

윤 활 연 구

# 潤滑油의 粘度特性과 向上效果

韓國潤滑學會 前會長 鄭 善 謨  
 서울大工大名譽教授

## ① 윤활유의 粘度傾度

윤활유의 溫度變化에 의한 粘度變化特性을 표시하면 실험적으로 ASPM方式이 잘 사용된다. 그림1에서

$$\text{즉, } \log. \log(\nu + 0.8) = m \log T + K \dots\dots (1)$$

단,  $\nu$  : 動粘度(cst)

$m$  : 粘度傾度(viscosity slop)

$T$  : 絶對溫度(273+t)°C

$A$  : 粘度極高度

上式은  $\log. \log(\nu + 0.8)$ 과  $\log T$ 에 대하여 直線의인 關係를 표시하는 것으로서 세로 軸에  $\log. \log(\nu + 0.8)$ 를, 가로축에  $\log T$ 를 잡고서 그래프를 그려보면 윤활유의 온도변화에 대한 粘度變化를 한눈으로 알 수가 있다. 그림1에서 경사된 直線을 粘度傾度線이라 부르고, 粘度傾度線과 水平線과가 맺는 角 즉, 交角  $\theta$ 의 tangent를 粘度傾度라 부른다.

따라서 上式에서  $m$ 는 粘度傾度を 나타내고 同一 윤활유에 대하여 임의의 2개의 온도에 있어서 粘度를 각각 측정하고,  $K$ 를 소거하여 求한다. 지금 어느 윤활유의  $t_1$  및  $t_2$ °C에 있어서 動粘度를 각각  $\nu_1, \nu_2$ (cst)라 하면 다음 式이 成立된다.

$$\omega_1 = \log. \log(\nu_1 + 0.8), \quad \omega_2 = \log. \log(\nu_2 + 0.8)$$

$$\omega_1 - \omega_2 = m(\log T_2 - \log T_1)$$

$$\therefore m = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\log T_2 - \log T_1} \dots\dots (2)$$

粘度傾度  $m$ 는 기름의 組成등에 의하여 거의 일정한 값을 취하며 그 概略値는 다음 表1와 같다.

Ubbelohde는 연구 結果 同一 根源油에서 제련된 각종 윤활유에 대하여 각 溫度에 있어서 粘度를 측정하여 粘度傾度線을 그으면 모두 同一點에

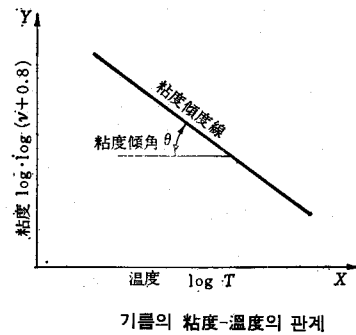


그림1

表1. 윤활유의 粘度傾度  $m$ 의 값

종 류	$m$ 의 값
團體파라핀	3.0~3.4
파라핀系油	3.2~3.5
나프텐系油	4.0~6.0

서 만난다.

이 交點을 粘度極高點, 또는 粘度標點이라고 부르고 그 交點에 대응하는 세로축 즉  $\log. \log(\nu + 0.8)$ 의 값을 粘度極高度 또는 粘度標高라 한다. 그림2에서  $K$ 가 粘度標高가 된다.

同一 根源油는 表2에서 보는 바와 같이 特定粘度極高度의 값을 취하므로, 이것으로서 윤활유의 점도와 온도關係를 알 수가 있다. 서로 根源이 다른 윤활유의 점도극고도는 標點直線이라고 부르고 이것은 一直線上에 있다는 것을 알 수가 있다.

表2에 보는 바와 같이 粘度極高度의 값은 보통

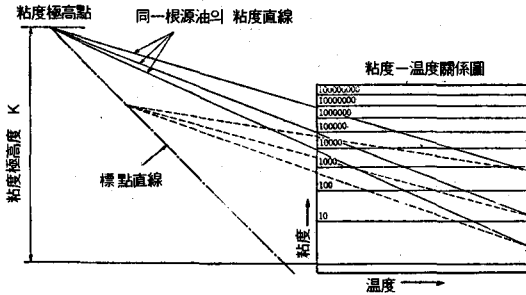


그림2. 粘度 極高度

表2. 粘度極高度의 값

고체 파라핀	0.6~0.7	펜실베이니아油	1.7~1.9
파라핀基油	1.6~2	텍사스產油	3.6~4.0
나프텐基油	2.2~3	Gulf-Coast原油	6以上
아스팔트基油	3以上		

의 광물질 윤활유에서는 1~6사이고, 粘度指數가 큰것 일수록 이 값은 낮게 된다.

