

[Calculs techniques] Calcul de la durée de vie des systèmes linéaires 1

■ Charge admissible

•Capacité de charge dynamique de base (C)

La capacité de charge dynamique de base est une charge constante appliquée dans une direction constante et permettant à chaque système linéaire de la même série de parcourir 50x10³m dans les mêmes conditions, sans que 90% du matériau ne subisse de fatigue liée au roulement.

•Capacité de charge statique de base (Co)

La capacité de charge statique de base correspond à la charge statique exercée sur les pièces de contact sous une contrainte maximale, pour laquelle la somme des déformations permanentes subies par l'élément roulant et la surface de contact de roulement est égale à 0.0001 fois le diamètre de l'élément de roulement.

•Moment statique admissible (Mp, Mr, Mn)

Le moment statique admissible est une charge de moment statique critique agissant sur un système pendant le moment de charge. Il est défini en tenant compte de la déformation permanente, comme dans la capacité de charge statique de base Co.

•Facteur de sécurité statique (fs)

Les facteurs de sécurité statiques sont indiqués dans le Tableau 1. Lorsqu'un système linéaire est immobile ou se déplace lentement, la capacité de charge statique de base Co doit être divisée par fs, en fonction des conditions d'utilisation.

Tableau 1 - Facteur de sécurité statique (limite inférieure de fs)

| Conditions d'utilisation | Limite inférieure de fs |
|--|-------------------------|
| Dans des conditions normales de fonctionnement | 1~2 |
| Lorsqu'un déplacement en douceur est requis | 2~4 |
| Soumis à des vibrations et des chocs | 3~5 |

Charge admissible (N) ≤ Co/fs

Moment admissible (N-m) ≤ (Mp, Mr, Mn)/fs

fs : facteur de sécurité statique Co : charge statique de base (N)

Mp, Mr, Mn : moment statique admissible (N-m)

■ Durée de vie

Lorsqu'une charge est appliquée sur un système linéaire, celui-ci recule et avance de manière linéaire. Au cours de ce processus, une contrainte répétée s'exerce sur les éléments et surfaces de roulement, entraînant un effritement dû à la fatigue du matériau.

La durée de vie d'un système linéaire est mesurée en termes de distance totale de déplacement parcourue par le système jusqu'à ce qu'un effritement se produise.

•Durée de vie nominale (L)

La durée de vie nominale est égale à la distance totale de déplacement parcourue par chaque système linéaire de même série dans les mêmes conditions, en l'absence d'effritement dans 90% du système.

La durée de vie nominale peut être obtenue à partir de la capacité de charge dynamique de base et des différentes charges appliquées sur le système linéaire.

$$\text{Pour les butées à billes } L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot 50$$

$$\text{Pour les roulements à rouleaux } L = \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3} \cdot 50$$

L : durée de vie nominale (km)

C : capacité de charge dynamique de base (N)

P : charge active (N)

Lors de l'utilisation d'un système linéaire, il convient en premier lieu de calculer la charge. La charge doit également être définie en termes de vibrations et de chocs survenant pendant le fonctionnement du système, ainsi que du point de vue de sa répartition sur tout le système linéaire lorsqu'elle avance et recule de manière linéaire. Ces calculs sont complexes. La température de fonctionnement a également une incidence importante sur la durée de vie. Lorsque ces paramètres sont pris en compte, la formule ci-dessus est transformée comme suit :

$$\text{Pour les butées à billes } L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C}{f_W} \cdot \frac{C}{P}\right)^3 \cdot 50$$

$$\text{Pour les roulements à rouleaux } L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C}{f_W} \cdot \frac{C}{P}\right)^{10/3} \cdot 50$$

L : durée de vie nominale (km)

f_H : coefficient de dureté (se reporter à la fig. 1)

C : capacité de charge dynamique de base (N)

f_T : coefficient de température (se reporter à la fig. 2)

P : charge active (N)

f_C : coefficient de contact (voir Tableau 3)

f_W : coefficient de charge (voir Tableau 4)

