 20% 정도와 일치한다. 여러 합성

유나 광유에 대해 점도-비등점 특성은 그림 2에 나타난 것과 같다.

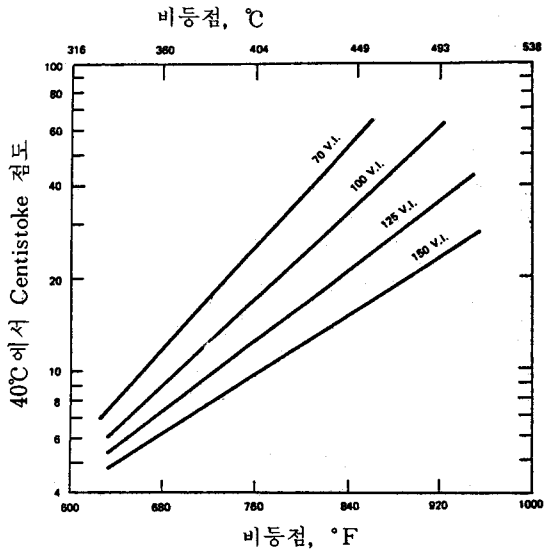


그림 2. 점도-휘발성 관계식

대개 광유의 증기압은 휘발성분에 가장 영향을 많이 받는다.

증발성은 오일소모와 기화 및 안전성 (가연성) 등이 경계 유허활에서 중요한 역할을 한다. 이에 대한 증거로 높은 증발성은 같은 점도일지라도 낮은 증발성을 갖는 유허활유보다 계의 마모를 더 일으킨다.

8. 밀도

비중은 60°F (15.6°C)에서 주어진 체적의 무게

로 walther 공식을 따르지만 표 1에서 보듯이 254℃나 375℃의 경우 계산치보다 상당히 낮다. 그러나 방향구조를 갖는 윤활유는 높은 온도에서 계산값보다 높아지는 경향이 있다.

표1. 여러 온도에 대한 점도와 높은 온도에서 계산된 점도의 점도 비교

Test fluid	Measured centistoke viscosity at			% Dev. from extrapolated viscosity ²	
	40℃	254℃	375℃	254℃	375℃
Methylphenyl silicone	44.4	3.25	1.46-1.37	-17	-36
Chlorinated silicone	59.9	4.52	2.2-2.0	-14	-25
Tetra-2-ethylhexyl silicate	6.79	0.59	-	-10	-
Pentaerythritol ester	22.4	0.83	0.42-0.59	-15	-27
Naphthenic bright stock	201	1.16	0.57-0.66	-4	-8
Naphthenic neutral	44.6	0.87	0.45	-11	-18
Chlorinated aromatic hydrocarbon	42.5	0.55	-	+15	-
Tricresyl phosphate	38.3	0.76	-	+3	-

※ Based on 40 and 100℃ viscosities

낮은 온도에서 점도는 walther 식에 의해 얻는 데는 문제가 많아 대략 예측한 값보다 실제로는 더 높은 점도를 갖으며 온도-점도 특성을 개선시키기 위해 고분자(폴리머)를 첨가하면 더 높아진다.

점도-온도 특성에 대해 널리 사용되는 표현은 점도 지수이다. 참고점인 점도지수 100은 펜실 바니아산의 온도-점도 특성으로 구성되어 있고, 0은 걸프(gulf)산의 윤활유 특성과 비슷한 것으로 되어 있다. 100 이하의 점도지수(VI)를 갖는 오일은 다음 공식에 의해 계산된다.

$$VI = \frac{L-U}{L-H} \times 100$$

여기서 U는 알려지지 않은 윤활유의 40℃에서 갖는 점도이고 L은 100℃에서 U와 동일점도를 가진 L 계열(OVI)의 40℃에서의 점도, H는 100℃에서 U와 동일점도를 갖는 H 계열유의 40℃에서의 점도이다. 이 방법은 VI가 100이 넘

는 경우는 혼란을 가져온다. 높은 점도수준에서 점도-온도 특성을 개선시킨 VI값을 계산하기 위하여 다음과 같은 경험식을 유도하였다.

$$VI = \{ (\text{cantilog } N) - 1 \} / 0.00715 \} + 100$$

여기서 N은 $(\log H - \log U) / \log Y$ 이고 Y는 관제의 유체에 대한 100℃에서 cSt로 나타낸 점도이다.