② 壓力變化에 의한 粘度特性

모든 윤활유는 加壓되면 粘度가 증가된다. 하이에의 研究에 의하면 16000[lbs/in<sup>2</sup>] 정도의 高壓下에서는 광유의 粘度는 常壓時의 약 10배로 증가하고, 植物性油에서는 약 4배정도 밖에 증가하지 않는다고 論술하고 있다.

또 1~2[ton/in<sup>2</sup>]의 壓力下에서는 脂肪油의 粘度는 거의 變化하지 않으나 鑛油에서는 10~100% 정도 增加한다는 것이다. 광유의 윤활유는 그 組成成分에 의하여 壓力變化에 의한 粘度變化特性이 다르고 그림3에서 보는 바와 같이 粘度指數가 큰 펜실베이니아系油가 壓力에 영향을 적게 받는다.

한편 脂肪油 및 鑛油에 대하여 2000[kg/cm<sup>2</sup>]에 이르기까지 각 壓力 및 0~156°의 溫度에 대하여 粘度測定을 할 때 어느 溫度에 있어서는 壓力과 粘度사이의 다음 관계가 있다는 것을 확인되었다.

$$\eta_p = \eta\alpha \dots\dots\dots (3)$$

여기서  $\eta_p$  = 壓力 p에 있어서의 絕對粘度(cp)  
 $\eta$  = 常溫에 있어서의 絕對粘度(cp)

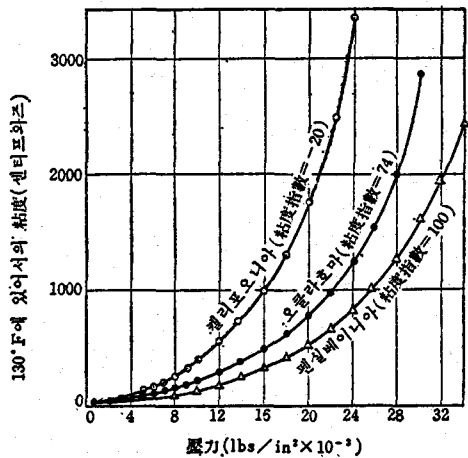
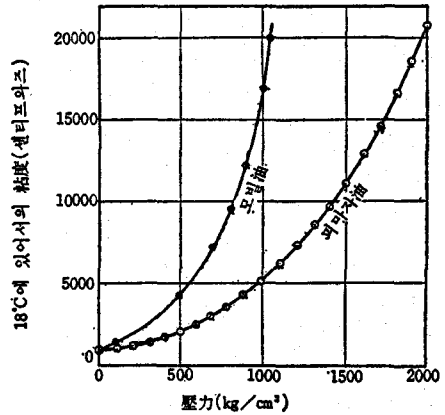


그림3. 粘度指數와 壓力과의 관계

$\alpha$  : 기름의 종류에 의한 壓力常數이며, 보통  $\alpha = 0.001 \sim 0.005$

위의  $\alpha$ 의 값은 鑛油일수록 크고, 脂肪油일수록 작게 되며, 그 差는 常溫일수록 크고 高溫일수록 차차 작게 된다는 것이다. 그리고  $\alpha$ 는 溫度에 따라 變化하는 것으로 다음 관계가 있다.

$$\alpha = \alpha_0 e^{\beta/T} \dots\dots\dots (4)$$

여기서, T : 絕對溫度(273+t)°C

$\alpha_0$  : 기준으로 잡은 溫度에 있어서의 壓力常數

$\beta$  : 윤활유의 종류에 의한 常數로서 鑛油에서 1000정도의 값을 취한다.

$\beta$ 는 脂肪油에서는 일반적으로 작고 약 700~900정도이며 鑛油로 될수록 큰값을 취한다.

溫度가 높게 되면 脂肪油와 鑛油와의 粘度의 壓力에 의한 변화의 差는 차차로 減少된다.

