

윤활기술

윤활유의 특성과 성능시험(I)



서울工大 명예教授
 한국 윤활학회 고문
 月刊 機械設計, 月刊 工業材料發行人
 兼 편집人
 鄭 善 謨

I. 序 論

윤활유의 물리적 및 화학적 성질은 윤활유의 성능에 다대한 영향을 끼치고 사용목적에 적합한 윤활유를 선정한다는 것은 기계기술자의 책임이며 윤활유의 여러가지 성질과 성질을 評價하는 방법을 잘 파악하고 있어야 된다. 윤활유의 성질에는 다음 23가지가 있고 그 중에서 ①粘性, ②油性 ③表面特性등 3가지를 3大 特性이라 부른다. 23가지 성질은 다음과 같다.

- ① 색깔 (色相, color)
- ② 粘性
- ③ 油性
- ④ 表面張力 (surface tension)
- ⑤ 굴절율 (屈折率, refractive index)
- ⑥ 流動點 (pour point)
- ⑦ 沸騰點 (boiling point)
- ⑧ 휘발성 (volatility)
- ⑨ 引火性 (flash point)
- ⑩ 比重 (specific gravity)
- ⑪ 比熱 (specific heat)
- ⑫ 아닐린點 (aniline point)
- ⑬ 泡沫性 (foaming property)
- ⑭ 清淨分散性 (detergency)
- ⑮ 酸化安定性 (oxidation stability)
- ⑯ 反應性 (reactionability)
- ⑰ 中和價 (neutralization number)
- ⑱ 鹼化價 (saponification number)
- ⑲ 抗乳化性 (demulsibility)
- ⑳ 稀釋性 (dilution)
- ㉑ 殘留炭素性 (carbon residuity)
- ㉒ 水分 (water contents)
- ㉓ 黃分 (sulphur contents)

粘性에 의한 單位面積當의 抵抗力 $\tau = \mu \frac{\Delta v}{\Delta y} \dots \dots \dots (1)$

動粘性係數 $\nu = \frac{\mu}{\rho} \dots \dots \dots (2)$

潤滑油는 사용 조건에 의해서도 다르고, 油性, 安定性, 揮發性, 耐寒性, 引火性, 乳化性 등 여러가지 요건을 충족시킬 필요가 있으나, 특히 사

용 목적에 의하여 적당한 粘度基準을 가지고 있어야 된다. 즉, 사용 조건 밑에서 항상 어느 범위 내의 粘度를 가지고 있어야 된다는 것은 말할 나위도 없으나, 潤滑油는 거의 마찰에 의하여 熱이 발생하는 장소에 사용되는 것으로서 특히 蒸氣 터어빈에서는 100℃ 이상으로 加熱된다. 이와 같은 高溫度에 있어서도 충분한 潤滑使命을 달

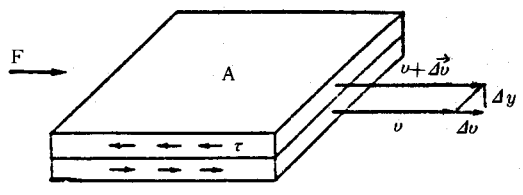


그림 1

성할 수 있는 粘度를 확보하고 있어야 된다.

內燃機關의 경우에는 極寒地의 上空에서는 -40℃이하의 低溫에 있게 되고, 특히 始動할 때는 粘度가 너무 높아서 시동이 되지 않고 또 응고되는 위험도 있다. 粘度가 溫度의 변화에 의하여 변화하게 되는 性質이 있다. 보통 潤滑油의 粘度基準은 제품의 종류에 의하여 아주 다르나, 이 온도에 의한 粘度 변화의 예를 하나 들면 表 1에서 보는 것처럼 온도는 다만 80℃ 정도上昇하였는데도 불구하고 粘度는 1/10~1/100 로 低下되는 것을 알 수 있다.

한편, 油活性에 의하여 생긴 극히 얇은 油膜은 乾燥面摩擦때보다 摩擦抵抗을 減少시킬 수가 있지만, 아직도 그 마찰은 상당히 크고 또 潤滑狀態의 돌발적인 변화에 의하여 그 얇은 油膜은 破壞되며 金屬面의 損傷을 일으키기 쉬운 염려가

表1 潤滑油의 粘度와 溫度

	20°C	100°C
spindle oil	8~100 (cs)	1~ 5 (cs)
neutral oil	30~ 300	3~15
red pale oil	50~ 2,000	20~25
bright stock oil	2,000~ 5,000	20~60
steam cylinder oil	2,000~10,000	20~80

있으므로, 一般機械에 있어서의 마찰면은 적당한 液體의 비교적 두꺼운 層에 의하여 완전히 분리되어 完全潤滑狀態에 있을 필요가 있다.