위식에서 芳香族재료나 폴리펜닐에테르, 인산염에스테르와 할로젠방향족 탄화수소는 負의 VI 값을 갖는다.

4. 점도-압력관계

액체의 점도는 온도감소에 따라 증가하지만 압력이 증가함에 따라라도 증가한다. 점도-온도 및 점도-압력관계를 살펴보기위해 적절한 범위를 선정하여야 한다. 윤활이나 유압계에서 대부분 압력은 대기압에서 10,000psi(700기압) 사이이고 온도는 -54℃에서 150℃ 정도를 취급한다. 정수압(Hydrodynamic) 베어링의 경우 온도는 50℃ 정도를 갖고 압력은 10,000psi 정도이나 기어나 캠 또는 굴음 베어링의 경우 온도는 55℃에서 167℃ 정도, 압력은 50,000~500,000psi 정도이다(EHD 접촉의 경우). 경계윤활의 경우에는 온도가 340℃까지 높아지고 압력은 田베어링의 범위와 비슷하다.

점도-온도와 점도-압력에 관한 합성윤활유 특성은 표2처럼 매우 넓은값을 갖는다.

5. 점도-전단의 관계

많은 유압유나 윤활유는 고분자 점도 지수향상제를 포함한 광유를 기유로하여 만들어졌다. 또 합성유는 그 자체가 고분자 화합물이고 예로 실리콘유, 폴리글리콜에테르와 폴리에스테르 등이 있다. 윤활유속에 고분자화합물이 존재하면 점도에 관계된 두가지 효과를 가져온다. 먼저 높은 전단율과 유선흐름에서 용액의 점도는 역으로 감소한다. 와류나 전단율이 매우 높은 경우 고분자는 기계학적으로 퇴화하고 용액의 점도는 영구적으로 낮아진다. 윤활계에서 유동특성은 기계적 퇴화의 정도를 결정하므로 사용가능한 고분

와 동일체적의 물의 무게와의 비를 말한다. 그러나 정유업계에서는 다음식으로 정의된 API 중량을 제시하는 Baume 척도를 이용하며 다음식으로 계산된다.

$$\text{degree API} = \frac{141.5}{\text{比重}_{60/60^{\circ}\text{F}}} - 131.5$$

높은 API비중은 낮은 比重 값이되고 낮은 API는 높은 比重값을 의미한다.

온도에 따른 밀도의 변화는 비록 독립변수이지만 밀도 자체보다는 탄화수소분의 비등점에 더 민감하다. 광유에 대한 개략적인 열팽창 계수가 표 3에 제시되었다.

표3. ASTM표에서 산정된 광유의 팽창계수

Specific gravity at 60°F (15.6°C)	API gravity at 60°F (15.6°C)	Coefficient of expansion	
		Per °F	Per °C
1.076-0.967	0-14.9	0.00035	0.00063
0.966-0.850	15-34.9	0.00040	0.00072
0.850-0.776	35-50.9	0.00050	0.00090
0.775-0.742	51-63.9	0.00060	0.00108

9. 체적계수 (Bulk Modulus)

체적계수는 압축에 대한 유체의 저항성을 나타낸다. 이 성질은 압력 온도 및 분자구조에 따라 다르고 (1) 유압이나 서보계의 효율과 반응시간, (2) 압력-유체계에서 반향(resonance)이나 수격(water-hammer) 효과, (3) 정수압이나 EHD유회에서 점도-압력 성질의 설명, (4) 액체의 열역학적인 고려등에 의미를 부여한다.