La durée de vie peut être calculée en nombre d'heures en déterminant la distance parcourue par unité de temps. Pour ce faire, utiliser la formule suivante, pour laquelle la longueur et les cycles de course sont supposés constants.

$$L_h = \frac{L \cdot 10^3}{2 \cdot \ell_s \cdot n_1 \cdot 60}$$

L_h : durée de vie en heures (h)

ℓ_s : longueur de course (m)

L : durée de vie nominale (km)

n₁ : nombre de mouvements alternatifs par minute (cycle/min)

■ Résistance au frottement et poussée requise

La résistance au frottement (poussée requise) peut être obtenue à l'aide de la formule suivante, à partir de la charge et de la résistance d'étanchéité spécifiées par le système.

$$F = \mu \cdot W + f$$

F : résistance au frottement (N)

μ : coefficient de frottement dynamique

W : poids chargé

f : résistance d'étanchéité (2N~5N)

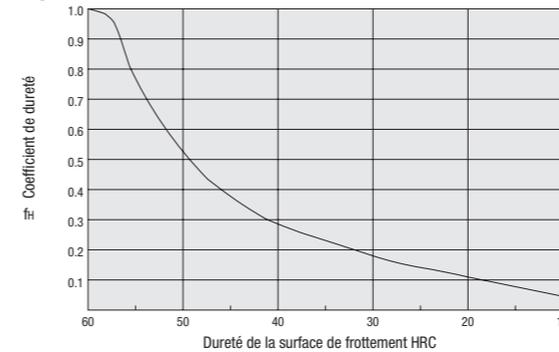
Tableau 2 - Coefficient de frottement dynamique

| Type | Coefficient de frottement dynamique (μ) |
|---|---|
| Guides à glissières miniatures | 0.004~0.006 |
| Guides à glissières pour charge moyenne | 0.002~0.003 |
| Glissières | 0.001~0.003 |
| Tables coulissantes | 0.001~0.003 |
| Manchons linéaires | 0.002~0.003 |
| Manchons linéaires à billes | 0.0006~0.0012 |

•Coefficient de dureté (f_H)

Dans un système linéaire, l'arbre doit être suffisamment dur pour résister au contact avec les roulements à billes. Si la dureté n'est pas suffisante, la charge admissible peut diminuer, réduisant par là-même la durée de vie. Compenser la durée de vie nominale par le coefficient de dureté.

Fig. 1 - Coefficient de dureté



•Coefficient de contact (f_C)

En règle générale, au moins deux systèmes linéaires sont utilisés avec chaque arbre. En fonction de la précision d'usinage, la charge exercée respectivement sur chaque système peut varier. Dans ce cas, la charge appliquée sur chaque système linéaire varie en fonction de la précision d'usinage ; elle ne peut donc pas être appliquée de manière uniforme. Par conséquent, la charge admissible par système linéaire varie en fonction du nombre de systèmes linéaires présents sur un seul axe. Compenser la durée de vie nominale par le coefficient de contact indiqué dans le Tableau 2.

•Coefficient de charge (f_W)

Lors du calcul de la charge appliquée sur un système linéaire, il est nécessaire d'utiliser des données précises en ce qui concerne le poids du matériau, la force d'inertie de la vitesse de fonctionnement, le moment de charge, les différents changements survenant au fil du temps, etc. Il est cependant difficile d'obtenir un calcul précis du mouvement oscillant étant donné qu'il faut prendre en compte, en plus de la répétition normale de démarrage et d'arrêt, d'autres facteurs tels que les vibrations et les chocs. Par conséquent, le calcul de la durée de vie doit être simplifié à l'aide du coefficient de charge indiqué dans le Tableau 3.

■ Manchons linéaires

La durée de vie nominale peut être obtenue à partir de la capacité de charge dynamique de base et de la charge appliquée au manchon linéaire.