기름에 일정한 힘을 가하여 흐름 운동을 시킬 때, 이 운동에 저항하는 힘이 反對方向에 작용하는데, 이 힘을 潤滑의 内部摩擦力이라 하고, 이 성질을 기름의 粘性이라고 하는 것은 이미 논술하였다. 内部摩擦力이 큰 기름일수록 高粘度의 潤滑油라 말할 수 있다.

이 金屬面 사이에 상당한 두께를 가진 油層을 형성시키는 性能은 液體分子사이의 마찰에 의한 内部抵抗인 粘稠의 정도에 基因하는 것이다. 따라서 完全潤滑로 하기 위하여서는 특히 液體의 粘度에 대하여 검토하는 것이 요망되고, 粘度가 큰 기름을 사용할수록 完全潤滑狀態로 되나, 그렇다고 해서 필요 이상으로 큰 潤滑油를 사용하면 機械動力의 損失을 초래하게 되므로 一般機械에 대하여 각각에 적응한 潤滑油를 사용해야 되는 것이다.

粘度(viscosity)는 流體運動에 대한 内部抵抗으로 凝集力, 會合의 원인이라고 생각된다. 그러

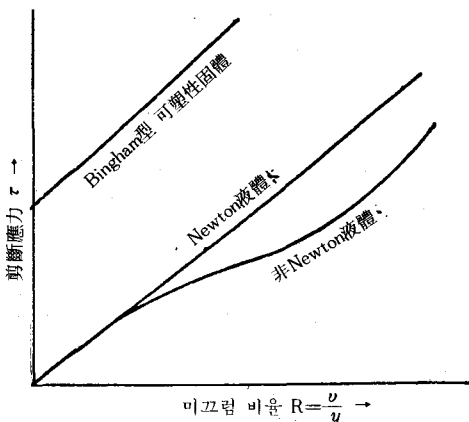


그림2 미끄럼 比率 R와 剪斷應力 τ와의 관계

나 최근 化學的 分子構造도 관계가 있다는 學說이 대두되고 分子構造에 의하여 상당히 영향을 받는 것으로 確認되었다. 즉, 一定한 溫度및 壓力下에서 流體層 사이의 摩擦抵抗은 液體의 粘度 및 層의 面積, 미끄럼 速度에 正比例하고 層의 두께에 反比例한다.

그리고 그림 2에서 보는 바와 같이 미끄럼比率 R와 剪斷應力 τ와의 관계는 原點0을 통과하는 直線으로 표시되는 경우는 뉴우튼의 液體(Newton liquid) 이것이 曲線이 될 때는 非뉴우튼의 液體(non-Newton liquid)라 한다. 만일 高分子 可塑性 物質과 같이 原點0을 통과하지 않은 경우에는 빙햄(Bingham)型的 可塑性 固體라 한다. 이상의 뉴우튼의 粘性流體의 法則(1871), 즉 “液體內的 각 점에 있어서의 剪斷力은 그 점의 剪斷比率에 正比例한다”에 의하면 이것은

$$\tau = \eta \cdot R \dots\dots\dots(3)$$

彈性理論에 있어서 후크(Hooke)의 法則과 비교된다. 즉, 固體에 있어서 剪斷應力과 剪斷變形率과의 比를 표시하는 橫彈性係數는 液體에서의 粘性係數에 상당하는 것으로 볼 수 있다. 그러나 에너지에 대해서는 兩者 사이에 다른 점이 있고, 固體를 변형하기 위하여 사용되는 에너지는 변형의 원인이 되는 힘이 제거될 때 대부분 回收된다. 그러나 液體의 경우에는 변형에 사용된 에너지는 熱로 바뀌어진다.

[1] 粘性의 基本法則

1) 뉴우튼(Newton)의 法則

Newton의 流體力學의 法則에 의하면 流體內에 있어서 어느 한 점의 剪斷應力은 미끄럼比率 $R = \frac{v}{y}$ 에 比例한다고 定義되고 다음 관계가 성립한다.

$$= \eta \cdot R \dots\dots\dots(4)$$

앞의 比例常數 η를 流體의 絕對粘度係數(coefficient of absolute viscosity)라 부른다.