체적계수를 측정하는데는 두가지 방법이 있다. 첫째는 유체의 압력-체적-온도에 대한 변화특성의 측정이고 둘째는 측정하고자 하는 온도-압력에서 액체의 소리측정 방법에 의한 것이다.

체적계수는 첨가제를 통해 변경시킬 수 없는

기유의 물리적 성질이다.

고압으로 펌핑되는 유압계에 포함되는 공기나 가스는 계의 반응에 두가지 나쁜 영향을 준다. 먼저 유체 압력증가를 방해하고 원래 유체의 압축비보다 더 체적감소를 일으킨다. 둘째, 가스를 포함한 액체는 대기압에서 공기를 포함한 유체보다 더 압축성이 증가한다.

10. 가스 용해성

유회유에서 가스의 용해성은 점도, 기포, 체적계수, 캐비테이션, 열전달, 산화 및 경계유회등 유회유 성질에 영향을 주는 물리적 성질이다. 대부분의 경우 가스는 낮은 압력에서 포함되고 유회유나 유체계의 높은 압력부에서 녹아버린다. 다시 압력이 낮아지는 오일 저장소 등에 모이면 가스는 새어나와 기포나 거품을 형성한다. 공기의 경우 녹아있는 산소는 계의 베어링이나 열이 발생하는 부위에서 유회유의 산화반응을 일으킨다.

가스용해성은 가스를 포함한 액체와 가스를 흡착 제거하기 위한 고체물질을 Gas Chromatograph(色層분석기)에 넣고 260°C까지 가열시키면서 정확히 측정할 수 있다.

가스의 분자량이 커지면 온도에 따른 가스 용해성의 증가율이 떨어진다. 분자량이 32인 산소의 경우 온도에 따른 가스 용해성의 변화는 작다. 분자량이 더 큰 CO₂는 온도증가에 따라 용해성은 감소한다. 보통 비등점에서 가스용해성은 0으로 떨어진다. 유회유에 들어있는 약간의 휘발성 물질은 휘발성기유와 같은 효과를 갖고 가스 용해성을 감소시킨다.

얇은막을 형성하는 유회유가 고압의 가스에 접하게 될 경우 가스는 빨리 용해된다. 그결과 발생되는 유체는 점도가 급격히 감소된다. 전형적인

표4. 1000psi (7.0Mpa) 압력에서 유회유의 점도에 대한 용해된 가스의 효과

유 체	가스없는경우의 점도 (38°C) (단위cSt)	가스가 포화된 경우의 점도(38°C)		
		He	N ₂	CO ₂
Diester	14.9		12.9	
Paraffinic neutral	15.4	14	13.1	4.0
Paraffinic bright stock	625		470	
Polyester	630		515	
Naphthenic Oil	3980		2620	
Paraffinic resin	5400	4600	3800	1500

윤활효과는 표 4에 나타나 있다. 일반적으로 용해된 질소는 점도를 떨어뜨리고 점도의 압력증가 효과를 무효화시킨다.

11. 거품형성과 공기 침투

일반적으로 거품은 유체분자의 크기나 점도가 증가할수록 또 온도가 떨어질수록 증가하는 경향이 있다. 거품은 용해될 수 없는 가스가 탈출하려는 것이나 유체내부에 과도한 공기가 물리적으로 공급될 때 생성된다. 거품을 줄일 수 있는 최선의 방법은 기계의 설계에 의한 해결이고 화학적으로는 기체와 유체의 접합면에 표면장력을 줄여주는 성질이 있는 실리콘 첨가제를 사용한다. 공기의 침투는 거품과 유사하며 유압장치에서 응답문제를 야기하고 기어계에서는 열전달 감소로 온도를 높여주는 역할을 한다. 거품형성 방지 첨가제는 반드시 도움을 주지않지만 몇가지 상업용으로 사용되는 첨가제는 공기 침투억제 특성을 개선했다.

12. 열역학적 성질

윤활계의 열역학적 성질은 열전달, 온도상승과 관련되고 기계요소, 냉각기, 가열기나 윤활계에 열적인 성능과 관련을 갖는다. 광유, 물과 철에 대한 열전도계수 비열등을 표 5에 비교하여 놓았다.

