

〔技術計算〕 滾珠螺桿的選定方法 3

◎技術計算軟體http://download.misumi.jp/mol/fa_soft.html (日文網站) 可以將複雜的計算簡單化。

6. 壽命

滾珠的轉動面,或是滾珠等因反覆的應力造成疲勞導致發生剝離現象為止的總旋轉數、時間和距離稱之為滾珠螺桿的壽命。滾珠螺桿的壽命可由基本動態額定荷重算出,由以下公式計算。

6-1. 壽命時間(Lh)

$$L_h = \frac{10^6}{60N_m} \left(\frac{C}{P_m f_w} \right)^3 \text{ (小時)}$$

說明如下

Lh: 壽命時間(小時)
C: 基本動態額定荷重(N)
Pm: 軸向平均荷重(N)
Nm: 平均轉速(min⁻¹)
fw: 運轉係數

| | |
|-------|----------------|
| 無衝擊運轉 | fw = 1.0 ~ 1.2 |
| 正常運轉 | fw = 1.2 ~ 1.5 |
| 有衝擊運轉 | fw = 1.5 ~ 2.0 |

●基本動態額定荷重:C

基本動態額定荷重(C),是指一群相同的滾珠螺桿在相同條件下分別運轉,在旋轉100萬次(10⁶)後,其中的90%不會發生剝離時所施加的軸向荷重。基本動態額定荷重請參照各商品型錄內容。

*將壽命時間設定的比實際所需長時,不僅需要較大之滾珠螺桿,價格也隨之提高。一般而言,以下為壽命時間的標準。

工作機械: 20000小時 自動控制配件: 15000小時
產業機械: 10000小時 測量裝置: 15000小時

*滿足所設定壽命時間的基本動態額定荷重之計算公式如下。

$$C = \left(\frac{60L_h N_m}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} P_m f_w (N)$$

6-2. 軸向荷重

施加於螺桿軸上的軸向荷重,在加速、定速、減速時等各個運轉模式下皆不相同,可由以下公式計算。

一軸向荷重的計算式—

定速時... 軸向荷重(Pb) = μWg
加速時... 軸向荷重(Pa) = Wa + μWg
減速時... 軸向荷重(Pc) = Wa - μWg

*垂直安裝時請將「μ」拿掉再計算。

μ: 直動導軌摩擦係數(線性滑軌時為0.02)
W: 移動體質量N
g: 重力加速度9.8m/s²
a: 加速度(*)

(*) 加速度(a) = (Vmax/t) × 10⁻³
Vmax: 快速進給速度mm/s
t: 加減速時間s

6-3. 軸向平均荷重與平均轉速的計算方式

軸向平均荷重與平均轉速可由各運轉模式的運轉時間比例計算出。如同表1的運轉模式時,可由公式2計算軸向平均荷重與平均轉速。

【表1.運轉模式例】 (t1+t2+t3=100%)

| 運轉模式 | 軸向荷重 | 轉速 | 使用時間比例 |
|------|------|---------------------|--------|
| A | P1N | N1min ⁻¹ | t1% |
| B | P2N | N2min ⁻¹ | t2% |
| C | P3N | N3min ⁻¹ | t3% |

【公式2.軸向平均荷重的算式】

$$P_m = \left(\frac{P_1^3 N_1 t_1 + P_2^3 N_2 t_2 + P_3^3 N_3 t_3}{N_1 t_1 + N_2 t_2 + N_3 t_3} \right)^{\frac{1}{3}} (N)$$

$$N_m = \frac{N_1 t_1 + N_2 t_2 + N_3 t_3}{t_1 + t_2 + t_3} \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

以工具機的角度來說的話,最大荷重(P1)為「進行最大切削時的荷重」,常用荷重(P2)為「一般切削狀態的荷重」,最小荷重(P3)為「切削前切削工具的進給、切削後工具的退後時的荷重」。

壽命時間的計算範例

<使用條件>

· 滾珠螺桿型式 BSS1520 (φ15 導程5)
· 軸向平均荷重Pm 250N
· 平均轉速 Nm 2118 (min⁻¹)
· 運轉係數fw 1.2

<計算內容>

因為BSS1520的基本動態額定荷重C為4400N。

$$L_h = \frac{10^6}{60 \times 2118} \left(\frac{4400}{250 \times 1.2} \right)^3 = 24824 \text{ (hr)}$$

因此,壽命時間為24824小時。

軸向平均荷重與平均轉速的計算範例

<使用條件>

| 運轉模式 | 軸向荷重 | 轉速 | 時間比例 |
|------|------|-----------------------|-------|
| A | 343N | 1500min ⁻¹ | 29.4% |
| B | 10N | 3000min ⁻¹ | 41.2% |
| C | 324N | 1500min ⁻¹ | 29.4% |