지금 그림3에서 보는 바와 같이 流體內에 거리 y를 가진 면적 s의 평행한 두 平面 AFNM과 BCDE

를 생각하여 外力F에 의하여 平面 BCDE가 일정한 速度v로써 운동하고 있을 경우, 미끄럼 比率은 $\frac{v}{y}$ 이므로 Newton의 法則에 의하여

$$\tau = \frac{F}{S} = \eta \cdot \frac{v}{y} \quad \Delta F = \eta \cdot \frac{Sv}{y} \dots\dots\dots (5)$$

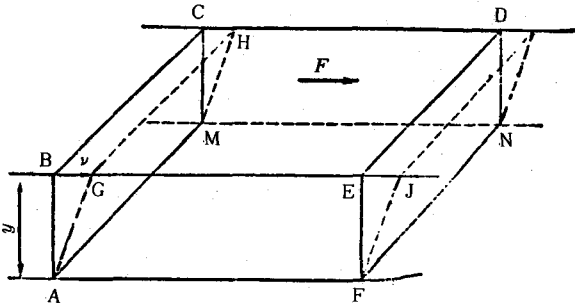


그림3 流體에 미치는 剪斷應力

2) 프와즈 (poise)의 法則

流體力學에서 이미 아는 바와 같이 Poise uille 는 毛細管 속을 흐르는 液體의 體積Q는 一定時間內에 있어서 반지름 r의 4乗과 壓力 P에 比例하고 毛細管의 길이 l 에 反比例한다고 다음 식을 유도하였다.

$$Q = \frac{\pi r^4 P t}{8 \ell \eta} \dots\dots\dots (6)$$

따라서 液體의 粘度 η는 다음 식으로 주어진다.

$$\eta = \frac{\pi r^4 P t}{8 Q \ell} \dots\dots\dots (7)$$

즉, 액체의 絶對粘度 η(poise)는 單位時間內的 液體의 流下量 Q (cm³/sec), 毛細管의 반지름 r (cm), 길이 l (cm), 毛細管의 壓力差 P (dyn/cm²)의 函數로서 구하여진다. 이 원리를 응용한 것이 오스트발트의 粘度計 (Ostwald viscometer)이고, 이 때 粘度의 密度에 대한 比가 流下速度에 比例하므로 그 比를 運動粘度 (kinematic viscosity)라 한다. 즉, 運動粘度 絶對粘度를 이것과 같은 온도의 液體의 粘度로 나눈 값을 말한다.

$$v = \frac{\eta}{\rho} \dots\dots\dots (8)$$

단, v : 運動粘度, ρ : 密度, η : 粘性係數

運動粘度는 流體力學에 있어서는 基礎的인 重要性을 가진 特性으로서, 工業的, 學術的으로도 잘 사용된다.

3) 스토크스 (Stokes)의 法則

液體속의 物體가 運動할 때 이 물체에 接着하는 液은 물체에 대하여 相對的으로 速度는 크게 된다.

1845년 Stokes는 반지름 r의 球를 一定 速度로서 液體 속에서 運動시키는데 필요한 힘을 f라 할 때, f는 다음 식으로 구하는 것을 발표하였다.

$$f = 6 \pi \gamma v \eta \dots\dots\dots (9)$$

따라서 密度 ρ_s의 球가 密度 ρ_r의 液體속을 自由 落下할 때, 처음 球는 重力때문에 加速하지만 그 후는 液體의 粘稠力과 均衡을 취하여 一定한 速度로 落下하므로 다음 관계식이 얻어져서 液體의 粘度 η를 계산할 수 있다.

$$6 \pi \gamma v \eta = \frac{\pi}{4} \gamma^2 (\rho_s - \rho_r) \cdot g$$

$$\eta = \frac{\pi \gamma^2 (\rho_s - \rho_r) g}{24 v} \dots\dots\dots (10)$$

따라서 球의 반지름 γ 및 密度 ρ_s를 알고 있을 때, 球의 落下速度 v를 측정함으로써 액체의 粘度 η를 계산할 수 있다.

이것이 Höppler의 落球式 粘度計의 原理이며, 현재 사용되고 있는 많은 粘度計는 이상 3개의 原理를 응용한 것이다.

(2) 粘度의 單位

식 (5)에서

$$\eta = \frac{\tau}{R} = \frac{Fy}{Sv} \dots\dots\dots (11)$$

따라서 “粘度는 單位面積의 평면을 이것과 단위 길이만큼 떨어진 제2의 平面에 單位速度로써 운동시키는데 필요한 힘이다.”라고 표현할 수 있다.

比例常數 η를 기름의 粘度係數, 이 常數를 CG-S 단위로 표시한 것을 絶對粘度 (g/cm²·sec)라하

고 이것을 poise로 표시하며, 보통 그 1/100 단 위인 centi-poise (cp)를 사용한다. 따라서 “poise라 함은 運動表面과 固定表面의 거리가 1cm 일 때, 面積 1cm²의 表面을 1cm/sec의 速度로서 움직이는데 필요한 힘이 1dyn이 되는 液體의 粘度를 말한다.” 따라서 poise의 單位는 dyn·sec/cm²이고, poise의 1/100을 centi-poise라 한다.