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C}{f_W} \cdot \frac{C}{P}\right)^3 \cdot 50$$

L : durée de vie nominale (km) f_H : coefficient de dureté (se reporter à la fig. 1)

C : capacité de charge dynamique de base (N)

f_T : coefficient de température (se reporter à la fig. 2)

P : charge de travail (N) f_C : coefficient de contact (voir Tableau 3)

f_W : coefficient de charge (voir Tableau 4)

La durée de vie peut être calculée en nombre d'heures en déterminant la distance parcourue par unité de temps. Pour ce faire, utiliser la formule suivante, pour laquelle la longueur et les cycles de course sont supposés constants.

$$L_h = \frac{L \cdot 10^3}{2 \cdot \ell_s \cdot n_1 \cdot 60}$$

L_h : Durée de vie en heures (h) ℓ_s : Longueur de course (m)

L : Durée de vie nominale (km)

n₁ : Nombre de mouvements alternatifs par minute (cycle/min)

•Coefficient de température (f_T)

Lorsque la température d'un système linéaire dépasse 100°C, la dureté du système et de l'arbre peut être affectée. La charge admissible est alors diminuée davantage qu'elle ne l'est lorsque le système est utilisé à température ambiante ; de plus, la durée de vie du système peut être raccourcie. Compenser la durée de vie nominale par le coefficient de température.

Fig. 2 - Coefficient de température

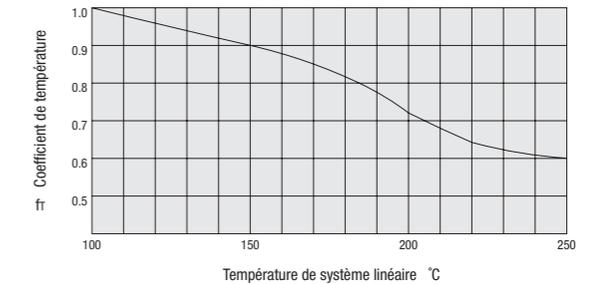


Tableau 3 - Coefficient de contact

| Nombre de roulements par arbre | Coefficient de contact f _C |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 1.00 |
| 2 | 0.81 |
| 3 | 0.72 |
| 4 | 0.66 |
| 5 | 0.61 |

Tableau 4 - Coefficients de charge

| Conditions d'utilisation | f _W |
|---|----------------|
| Vitesse lente et absence de vibrations ou de chocs externes (max. 15m/min) | 1.0~1.5 |
| Vitesse moyenne et absence de vibrations ou de chocs importants (plus de 60m/min) | 1.5~2.0 |
| Vitesse élevée et absence de vibrations ou de chocs externes (plus de 60m/min) | 2.0~3.5 |

■ Manchons linéaires à billes

La durée de vie nominale peut être obtenue à partir de la capacité de charge dynamique de base et de la charge appliquée au manchon linéaire à billes.

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C}{f_W} \cdot \frac{C}{P}\right)^3 \cdot 50$$

L : durée de vie nominale (km) f_H : coefficient de dureté (se reporter à la fig. 1)

C : capacité de charge dynamique de base (N)

f_T : coefficient de température (se reporter à la fig. 2)

P : charge de travail (N) f_C : coefficient de contact (voir Tableau 3)

f_W : coefficient de charge (voir Tableau 4)

Durée de vie en heures

-Pour les mouvements de rotation et alternatifs

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \sqrt{(dm \cdot n)^2 + (10 \cdot S \cdot n_1)^2}} / dm$$

-Pour les mouvements alternatifs

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{600 \cdot S \cdot n_1 / (\pi \cdot dm)}$$

ℓ_h : durée de vie en heures (h) S : longueur de course (mm)

n : rotations par minute (rpm) n₁ : courses par minute (cpm)

dm : diamètre du pas de la bille (mm)=1.15dr

-Valeurs admissibles pour les mouvements de rotation et alternatifs

$$DN \geq dm \cdot n + 10 \cdot S \cdot n_1$$