13. 열전도율

열전도율은 온도에 따라 직선적으로 변한다. Maxwell에 의해 제시된 자료에 의하면 액체탄화수소의 열전도율은 0℃에서 0.14W/m·k에서 부터 400℃에서 0.11W/m·k까지의 범위를 갖는다. 이 값은 모든 광유나 합성탄화수소를 기유로한 윤활유에 유효하다. 극성(polarity)와 탄화수소 결합이 열전도율에 영향을 미치고 에틸렌글리콜은 100℃에서 0.31W/m·k의 열전도율을 갖는다.

14. 비 열

열전도율과 같이 비열은 온도에 따라 선형적으

로 변하고 극성이나 탄화수소의 분자결합의 증가에 따라 상당히 증가한다. 물의 비열은 표와같이 100℃에서 오일의 값의 두배가량이 된다. 에틸렌 글리콜은 273°K에서 2384J/kg·k의 비열을 갖고 광유나 합성 탄화수소를 기유로한 윤활유는 0℃에서 1882J/kg·k(0.45Btu/lb·k), 400℃에서 3263J/kg·k(0.78Btu/lb·F)의 범위를 갖는다.

표5. 강철, 오일과 물의 비열 및 열전도성

재료	열전도성 (W/m·k at 373k)	비열 (J/kg·k at 293k)
강철	46.7	460
오일	0.14	1966
물	0.67	4184

15. 기화열량

기화열은 동일온도에서 물질의 포화 증기압과 포화액체 사이에서 엔탈피 혹은 에너지의 차이이다. 기화열은 압력과 분자량 혹은 광유의 비등점의 함수이다. 대부분 광유는 대기압에서 60내지 90Btu/lb(140내지 209kj/kg) 정도의 기화잠열을 갖는다. 비등점에서 기화열은 압력이 증가함에 따라 감소한다. 물의 기화열은 대기압에서 969.7Btu/lb(2255kj/kg)이고 같은 증기압을 갖는 경우 물에 비해 오일은 훨씬 적은 열을 필요로 한다.

16. 전기 전도성

전기전도성은 윤활유속에 있는 이온이나 이온 형성물질의 상대적인 양에 따라 결정된다. 물을 바탕으로한 윤활제에서 전기적인 활동이 금속의 부식에 관계되기 때문에 전기 전도성을 억제하는 것이 바람직하다.

잘 정제되고 습기가 제거된 광유나 대부분의 합성오일은 전기전도도가 극히 작아서 10⁻¹⁴mho/cm² 정도이다. 어떤 유압계에서는 포텐셜(stream or zeta)이 서보밸브의 부식에 관련을 갖는다. 기유의 전기전도성의 변경은 주로 많은 첨가제의 이온성질, 물과같은 불순물이나 염소 혹은 기유의 산화나 열적인 퇴화에 영향을 받는다. 사용되지 않은 윤활유의 전기전도성은 전기장치나 항공기 또는 유동전류가 손상을 주는 산업제어 장치에서

아주 중요하게 고려되어야 한다.

17. 표면장력

표면이나 접촉장력은 표면에서 자유 에너지와 관련된다. 표면장력은 기체-액체의 접촉부에서 표면 자유에너지가 있음을 증명한다. 반면에 접촉장력은 서로 섞이지 않는 액체사이에 존재한다. 표면장력은 du Nouy 링 방법으로 측정된다. 이 방법에서 백금으로 된 철사링을 액체를 갖인 깨끗한 표면에 접촉시키고 표면에서 링을 끄는데 요구되는 힘 (F)을 측정한다.

$$F = 4\pi r\delta$$

여기서 F는 힘 (dyn/cm²) 이고 r은 백금링의 반경이며 δ는 표면장력 (dyne/cm)이다.