絶對粘度의 英國製單位는 Reynolds의 글자를 취하여 reyn(레인)으로 표시하는데, 1reyn=68950poise의 관계가 있다.

한편 運動粘度는 Sir George Stokes의 이름을 따라 stokes 또는 st, 또 그 1/100을 centi-stokes 또는 cst 등으로 표시되고, 그 치수는 다음과 같다.

$$\text{絶對粘度 (poise)} = \eta = \frac{\tau}{R} = \frac{ML^{-1}T^{-2}}{T^{-1}} = ML^{-1}T^{-1}$$

工業用 粘度計로서 多數 제안되고 있으나 독일에서는 Engler粘度計, 美國에서는 Saybolt粘度計, 日本과 英國에서는 Redwood粘度計, 프랑스와 스페인에서는 Borbey粘度計등이 주로 사용된다. 이것들은 모두 毛細管의 안지름을 크게 하고 길이를 짧게 하여 試料油 流下의 시간을 短縮하여 쉽게 粘度를 測定할 수 있도록 하였다. 이 粘度計들은 試料油 流下에 요하는 秒數로써 粘度를 표시하고, 간혹 그 秒數에 대한 물의 流下의 秒數와의 比로써 粘度를 표시하는 수도 있다. 이때, 이 粘度計들은 결코 絶對粘度또는 比粘度를 표시하는 것이 아니고, 어디까지나 工業用 粘度를 표시하는 것이다.

그러나 이 粘度計들은 상호관계 및 絶對粘度 또는 比粘度와의 관계에 대하여 실험상의 결과에서 계산식 또는 대조표가 만들어져 있으므로 환산할 수 있다. 이 粘度計를 사용함에 있어서 다음 사항들을 주의해야 될 것이다.

- i) 水準器를 사용하여 水平으로 놓을 것
- ii) 潤滑油 容器는 시험할 때마다 깨끗이 닦고 특히 流出口를 청결하게 할 것
- iii) 試料油에 먼지, 티끌 등의 侵入物, 異物質이 存在하지 않을 것
- iv) 試驗中の 溫度를 一定하게 維持할 것

- v) stop watch가 틀리지 않도록 精確성을 確인하여 사용할 것

[3] 粘度計의 種類

1) 세이보울트 粘度計 (saybolt viscometer)

Saybolt 粘度計에는 universal type와 furol type의 2가지가 있는데, 모두 美國에서 주로 사용된다.

(1) Saybolt universal viscometer

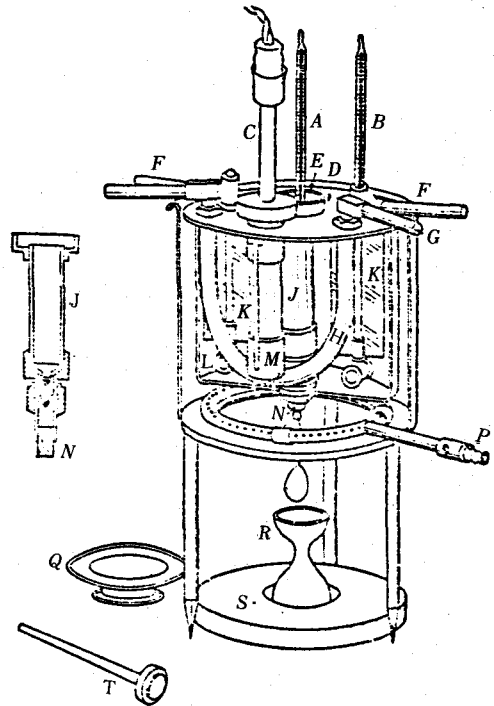


그림4 Saybolt universal viscometer

- | | |
|--------------|--------------|
| A. 試料油管 溫度計 | B. 恒溫槽 溫度計 |
| C. 電氣加熱器 | D. 移動式上蓋 |
| E. 溢流蓋 | F. 回轉移動用 軸들 |
| G. 蒸氣入口 및 出口 | H. 蒸氣 U字管 |
| J. 試料油管 | K. 攪拌機 |
| L. 恒溫槽 | M. 電氣加熱器容器 |
| N. 流下管 마개 | P. 가스 加熱器 |
| Q. 爐過用 金網 | R. 受器 (플라스크) |
| S. 基臺 | T. 試料油管 清掃機 |

Universal type는 60cc에 대하여 주로 32sec 이상의 경우에는 furol type를 사용한다.

