

Formule di calcolo

Qui di seguito vengono riportate le basi di calcolo, che permettono una progettazione sicura e collaudata di una vite a ricircolo di sfere, in modo da poterne ottimizzare la scelta.

Informazioni più dettagliate, riguardanti la progettazione di una vite a ricircolo di sfere sono riportate nella norma DIN 69051.

«Test d'idoneità» – Calcolo della velocità massima di rotazione

Prima di procedere alla scelta di una vite a ricircolo di sfere, assicurarsi che il tipo di chiocciola da abbinare permetta di raggiungere il numero di giri massimo rispetto al ricircolo delle sfere, indipendentemente dalla lunghezza della vite.




La velocità massima di rotazione della chiocciola dipende dal numero caratteristico di giri e dal diametro esterno della vite stessa secondo la seguente formula:

$$n_{\max} = \frac{\text{N. caratteristico di giri}}{d_1} \quad [\text{min}^{-1}]$$

n_{\max} = velocità massima di rotazione [min^{-1}]

d_1 = diametro esterno della vite [mm]

Numero caratteristico di giri [-] per:

- ricircolo delle sfere a passo singolo: 60 000
(Carry tipo ...I )
- ricircolo delle sfere in tubo: 80 000
(Carry tipo ...R )
- ricircolo delle sfere sui coperchi frontali: 80 000
(Carry tipo ...E / ...F )

Calcoli in caso di carico dinamico

Velocità di rotazione critica n_{amm}

I numeri di giri ammessi devono discostarsi con una differenza sostanziale dalla frequenza stessa della vite.

$$n_{amm} = K_D \cdot 10^6 \cdot \frac{d_2}{l_a^2} \cdot S_n \quad [\text{min}^{-1}]$$

n_{amm} = velocità ammessa [min^{-1}]

K_D = costante caratteristica [-]

dipendente dal tipo di supporto > vedere sotto

d_2 = diametro del nocciolo della vite [mm]

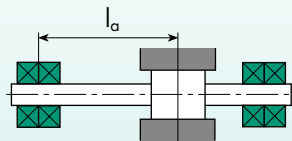
l_a = distanza da supporto a supporto [mm] > vedere sotto (nei calcoli va sempre inclusa la distanza l_a massima possibile!)

S_n = fattore di sicurezza [-], di norma $S_n = 0.5 \dots 0.8$

Tipo di supporto 1:

fissa – fissa

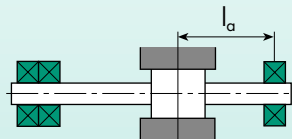
→ $K_D = 276$



Tipo di supporto 2:

fissa – semplice

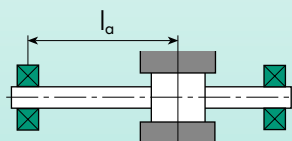
→ $K_D = 190$



Tipo di supporto 3:

semplice – semplice

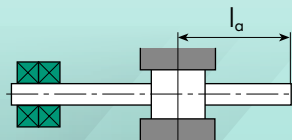
→ $K_D = 122$



Tipo di supporto 4:

fissa – libera

→ $K_D = 43$



Durata nominale L_{10} e L_h

$$L_{10} = \left(\frac{C_{din}}{F_m} \right)^3 \cdot 10^6 \quad [\text{R}]$$

$$L_h = \frac{L_{10}}{n_m \cdot 60} \quad [\text{h}]$$

L_{10} = durata nominale in rivoluzioni [R]

L_h = durata nominale in ore [h]

C_{din} = capacità di carico dinamico [N]

F_m = carico medio assiale [N]

$F_{1\dots n}$ = carico per ciclo di tempo [N]

n_m = numero di giri medio [min^{-1}]

$n_{1\dots n}$ = numero di giri per ciclo di tempo [min^{-1}]

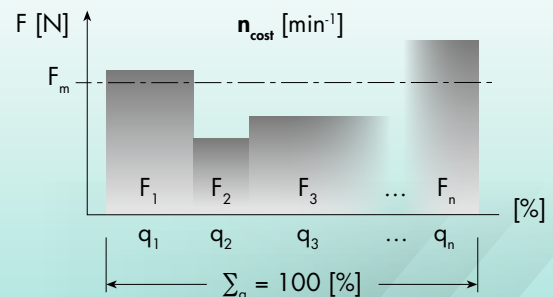
$q_{1\dots n}$ = cicli di tempo [%]