몇몇 기유의 표면장력값을 표 6에 나타냈다. 완전히 조제된 윤활유의 표면장력은 첨가제에 민감하게 영향을 받는다. 예를들면 광유의 무게에 0.1%가량 실리콘을 넣으면 표면장력은 실리콘 값으로 감소한다. 표면장력을 낮추기 위한 첨가제의 사용은 베어링에 젖음현상을 증가시켜준다.

표6. 몇가지 기유의 표면장력

액 체	표면장력dyn/cm (N/m)
물	72 (×10 ⁻³)
광유	30-35 (×10 ⁻³)
에스테르	30-35 (×10 ⁻³)
메틸실리콘	20-22 (×10 ⁻³)
염화 불소혼합물	15-18 (×10 ⁻³)

두개의 녹지않는 액체의 표면접촉 장력은 두 액체의 표면장력의 차이와 대략 비슷하다. 안정한 에멀존을 만들기 위한 첨가제는 두 상 사이의 접촉장력을 거의 영까지 낮은 값으로 줄이도록 해준다.

자동차 윤활유의 청정제나 분산제는 접촉장력을 줄이는데 매우 효과적이어서 10내지 15%의 물로 오염된 사용 크랭크 오일을 증류로밖에 분리안되는 안정된 에멀존상태로 바꾸어준다.

18. 열적 안정성

열적 안정성은 산소가 없는 높은 온도에서 분

자구조 붕괴나 재 배열하려는 데에 대한 윤활유의 저항성이다. 열적 안정성 측정은 가열양에 따른 압력변화율을 측정하는 밀폐된 용기로 된 Iso-teniscope를 이용한다. 열 gravimetric 나 차등 열분석기도 열적 안정성을 측정하는데 사용될 수 있다. 그이외 몇가지 열적 안정성 측정방법이 미국 연방분류법에 제시되었는데 이것은 시료의 중요부분을 분해되도록 하고 형성된 가스와 함께 분해된 액체 및 고체 생성물을 분석하는 것이다.

파괴에 가장 취약한 단일 c-c결합을 상당히 많이 포함한 광유같은 유체는 343~371°C 정도까지 열적인 안정성을 갖는다. 광유와 비슷한 구조를 갖는 합성유는 광유보다 약 30°C가량 더 높다.

단자 방향족 연쇄나 옆연쇄를 갖는 메틸그룹의 방향족 연쇄를 포함한 분자의 열 반응 시작온도는 454~482°C 가량이 된다. 폴리펜닐에테르, 응축 방향족 탄화수소등이 이 분류에 속한다. 유기산 에스테르는 분자가 약한 연쇄로 되어있어 열적 안정성 범위는 260~316°C 정도에 있다.

점도지수 향상제로 쓰이는 폴리머는 대략 같은 구조를 갖는 작은 분자로 구성된것보다 낮은 열적 안정성을 가지며 폴리메틸아킬레이트는 232°C에서 폴리부탄은 288°C에서 열적 붕괴를 갖고 이것은 기계적 퇴화와는 분명히 다르다.

윤활성을 향상시키기 위해 사용되는 첨가제는 기유보다 낮은 열적 안정성을 갖는 경향이 있고 경제윤활 첨가제는 204~260°C에서 안정성을 갖으며 일반적으로 활성적인 EP 첨가제는 이보다 더 낮은 열안정 한계점을 갖는다.

19. 산화 안정성

공기나 산소가 있는곳에서 윤활유의 안정성은 일반적으로 가장 중요한 화학적 성질이다. 열적 안전성과는 달리 산화 안정성은 상당히 변경시킬 수 있다. 첨가제는 초기 산화단계에서 형성되는 과산화물과 반응하거나 연쇄 반응기구를 파괴시키므로써 산화를 조절한다. 또다른 방법은 금속면이나 용해가능한 금속염을 반응하지 못하도록 하는 것이다.

탄화수소의 산화에서 첫 단계는 가장 취약한 탄소-수소 결합에서 과산화물을 형성한다.