그림 4에서 보는 바와 같이 장치전체는 금속으로 제작되어 있고, 보통 100°F (37, 38°C) 또는 210°F (98, 99°C)에 있어서 試料油가 流下하는데 필요한 시간을 측정하여 粘度로 정하고, 이것을 saybolt universal sec 또는 SUS로 표시한다. 試料油管과 受器는 그림 5에서 보는 바와 같으며, 試料油는 60cc가 필요하고 試料油 流下管의 規格은 表 2와 같다.

表 2 세이보올트 粘度計의 規格치수

部 分	最小 cm	標準 cm	最大 cm
流出管의 안지름	0.1750	0.1765	0.1780
流出管底部의 바깥지름	0.28	0.30	0.32
流出管 길이	1.215	1.225	1.235
流出管 밑에서 流出가장자리까지의 길이	12.45	12.50	12.60
溢出家장자리 위부분의 바깥지름	3.20	-	3.30
試油流下管의 지름	2.955	2.975	2.995

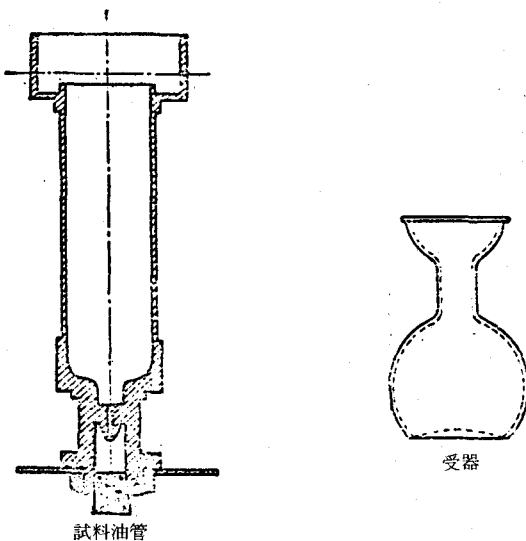


그림 5 세이보올트 粘度計의 試料油管과 受器

SUS를 運動粘度 centi-stokes로 환산하는 데는 여러가지 계산식이 提案되고 있다.

SUS가 100이하의 경우 ;

$$\nu = 0.00216S - \frac{1.83}{S} \dots\dots\dots (13)$$

$$\nu = 0.002115S - \frac{1.80}{S} \dots\dots\dots (14)$$

$$\nu = 0.00226S - \frac{1.95}{S}$$

SUS가 100이상인 경우는 ;

$$\nu = 0.00220S - \frac{1.35}{S} \dots\dots\dots (15)$$

SUS가 5000이상의 경우 ;

$$\nu = 0.002042S + 0.40 \dots\dots\dots (16)$$

그러나 J.L. Taylor는 運動粘度를 η_k SUS를

T로 표시하여 다음 식을 발표하였다.

$$\eta_k = \frac{T}{10} \times k^{(1-\frac{a}{T^n})} \quad (k, a, n \text{은 常數}) \dots\dots\dots (17)$$

한편 McCluer는 다음 식을 발표하였다.

$$\eta_k = \frac{T}{10} \times 2.16 \left(1 - \frac{35600}{T^{2.87}}\right) \dots\dots\dots (18)$$

(2) Saybolt furol viscometer

燃料등과 같이 특히 高粘度 潤滑油의 粘度를 측정하는데 사용되고, 試料油 60cc를 universal type보다 약 10배의 流速으로 流下할 수 있도록 流下管孔을 크게 한 것으로 그 구조는 universal type와 같다. 그 粘度는 saybolt furol second (SFS)로 표시하고, 同一 試料油에 대하여 SUS의 약 1/10에 相當한다. 이것을 運動粘度 stokes로 환산하면 다음 식이 성립한다.

$$\left. \begin{aligned} \text{SFS } 25\sim 40 \text{의 경우 : } \nu &= 0.0224F - \frac{1.84}{F} \\ \text{SFS } 40 \text{이상의 경우 : } \nu &= 0.0216F - \frac{0.56}{F} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (19)$$

2) 레드우드 粘度計 (Redwood viscometer)

Redwood 粘度計는 1號型 (Redwood No. 1 viscometer or Redwood standard viscometer)의 두 가지 型이 있다.

(1) Redwood standard viscometer

日本과 英國에서 주로 사용되고 Redwood No. 1 viscometer라고도 하며, 試料油를 一定 溫度로 유지하면서 50cc가 流出하는데 필요한 秒數를 測定하여 그 온도에 있어서의 Redwood sec라 부르고 있다.

즉 그림 6에서 試料油는 攪拌機 L 및 溫度計 T를 장치한 油浴 J중에 支持되어 있는 容器 E속에서 浸入되어 있고, 流出孔 D는 窒쇠로 만든 小球로써 닫혀져 있으며, 그 온도는 온도계 T로 측정된다.