**③ 粘度比重常數**

鑛油의 比重은 同一 粘度에 대해서는 파라핀系 成分이 풍부할수록 작고, 나프텐의 成分이 풍부할수록 크다. 따라서 同一 粘度라고 볼 수 있는 같은 상표의 제품에 대해서는 比重을 측정함으로써 어느 정도의 관리, 선택 및 成分組成을 측정할 수가 있다.

그러나 粘度가 다르고 종류가 다른 潤滑유에 대해서는 比重만으로는 구별할 수가 없게 된다. Bill씨는 각종 鑛油의 比重과 粘度와의 관계를 연구하여 37.8°C의 기름에 있어서 세이볼트 粘度 V와 d( $60^{\circ}\text{F}$ )의 比重 S와의 사이에 다음과 같은 관계가 있다는 것을 發表하였다.

$$\alpha = \frac{10S - 1.0752 \log(\eta_s - 38)}{10 - \log(\eta_s - 38)} \dots\dots\dots (5)$$

여기서,  $\alpha$  : 粘度比重常數

s : 比重( $60^{\circ}\text{F}$ )

$\eta_s$  : 세이볼트 粘度(sec) 37.8°C

粘度比重常數  $\alpha$  (VGC: viscosity gravity constant)는 鑛油의 化學組成을 표시하는 목표로 쓰이며, 이 값이 클수록 나프텐系 成分이 풍부하고 이 값이 작을수록 파라핀系 成分이 풍부하다는 것을 표시한다.

또 가령 粘度 및 比重이 다른 기름이라 할지라도 이들에서 求한 VGC의 값이 같은 값이 되면 같은 종류의 化學組成으로 되고 같은 종류의 原油로서 정리되었다는 것을 표시한다.

지금 각종 潤滑유에 대하여 粘度比重常數와 粘度指數를 각각 측정한 결과 表3과 같이된다. 즉 粘度比重常數의 감소따라 粘度指數는 上昇한다.

그림4는 VI(粘度指數)와 VGC와의 관계를 도시한다.

또 粘度比重常數의 계산은 98.9°C의 세이볼트 粘度와 60°F의 기름의 比重에서 求할 수 있다.

$$V = S - 0.022 \log(\eta_s - 35.5) \dots\dots\dots (6)$$

V는 세이볼트 粘度(sec) 98.9°C

S는 比重( $60^{\circ}\text{F}$ )

그리고 V와 V'사이에는 다음 관계식이 成立된다.

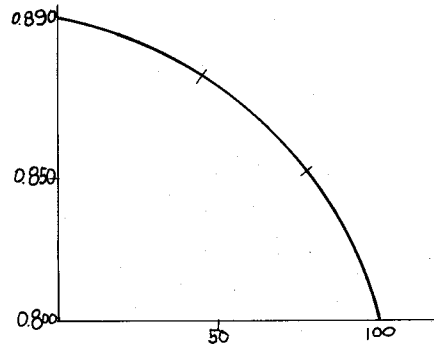


그림4. VI와 VGC의 관계

表3. 粘度比重常數

試料油	VGC	VI
試料油번호1	0.847	69.3
2	0.841	81.8
3	0.866	44.0
4	0.8126	95.7
5	0.8122	93.6
Pennsylvania系油	0.8067	100
Gulf Coast系油	0.8883	0

$$V' = 0.24 + 0.755V \dots\dots\dots (7)$$

**④ 粘度上昇向上劑**

潤滑유는 사용조건에 있어서 정도가 변화하지 않고 일정한 것이 이상적이다. 즉 내연기관인 엔진에 있어서 시동전에는 -40°C에 도달하는 수도 있으며 또 운전중에는 200°C 이상으로 가열하는 수도 있다. 이와같이 始動할 때와 운전할 때는 溫度差가 클 경우 사용潤滑유의 粘度變化가 너무 크면 低温始動에는 高粘度 때문에 粘度抵抗이 너무 크게 되어 起動이 곤란한 지경에 빠지게 되고, 高温운전 때에는 低粘度 때문에 油膜生成이 곤란하게 되어 하중을 支持할 수 없게 된다.