<計算內容>

①軸向平均荷重

$$P_m = \left(\frac{343^3 \times 1500 \times 0.294 + 10^3 \times 3000 \times 0.412 + 324^3 \times 1500 \times 0.294}{1500 \times 0.294 + 3000 \times 0.412 + 1500 \times 0.294} \right)^{\frac{1}{3}} = 250 (N)$$

因此,軸向平均荷重Pm為250N。

②平均轉速

$$N_m = \left(\frac{1500 \times 0.294 + 3000 \times 0.412 + 1500 \times 0.294}{0.294 + 0.412 + 0.294} \right) = 2118 \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

因此,平均轉速Nm為2118min⁻¹。

7. 螺桿軸的安裝方法

安裝滾珠螺桿的代表性方法如下所示。

| 安裝方法 | 適用範例 |
|------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> 一般的安裝方式 中速旋轉~高速旋轉 中精密度~高精密度 支撐組件選擇標準型BRW·BUR。 |
| | <ul style="list-style-type: none"> 中速旋轉 高精密度 支撐組件選擇標準型BRW。 |
| | <ul style="list-style-type: none"> 低速旋轉 軸長較短時 中精密度 支撐組件選擇經濟型BRWE。 |

8. 溫度與壽命

滾珠螺桿長時間於100°C以上或是短時間的高溫下使用時,材料的組織會產生變化,基本動態額定荷重、基本靜態額定荷重會隨溫度上升而降低。但是在100°C以下運轉時則不受影響。使用於100°C以上的場合時,基本動態額定荷重C^{*}、基本靜態額定荷重Co^{*}與各自的溫度係數的關係ft,ft^{*}如下列公式所示。

$$C^* = ft C (N)$$

$$Co^* = ft^* Co (N)$$

| 溫度°C | 100以下 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 350 |
|-----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| ft | 1.0 | 0.95 | 0.90 | 0.85 | 0.75 | 0.65 | 0.60 | 0.50 |
| ft [*] | 1.0 | 0.93 | 0.85 | 0.78 | 0.65 | 0.52 | 0.46 | 0.35 |

◎一般請於-20~80°C以內使用。高溫使用時請變更為耐熱用潤滑油或是確認各組成零件的耐熱溫度。

9. 剛性

為了提升精密機械、裝置的定位精度、控制時的反應速度時,需考慮進給系統相關各零件的剛性。進給系統的剛性(K)由以下公式計算。

$$K = \frac{P}{\delta} \text{ (N/}\mu\text{m)}$$

說明如下

P: 施加於進給系統的軸向荷重(daN)
δ: 進給系統的軸向彈性變位(μm)

另外,進給系統的剛性與各構成零件剛性間的關係如下列公式所示。

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_e} + \frac{1}{K_n} + \frac{1}{K_b} + \frac{1}{K_h}$$

說明如下

Ke: 螺桿軸的拉伸、壓縮剛性
Kn: 螺帽的剛性
Kb: 支撐軸承的剛性
Kh: 螺帽安裝部及軸承安裝部的剛性

●螺桿軸的拉伸、壓縮剛性:Ke

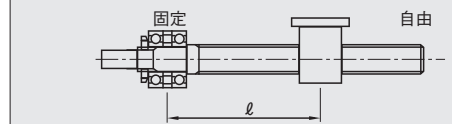
$$K_e = \frac{P}{\delta_e} \text{ (N/}\mu\text{m)}$$

說明如下

P: 軸向荷重(N)
δe: 螺桿軸的伸長或收縮量(μm)

螺桿軸承受軸向外部荷重時,軸方向的伸縮量由下列公式表示。此時軸方向的伸縮量以滾珠螺桿的間隙呈現。

①固定-自由(支撐方法)時

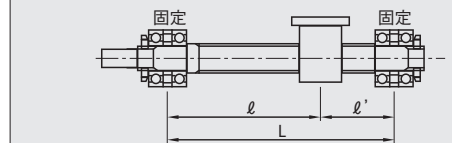


$$\delta_e = \frac{4Pl}{E\pi d^2} \times 10^3 \text{ (}\mu\text{m)}$$

說明如下

P: 軸向荷重(N)
E: 楊氏係數(2.06×10⁴N/mm²)
d: 螺桿軸谷徑(mm)
l: 荷重作用點間距離(mm)

②固定-固定(支撐方法)時



$$\delta_e = \frac{4Pl'l}{E\pi d^2 L} \times 10^3 \text{ (}\mu\text{m)}$$

說明如下

P: 軸向荷重(N)
E: 楊氏係數(2.06×10⁴N/mm²)
d: 螺桿軸谷徑(mm)
l、l': 荷重作用點間距離(mm)
L: 安裝間距離(mm)

公式中l=l' = L/2 時為最大。

$$\left(\delta_e = \frac{PL}{E\pi d^2} \times 10^3 \right)$$

因此,以固定-固定的方式支撐時,螺桿軸的最大伸縮量為固定-自由的1/4倍。