그림중 H는 攪拌機 L을 회전시키는 핸들이고 試料油 容器에는 標識 F가 있다. 試料油 50cc가 流出하는데 필요한 시간을 Redwood standard sec 또는 RSS라 한다.

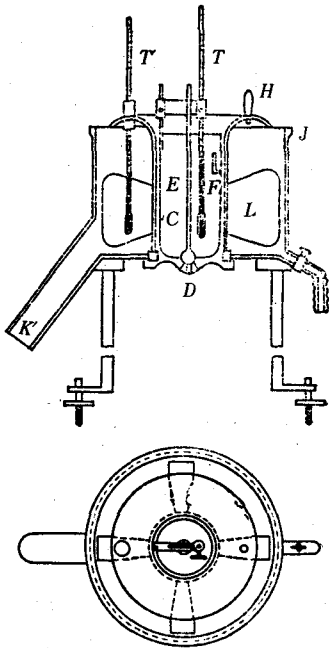


그림6 Redwood standard

RSS를 運動粘度 stokes로 환산하려면 表를 사용하거나 다음 식으로 계산한다.

34~100RSS의 경우 :

$$v = 0.00260T - \frac{1.79}{T} \dots\dots\dots(20)$$

100RSS 이상의 경우 :

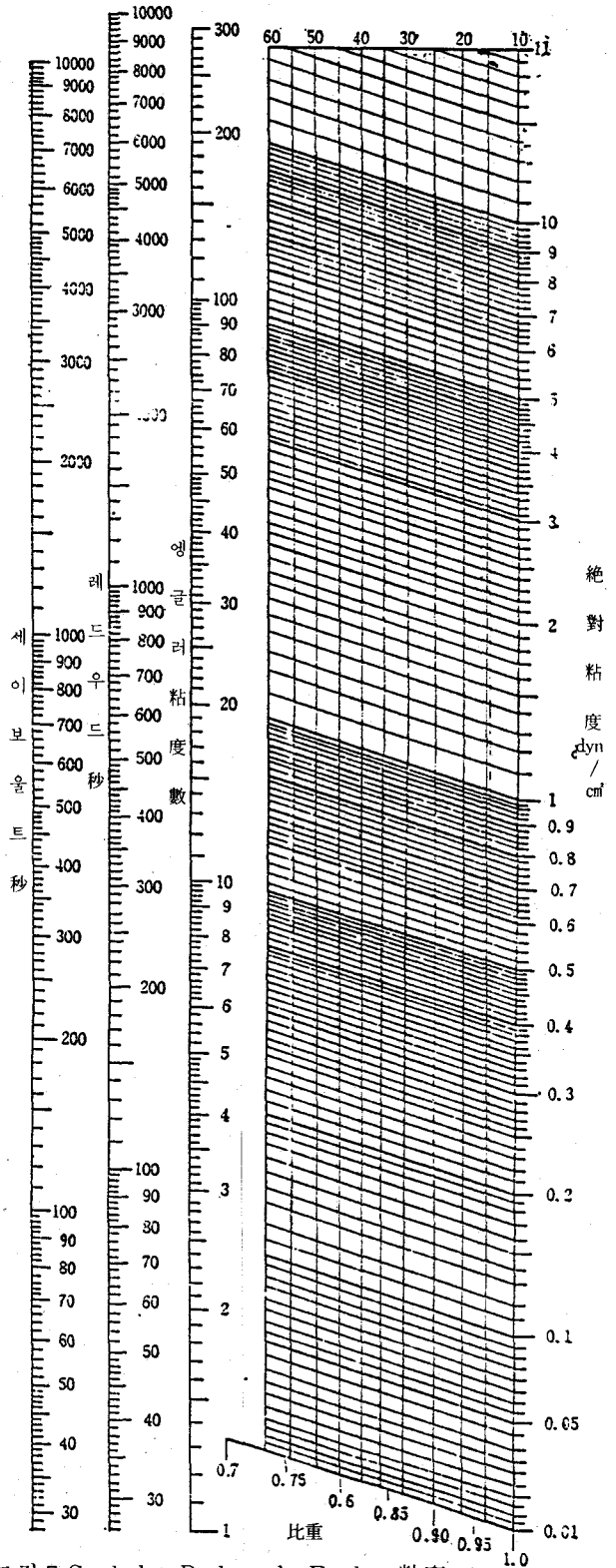


그림7 Saybolt, Redwood, Engler 粘度 (絕對粘度換算表)

$$\nu = 0.00247T - \frac{1.5}{T} \dots\dots\dots(21)$$

(2) Redwood admiralty viscometer

이것은 Redwood No. 2 viscometer라고도 하며, 粘度가 높은 물질에 사용하기 때문에 流出孔을 약간 크게 설계하여 同粘度油에 대해서 약 1/10의 速度로서 流下하도록 한 것으로, 그 구조는 No. 1型和 같다.