粘度指數向上劑는 潤滑유의 온도에 대한 점도 변화를 적게 하고 粘度指數를 향상시킬 목적으로 潤滑유에 1~7% 첨가하여 사용한다. 일반적으로 粘度指數向上劑는 긴 고리결합(長環鎖結合)을 가진 化合物이고, 따라서 天然고무와 化合하면 이소프렌重合으로 얻어지는 合成고무, 分子量 500以上の 스티롤이 되고 이 重合體를 적당한 용

表4. 粘度指數와 첨가제의 관계

유탈유	添加量(%)	점도(sus)	粘度指數
Pennsylvania	0	237	100
	0.5	273	106
	1.0	332	119
	2.0	432	126
	5.0	1050	128
Mid-continent	0	206	91
	0.5	353	100
	1.0	418	106
	2.0	561	114
	5.0	1322	125
Gulf-coast	0	385	26
	0.5	441	26
	1.0	627	80
	2.0	1020	99

제에 아교모양(膠狀)에 分散시킨 것이 粘度指數 向上劑로 사용되고 특히 分子量 300~30000를 가진 이소프틸렌의 重合物은 Paratone Uniflow, Exanol이라는 商品名으로 판매되고 있다.

폴리이소프렌 添加劑(分子量 15000)를 펜실바니아(pennsylvania), Mid-continent, Gulfcoast 産 유탈유에 0~5.5% 첨가하였을 때의 粘度 및 粘度指數에 대하여 미치는 영향을 살펴보면 다음 表4와 같다.

다음에 파라핀 蠟(蠟)에 無聲放電한 것이 粘度指數 向上劑로서 아주 有效하다. 미국에서는 아크린酸 에스테르重合物, 예를 들면 Acryloid F-10, HF-845, HF-850(Rohm and Hass Co.) 등과 폴리스티롤, 알킬폴리스티롤 등의 炭化水素의 高分子 重合物등의 粘度指數 向上劑로서 사용되고 있다.

粘度指數 向上劑의 작용은 유탈유에 대한 溶解性에 관계가 있고, 溫度가 올라가면 용해도가 增加하거나 또는 鎖狀의 매우 긴 分子가 늘어나서 粘度가 커지기 때문에 低溫에서 高溫으로 옮겨가고 그만큼 粘度는 低下하지 않게 된다는 것이다.

다음 그림1은 점도지수향상제의 添加效果를

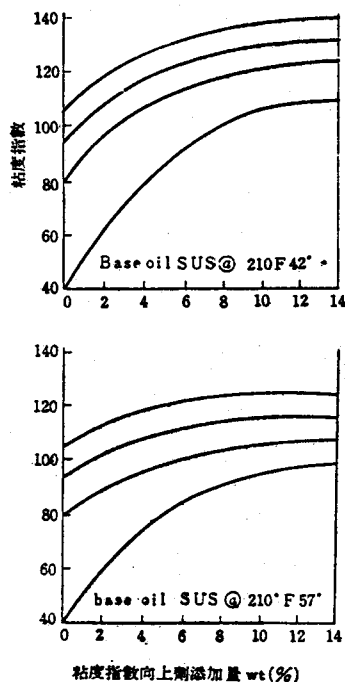


그림5. 粘度指數 向上劑의 濃度效果

그래프로 나타낸 것이고 첨가량이 6% 정도까지는 점도지수는 증가하나 그 以上の 溫度에서는 增加比率이 거의 일정하게 된다. 그리고 添加濃度가 同一한 경우에는 低粘度油에 첨가시키는 것이 效果的이다. 그리고 添加油의 고도의 교반전 단력(攪拌剪斷力)을 주면 粘度低下를 초래하게 된다.

다음 表5은 主要 粘度指數 向上劑의 特性比較表이다.

表5. 主要 粘度指數 向上劑의 特性比較表

商品名	主成分	比重	粘度 sus	流動點	構造式
Paratone	이소프틸렌 重合體	28.3	55,600	30[F度]	$\left[ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ -\text{CH}_2-\text{C} \\   \\ \text{CH}_2 \end{array} \right]_n$
Acryloid	아크릴酸 에스테르重合體	27.0	27,500	20°F	$\left[ \begin{array}{c} \text{COOR} \\   \\ -\text{CH}_2-\text{C} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$
신도맥스	알킬롤리스 티롤重合體	25.0	30,000	25	$\left[ \begin{array}{c} \text{CH}-\text{CH}_2-\text{R} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_n$