$100 = \sum q$ (somma dei cicli di tempo $q_{1\dots n}$) [%]

Carico assiale medio F_m

con numero di giri costante n_{cost} e capacità di carico dinamico C_{din}

$$F_m = \sqrt[3]{F_1^3 \frac{q_1}{100} + F_2^3 \frac{q_2}{100} + \dots + F_n^3 \frac{q_n}{100}} \quad [\text{N}]$$



$$\rightarrow L_{10} = \left(\frac{C_{din}}{F_m} \right)^3 \cdot 10^6 \quad [\text{R}]$$

$$\rightarrow L_h = \frac{L_{10}}{n_{cost} \cdot 60} \quad [\text{h}]$$

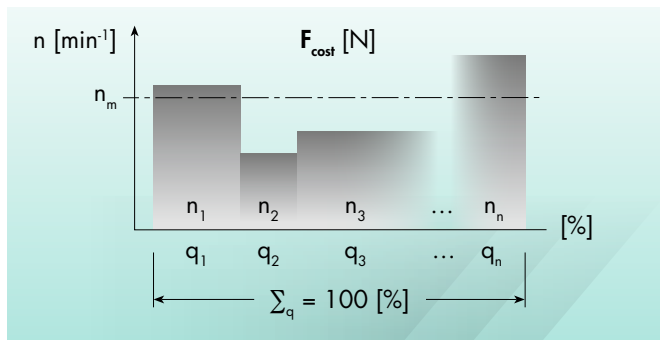
Viti a ricircolo di sfere Eichenberger

Calcoli in caso di carico dinamico (continuazione)

Velocità di rotazione media n_m

con carico costante F_{cost} e numero di giri variabile $n_{1...n}$

$$n_m = n_1 \frac{q_1}{100} + n_2 \frac{q_2}{100} + \dots + n_n \frac{q_n}{100} \text{ [min}^{-1}\text{]}$$



$$\rightarrow L_{10} = \left(\frac{C_{\text{din}}}{F_{\text{cost}}} \right)^3 \cdot 10^6 \text{ [R]}$$

$$\rightarrow L_h = \frac{L_{10}}{n_m \cdot 60} \text{ [h]}$$

Carico assiale medio F_m

con numero di giri variabile $n_{1...n}$ e capacità di carico dinamico C_{din}

$$F_m = \sqrt[3]{\frac{F_1^3 \cdot n_1 \cdot \frac{q_1}{100} + F_2^3 \cdot n_2 \cdot \frac{q_2}{100} + \dots + F_n^3 \cdot n_n \cdot \frac{q_n}{100}}{n_m}} \text{ [N]}$$

$$n_m = n_1 \frac{q_1}{100} + n_2 \frac{q_2}{100} + \dots + n_n \frac{q_n}{100} \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$\rightarrow L_{10} = \left(\frac{C_{\text{din}}}{F_m} \right)^3 \cdot 10^6 \text{ [U]}$$

$$\rightarrow L_h = \frac{L_{10}}{n_m \cdot 60} \text{ [h]}$$

Rendimento η (teorico)

in funzione del tipo di trasformazione della potenza

- Caso 1: Moto rotatorio \rightarrow Moto traslatorio

$$\eta \approx \frac{\tan \alpha}{\tan (\alpha + \rho)} \text{ [-]}$$

- Caso 2: Forza assiale \rightarrow Moto rotatorio

$$\eta' \approx \frac{\tan (\alpha - \rho)}{\tan \alpha} \text{ [-]}$$

... per cui vale ogni volta:

$$\tan \alpha \approx \frac{P}{d_0 \cdot \pi} \text{ [-]}$$

η = rendimento [%]

η' = rendimento modificato [%]