이것으로 측정된 粘度는 Redwood admiralty sec (RAS)로 표시하며, 이것을 運動粘度로 환산하는 데는 다음과 같은 식이 있다.

$$32.9 \sim 90RAS \text{의 경우} : \nu = 0.02458T - \frac{1.0}{T} \dots\dots\dots(22)$$

$$90RAS \text{이상의 경우} : \nu = 0.0247T \dots\dots\dots(23)$$

또 Saybolt, Redwood, Engler 粘度, 絕對粘度의 相互換算을 위하여 H. G. Nevitt는 다음 그림 7과 같은 圖表를 발표하였다.

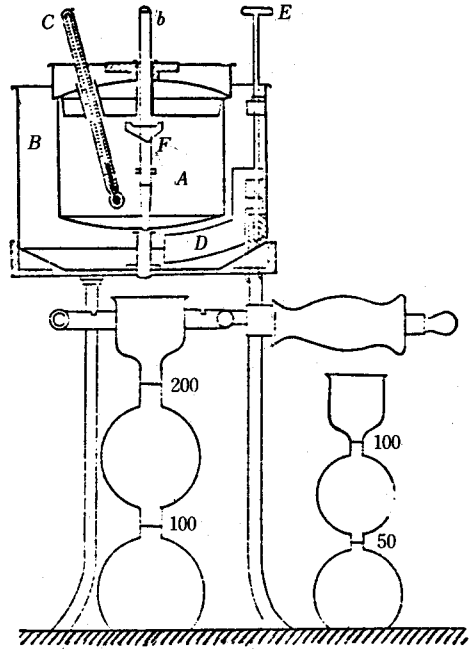


그림8 Engler viscometer

3) 앵글러粘度計 (Engler viscometer)

이것은 주로 西獨에서 사용되며, 그림 8에서 보는 바와 같이 試油容器 A는 攪拌機D에 의하여 교반되고 있는 油浴B속에 固定되어 있고 溫度計C, 나무 밸브 b를 가지고 있는 뚜껑에 의하여 측정 중의 熱의 발산을 방지한다. 그리고 油浴B에도 溫度計를 삽입하나 그림에는 圖示되어 있지 않다.

그 주요 부분의 標準規格은 다음과 같다.

- 流出孔 上端의 안지름 $2.9 \pm 0.02\text{mm}$
- 流出孔 下端의 안지름 $2.8 \pm 0.02\text{mm}$
- 流出孔 下端의 바깥지름 $4.5 \pm 0.02\text{mm}$
- 流出孔의 길이 $20 \pm 0.1\text{mm}$
- 試油容器的 안지름 $100 \pm 0.1\text{mm}$
- 標識 F의 試油容器的 길이 $25 \pm 0.1\text{mm}$

이것에 68°F (20°C)의 물을 충만시킬 때의 容量 240cc로서 受器에는 100cc와 200cc의 2개가 있으나 보통 200cc의 受器를 사용하며, 68°F (20°C)의 물 200cc가 流下하는데 필요한 時間은 정확하게 51.3sec에 달할 것이다. Engler 粘度는 어느 온도에서 試料油 200cc가 流下하는데 필요한 時間, 예를 들면 a sec의 경우에는 a/51.3로

표시되고, Engler 粘度 °E와 運動粘度 stokes는 表에서 환산하든지 다음 식으로 계산된다.

$$1.35 \sim 3.2^\circ E \text{의 경우} : \nu = 0.08 \times E - \frac{0.0864}{E} \dots\dots\dots(24)$$

$$3.2^\circ E \text{이상의 경우} : \nu = 0.076 \times E - \frac{0.04}{E} \dots\dots\dots(25)$$

4) 기타 粘度計

粘度計는 앞에서 논술한 것 외에 Torsional viscometer, 落球式 粘度計, Ubbelohde 粘度計 등이 있다. Torsional viscometer는 同心의 두 圓筒 사이에 試料油를 넣어 한쪽 圓筒을 일정한 角速度로서 回轉시킬 때, 다른 쪽 圓筒에 試料油의 粘度에 의해 회전하려고 하는 偶力이 나타나는데, 이 때 생기는 偶力을 피아노線에 전달하여 피아노線의 비틀림角의 大小에 의하여 絕對粘度를 측정하는 것이다. 그리고 落球式粘度計는 試料油 속을 一定容積, 一定重量의 鋼球가 落下하는 時間을 측정하여 流體의 粘度를 측정하는 것이다.

