

問：

新年快樂。

我想在新年初向您請教有關密閉型減速器的潤滑油的選用。

密閉型減速機使用黏度較高的 # 320 潤滑油，由於黏度高且具有較高的阻力，因此在攪拌下溫度比較容易升高，但是齒輪箱內在與外殼之間容易形成溫度邊界層，使熱量難以散發到外部。

相反地，如果使用黏度較低的潤滑油時，則上述的問題得以緩解，但是油膜卻變得強度（剪力）不足。

如何找到最佳的平衡點？

感恩

答：

新年快樂，更感謝您的提問。

站在操作者的立場，應以察看齒輪減速機的說明書，或是詢問齒輪減速機的製造廠商對於潤滑油的推薦方為上策。

而站在齒輪的立場，我們認為齒輪的潤滑，必須先以**油膜的強度**，也就是**油性 (oilness)**，為優先考量，齒輪箱的溫度則為其次。當然若能兼顧則更佳！

當然，如果對潤滑理論有興趣，也可以從潤滑油品選用的設計角度切入，一步一步地從潤滑油品的黏度**黏度 (viscosity)** 探討起，之後再進入油性、抗熔着性、.....等，各種潤滑油特性的計算。

流體受到剪應力變形或拉伸應力時所產生的抵抗（阻力）是為黏滯力（viscosity）。通常，對黏滯力的敘述稱之為黏度（viscosity）。

潤滑油品常見的黏度種類有：

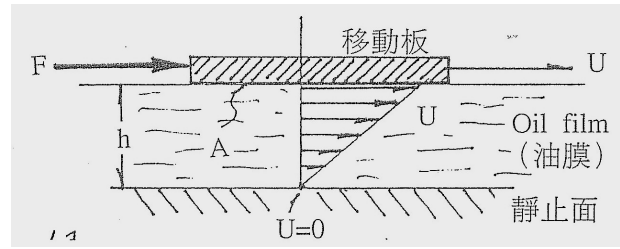
理論黏度，絕對黏度，動力黏度，工業、商業上用黏度，ISO 黏度等。

◎**理論黏度 (theoretical viscosity) η_0 :**

F = 油膜所受之剪力 (kgf)

h = Oil film (m)

$$\begin{aligned} \tau &= \text{油膜所受之流體剪應力} \\ &= F / A \quad (\text{kgf} / \text{m}^2) \\ U &= \text{移動速率} \quad (\text{m} / \text{s}) \\ A &= \text{接觸面積} \quad (\text{m}^2) \end{aligned}$$



由牛頓 (Isaac Newton) 的實驗 .

指出當流體的剪應力(τ)與其應變速率(U)在垂直剪應力方向的梯度(U / h)成正比的流體稱為牛頓流體。此比例係數 (η_0) 則稱為流體的黏度，即：

$$\begin{aligned} \tau &\propto U / h \quad \therefore \tau = \eta_0 (U / h) \\ \eta_0 &= \text{理論黏度} = \text{比例係數} = \text{油的抗剪特性常數} \\ \text{又} \cdot \tau &= F / A = \eta_0 (U / h) \\ \eta_0 &= (\tau \cdot h) / U = (F \cdot h) / (A \cdot U) \quad \text{kgf} \cdot \text{s} / \text{m}^2 \\ &= 98.0665 \cdot \eta \end{aligned}$$

◎絕對黏度 (absolute viscosity · dynamic viscosity) η :

$$\begin{aligned} \eta &= 0.010197 \times \eta_0 = \eta_0 / 98.0665 \quad \text{poise (泊 · 發音 : /' pwa: z/)} \\ \eta' &= 100 \times \eta \quad \text{centi-poise} \end{aligned}$$

◎動力黏度 (kinematic viscosity) ν :

$$\begin{aligned} \nu &= \eta / r \quad r = \text{油料之比重} \\ \nu &= \eta / r \text{ -----Stokes (cm}^2 / \text{s)} \\ \nu' &= 100 \times \nu \text{ ---centi-Stokes 代號 (cSt) 常用，是 Stokes 的 1/ 100} \end{aligned}$$