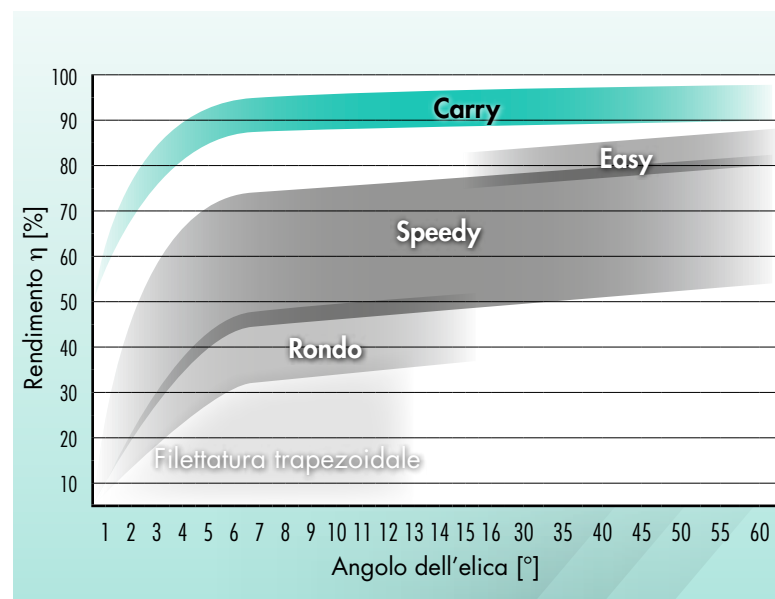
p = passo [mm]

d_0 = diametro nominale [mm]

ρ = angolo di attrito [°] $\rightarrow \rho = 0.30 \dots 0.60^\circ$

Rendimento η_p (in pratica)

Il rendimento η per viti a ricircolo di sfere Carry è superiore allo 0.9



Momento motore M

in funzione del tipo di trasformazione della potenza

- Caso 1: Moto rotatorio → Moto traslatorio

$$M_o = \frac{F_a \cdot p}{2000 \cdot \pi \cdot \eta} \quad [\text{Nm}]$$

- Caso 2: Forza assiale → Moto rotatorio

$$M_e = \frac{F_a \cdot p \cdot \eta'}{2000 \cdot \pi} \quad [\text{Nm}]$$

M_o = moto traslatorio [Nm], caso 1

M_e = moto rotatorio [Nm], caso 2

F_a = forza assiale [N]

p = passo [mm]

η = rendimento [%]

η' = rendimento corretto [%]

Potenza motrice P

$$P = \frac{M_o \cdot n}{9550} \quad [\text{kW}]$$

P = potenza motrice [kW]

n = velocità [min^{-1}]

Per la scelta dei sistemi di azionamento si consiglia di includere nei calcoli un margine di sicurezza del 20% circa.

Calcoli in caso di carico statico

Carico massimo ammissibile F_{amm}

$$F_{\text{amm}} = \frac{C_{\text{stat}}}{f_s} \quad [\text{N}]$$

C_{stat} = capacità di carico statico [N]

f_s = coefficiente operativo

→ funzionamento normale: 1... 2 [-]

→ carichi intermittenti: 2... 3 [-]

Carico di plessoflessione ammissibile F_p

$$F_p = \frac{K_K}{S_p} \cdot \frac{d_2^4}{l_a^2} \cdot 10^3 \quad [\text{N}]$$

K_K = costante caratteristica della condizione di carico [-]
dipendente dalla costruzione > vedere sotto

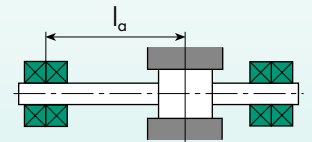
d_2 = diametro del nocciolo della vite [mm]

S_p = fattore di sicurezza contro la plessoflessione [-] → di norma $S_p = 2 \dots 4$

l_a = distanza tra l'applicazione della forza e il supporto [mm]

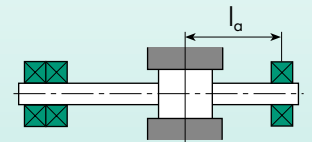
Condizione di carico 1:

→ $K_K = 400$



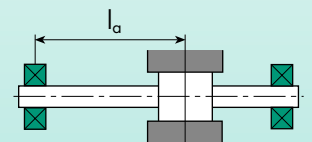
Condizione di carico 2:

→ $K_K = 200$



Condizione di carico 3:

→ $K_K = 100$



Condizione di carico 4:

→ $K_K = 25$