그림 9에서 보는 Ostwald viscometer와 그림 10에서 보는 Ubbelohde viscometer는 모두 stokes의 原理를 응용한 것으로서, 毛細管에서 流

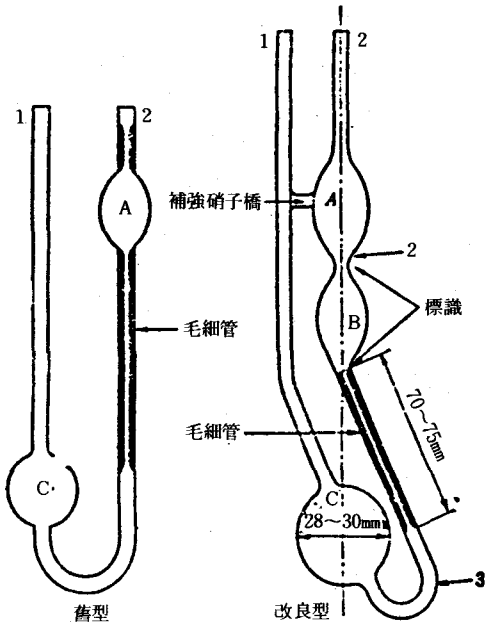


그림9 Ostwald viscometer

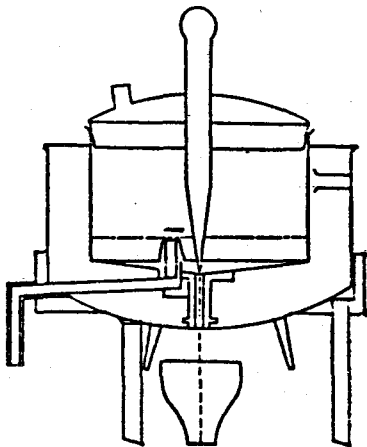


그림10 Ubbelohde viscometer

表3 modified Ostwald viscometer의 規格

粘度計	毛細管의 지름 (mm)	流下時間 (sec)	centi-stokes	SUS
No. 50	0.40~0.45	300~1500	0.8~3	-
No. 100	0.60~0.65	200~700	3~10	35~60
No. 200	0.97~1.03	100~700	10~70	60~325
No. 300	1.20~1.30	100~700	25~175	120~800
No. 400	1.80~1.90	100~700	120~850	550~4000
No. 500	2.70~2.90	100~700	800~1600	3600~25000

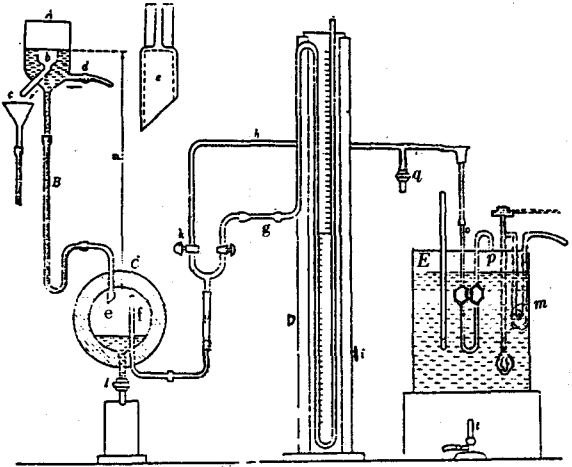


그림11 Ubbelohde粘度計의 使用法

表4 各種 粘度計의 比較

粘度計	粘度表示法	必要 試油量	測定 時間	流出 流量	測定 精度
Ostwald viscometer	動粘度 (stokes)	약 10cc	약 30분	-	약 0.1%
Redwood No.1 viscometer	Redwood sec (RIS)	200cc 이상	약 1시간	50cc	약 0.5%
Redwood No.2 viscometer	Redwood sec (RIS)	200cc 이상	약 1시간	50cc	약 0.5%
Saybolt universal viscometer	Saybolt sec (SUS)	100cc 이상	약 1시간	60cc	약 0.5%
Saybolt furol viscometer	Saybolt sec (SFS)	100cc 이상	약 1시간	60cc	약 0.5%
Engler furol viscometer	Engler degree (°E)	400cc 이상	약 1시간	200cc	약 0.5%

註: 測定精密도는 同一人, 同一裝置에 의하여 거듭 반복하였을 경우의 許容誤差이다.

下時間을 측정하여 液體의 粘度를 정하는 것이다.

表3은 modified Ostwald viscometer의 測定 粘度범위와 毛細管의 지름과의 關係表이고 表4는 각종 粘度計를 비교한 것이다. (다음호에 계속)