絕對黏度與動力黏度的關係：

絕對黏度 η absolute viscosity	Poise η (dyne·s / cm ² 或 gr / cm·s)	centi-poise $\eta' = 100 \times \eta$
動力黏度 ν kinematic viscosity	Stokes ν (cm ² / s)	centi-Stokes $\nu' = 100 \times \nu$
兩者之關係	$\eta = \nu \cdot r$	$\eta' = \nu' \cdot r$

◎工業、商業上用黏度：

工業上常用黏度：

賽氏黏度：(Saybolt Universal Second · SUS · SSU · SUV) 單位為秒

有二種：SUS / at 100°F SUS / at 210°F

雷氏黏度：(Redwood No.1 Second · RS) 單位為秒

有二種：RS / at 100°F RS / at 210°F

恩氏黏度：(Engler Degree · ED)

有二種：ED / at 100°F ED / at 210°F

商業上黏度號數

美國汽車工程協會：SAE No.：SAE 10 · 10W · 20 · 30 等

美國齒輪製造協會：AGMA No.：No.1 · 2 · 3 · 4 · ... · 9 等

◎ISO 黏度：就是動力黏度 (Stokes · centi-Stokes)

ISO 黏度原則上採用動力黏度為黏度：cSt / at 100°F (40°C)

(例) ISO VG 320 ----- 320 cSt / 40°C

ISO VG 1000 ----- 1000 cSt / 40°C

◎各黏度間之對照：

SAE 號數	Saybolt Uni vasal second (SUS)		Kinematic Cen tistokes(cSt)		Redwood, No.1 Second(R.S.)		Engler Degree (E.D.)	
	100°F	210°F	100°F	210°F	100°F	210°F	100°F	210°F
SAE 10	150-250	40-45	32-54	4.2-5.7	132-221	37-41	4.3-7.1	1.3-1.5
SAE 20	250-400	45-58	54-87	5.7-9.6	221-340	41-52	7.1-11.9	1.5-1.8
SAE 30	400-600	58-70	87-130	9.6-13.0	340-532	52-62	11.9-17.1	1.8-2.1
SAE 40	600-850	70-85	130-185	13.0-16.8	532-750	62-75	17.1-24.5	2.1-2.5
SAE 50	850-1500	85-110	185-325	16.8-22.7	750-1320	75-98	24.5-43	2.5-3.2
SAE 60	1500-2000	110-125	325-430	22.7-26.2	1320-1760	98-111	43-57	3.2-3.8
SAE 70	2000-4000	125-150	430-570	26.2-31.8	1760-3500	111-134	57-115	3.8-4.3

SUS/100°F	180-240	280-360	440-700	700-1000	--	--	--	--	--
SUS/210°F	--	--	--	--	80-105	105-125	125-150	150-190	350-550
SAE 引擎油號數	10 10W	20 20W	30	40	50	60	70	--	--
SAE 齒輪油號數	--	80	80	--	90	90	140	140	250
AGMA 齒輪油號數	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9

基本上，理想潤滑 (ideal lubrication · perfect lubrication) 常以代表油性的無單位數值 ($\eta_0 \cdot u / p$) 來探討。

油性之討論常使用無單位之數值 (dimensionless number) : ($\eta_0 \cdot u / p$)

($\eta_0 \cdot u / p$) = oilness 值 (油的特性 · 數值越大越好)

= 也可稱為潤滑指數 (lubrication index)

η_0 = 理論黏度 (kgf·s / m)

u = 齒面之滑動或擦動速度 (sliding speed · m/s)

= ($U_1 + U_2$) / 2

U = ($r_g \cdot \tan \alpha_0$) · ω

r_g = 基圓半徑 = ($m \cdot z / 2$) $\cos \alpha_0$ (mm)