(26page에서 계속)

GE가 있는곳이 합천군 야로면이다. 광해군때 大北을 이끈 萊庵 鄭仁弘先生이 바로 이곳 産이다. 서산정씨로 일찌기 鄭寒岡과 교우하셨고 南冥의 高弟로써 光海朝에 山林에 은거 하시면서 직분상 7年의 獨相(領相)을 겸하시든중 이이침의 奸巧한 수작으로 결국 廢母(인목대비), 殺弟(영창대군)의 인륜도덕을 저버린 원흉으로 억울하게 누명을 쓰고 仁祖反政시 上京하시여 타살되었다. 허나 이 어른의 강직과 매움(烈)은 아마 대단한 것이 틀림없는것 같다. 당시 안동을 중심으로한 退門에 도전하여 晦齊李彦迪(적), 李退溪先生의 文廟배향을 반대한 소위 晦退黜享疏를 조정에 제출한것을 보면 가히 그 성품이나 깨끗한 기개를 짐작할만하다. 들리는 말로는 가야산 기슭에 가매장한 선생의 운구를 순조朝에 伸冤이 되어 그 사실을 告하고, 이장을 하기위해 開棺을 하였더니 타살의 傷痕이 아직도 선명하시고 원혼에 맺혀 두눈을 미쳐 감지 못 하였기에 임금의 伸冤을 告하자 두눈이 감겨지더라는 이야기가 그 后孫에 의하여 전해진다. 요즘 國史學界에서 元均과

정인홍등 지난날 잘못조명된 人物의 역사재조명이 연구·검토되는 것 같다.

南冥先生이 비록 現職으로써 明宗朝에 祥瑞院判官, 요새말로 총무처나 대통령비서실의 직인 관리담당 사무관(從五品)級에 불과했으나(隱逸), 광해조에 영의정에 증직되시고, 文貞公의 시호를 내리셨다. 파리한 월급쟁이, 각축에 시달리면서 어찌다가 書長律를 지나칠제 확연히 눈동자에 들어오는 古典籍이나 先賢의 文集類를 볼때마다 내 유년기 철모르게 그 귀중한 冊子를 뜯어 제기 만들기, 때기(딱지)만들기, 벽도배하기 등등... 훼손했음에 한없이 애석히 여겨진다.

衣食이 점차 풍요로와지고, 사회가 安定돼 갈수록 우리들은 우리들의 오염된 의식구조나 가치관을 세척하고, 점차 本然의 우리것으로 환원해가는듯 하다.

우리의 전통문화, 전통윤리, 전통가치관 등 溫故와 知新이 더욱 활성화 되어가는듯 하니 매우 바람직스럽다 아니할 수 없다.

(11page 에서 계속)

이것이 과산화물 형성을 촉진하는 자유급진 연쇄기구를 형성하고 계속해서 알데하이드, 케톤, 알콜, 산과 에스테르등을 산화시킨다.

윤활유의 산화안정성 온도를 안정 수명시간과 관계를 갖는 그림이 그림3에 제시되어 있다.

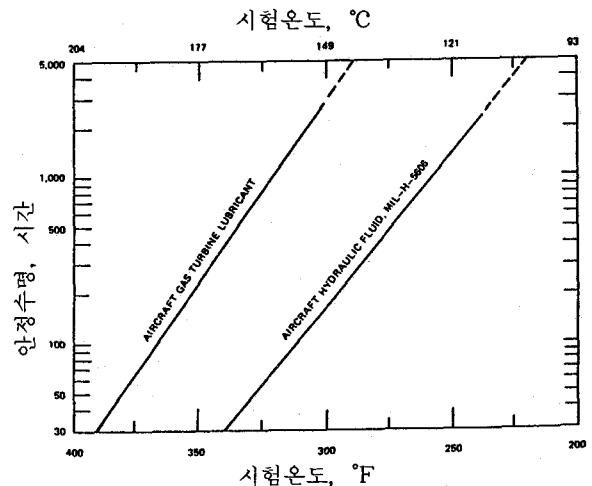


그림3. 온도함수로써 산화안정성