ω = 齒輪轉速 = $2\pi n / 60$ (rad / s)

n = rpm

p = 齒面上單位長度之負荷 = F_n / b (kgf/m)

F_n = 齒面法向接觸力 (normal contact force) (kgf)

= $F_t / (\cos \alpha_n \times \cos \beta)$

F_t = 齒輪切線力 = $1432400 \times \text{HP} / N \cdot d_{01}$ (kgf)

d_{01} = $m \times z_1$ = 小齒輪之節徑 (mm)

N = 小齒輪轉數 (rpm)

m = 齒輪模數 (mm)

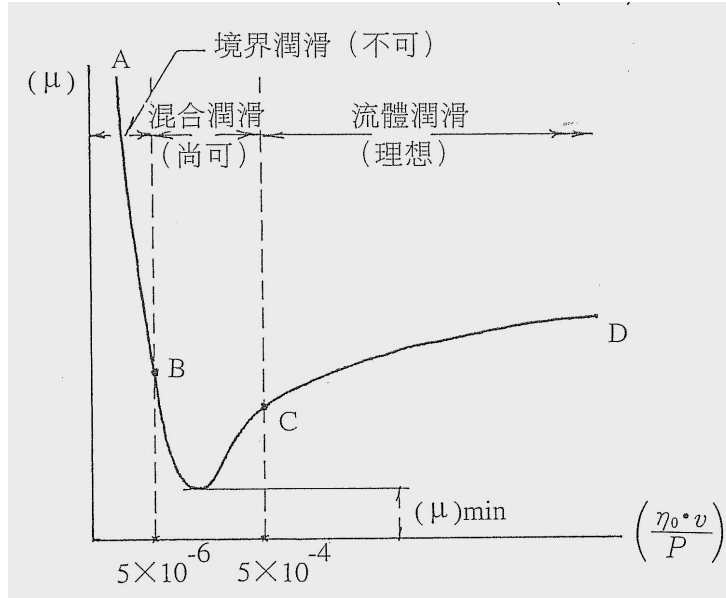
b = 齒幅 (m)

A - B : $(\eta_0 \cdot u / p) < 5 \times 10^{-6}$ (境界潤滑 · 不要使用)

B - C : $(\eta_0 \cdot u / p) \text{ --- 在 } 5 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-4} \text{ 之間}$ (混和潤滑 · 尚可使用)

C - D : $(\eta_0 \cdot u / p) > 5 \times 10^{-4}$ (流體潤滑 · 理想)

如下圖 :



除油性之外 · 對於潤滑油的選用 (設計) · 我們還要考慮潤滑油的

抗孔蝕特性 (anti-pitting property)

抗熔蝕特性 (anti-scoring property)

黏度安定性 (viscosity stability · temperature stability)

抗乳化性 (anti-emulsion property)

抗發泡性 (anti-foaming property)

化學安定性 (chemical stability) · 等

.....

如果對上述實際的計算步驟、齒輪箱的溫度、齒輪潤滑法 · 想要有更一步的瞭解 · 敬請參閱本公司 「齒輪技術 FAQ」中 : 「[材料與潤滑篇](#)」的

[潤滑概說](https://amx.com.tw/blog.php?mode=parts&no=339) (<https://amx.com.tw/blog.php?mode=parts&no=339>)

[齒輪的潤滑](https://amx.com.tw/blog.php?mode=parts&no=337) (<https://amx.com.tw/blog.php?mode=parts&no=337>)

除了商用上的一些標準潤滑油品外 · 還有一些可以提供油品訂製的專業潤滑

油廠商。他們擁有專業的 KNOW HOW，藉著對**基底油**及**油品添加物**專精的瞭解，可調配出專屬性能的潤滑油品。

此外，自行以數種潤滑油品的混搭 (blend)，也可以找到油性 (黏度) 夠又兼有流動性的合適潤滑油，但是這種混搭的潤滑油，必須佐以黏度等實驗與實際的使用驗證，才能得以實用。

以上說明，謝謝