

Cinghie, funi, catene

Flessibilità

Gli organi flessibili sono quelli che oppongono una limitata reazione elastica interna a un momento flettente; la flessibilità può essere utilizzata per rendere possibile la trasmissione meccanica tra organi rotanti posti a distanza. Inoltre la flessibilità smorza urti e vibrazioni garantendo trasmissioni più silenziose.

Le trasmissioni flessibili non garantiscono un rapporto di trasmissione perfettamente costante e, in generale, sono meno adatte a trasmettere potenze elevate.

Cinghie e funi sono costituite da materiali flessibili; le catene sono costituite da elementi rigidi e la loro possibilità di deformazione è legata alle articolazioni interne.

Le cinghie

La trasmissione con cinghie avviene mediante l'aderenza tra il flessibile e due pulegge montate sugli alberi tra cui avviene la trasmissione: la **puleggia motrice** e la **puleggia condotta**.

Le cinghie sono realizzate come anelli di sezione costante di diversa forma e materiale.

Forma	Materiali		
Cinghie piatte	Cuoio • materiale più antico e tradizionale	Gomma • la soluzione più economica	Materiali plastici • possono fornire elevata resistenza
Cinghie trapezoidali			
Cinghie a V			
Cinghie dentate (sincrone)			

Le cinghie dentate non trasmettono per aderenza perché presentano una dentatura trasversale che si impegna entro le scanalature delle pulegge.

Nelle cinghie piatte la forza di aderenza che garantisce la trasmissione, con una forza premente R , vale:

$$A = f \cdot R$$

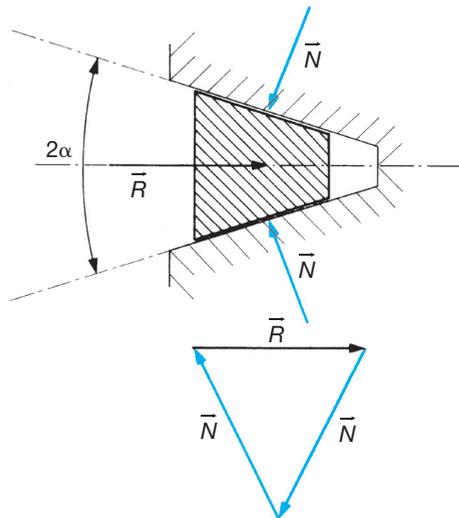
Nelle cinghie trapezoidali e nelle cinghie a V l'aderenza è maggiore grazie all'effetto cuneo sulle pareti inclinate e vale:

$$A = f' \cdot R$$

f' è il coefficiente fittizio:

$$f' = \frac{f}{\sin\alpha + f \cdot \cos\alpha} \cong \frac{f}{\sin\alpha} > f$$

α è l'angolo di semiapertura della gola della puleggia.

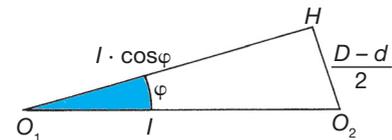
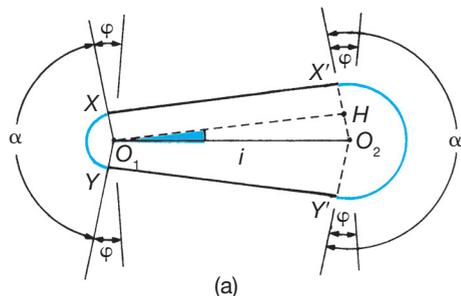


Angolo di avvolgimento e rapporto di trasmissione

Esistono relazioni geometriche tra i diametri delle pulegge, l'interasse tra i due alberi, gli angoli di avvolgimento sulle pulegge e la lunghezza della cinghia.

Lunghezza della cinghia:

$$L = 2 \cdot I \cdot \cos\varphi + \frac{d}{2} \cdot \alpha + \frac{D}{2} \cdot \alpha' = 2 \cdot I + 1,57(D+d) + \frac{(D-d)^2}{4 \cdot I}$$



La velocità periferica sulle due pulegge è uguale a quella della cinghia, salvo un piccolo scarto dovuto all'elasticità della cinghia.

Il rapporto di trasmissione è quindi uguale a quello di due ideali ruote di frizione con diametri pari a quelli delle pulegge:

$$i = \frac{\omega_m}{\omega_u} = \frac{D}{d}$$

Tensioni nella cinghia

Tensione di montaggio: tensione con cui la cinghia viene montata sulle pulegge in modo che, durante la trasmissione, sia garantita l'aderenza.

Durante la trasmissione sulle pulegge agiscono da una parte il momento motore, dall'altra il momento resistente; i due rami della cinghia assumono tensioni diverse T e t , in modo che sulla ruota motrice vale l'equilibrio:

$$(T - t) = \frac{2 \cdot M_m}{d} = F_u$$

F_u è la forza utile trasmessa per aderenza tra puleggia e cinghia.

La potenza trasmessa è:

$$N = F_u \cdot v = M_m \cdot \omega_m = M_u \cdot \omega_u$$

Al crescere della differenza tra le due tensioni aumenta la potenza trasmessa, ma anche il rischio di slittamento della cinghia sulla puleggia. La situazione limite si ha con:

$$\frac{T}{t} = e^{f\alpha}$$

Le tensioni T e t nei due rami della cinghia e la tensione di montaggio T_m sono in relazione con la forza utile da trasmettere, il coefficiente di aderenza e l'angolo di avvolgimento sulla puleggia minore (di solito quella motrice):

$$\begin{cases} T = F_u \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1} \\ t = T - F_u = F_u \cdot \frac{1}{e^{f\alpha} - 1} \\ T_m = \frac{T + t}{2} \end{cases}$$

Quando si tratta di cinghie trapezoidali al coefficiente reale f si sostituisce il coefficiente fittizio f' .

Alla tensione massima T si fa riferimento per i calcoli di resistenza.

La forza $S = T + t = 2 \cdot T_m$, risultante dei tiri sui due rami di cinghia, è la forza che sollecita l'albero nella sezione in cui è montata la puleggia; in condizioni normali si ha mediamente:

$S = 2,5 \cdot F_u$ cinghie piatte;

$S = 1,8 \cdot F_u$ cinghie trapezoidali.

Nei calcoli di prima approssimazione si assumono prudentemente i valori seguenti, derivanti da un angolo effettivo di avvolgimento di 100° sulla puleggia minore:

$S = 4 \cdot F_u$ cinghie piatte;

$S = 2,4 \cdot F_u$ cinghie trapezoidali.

Effetto centrifugo e curvatura

Per velocità elevate, insieme alla tensione dovuta alla trasmissione del momento motore va preso in considerazione l'effetto centrifugo che tende a staccare la cinghia dalla puleggia e va compensato con un aumento della tensione della cinghia.

Tale effetto centrifugo determina sulla sezione della cinghia, che si muove con una velocità v , una tensione:

$$\sigma_c = \rho \cdot v^2$$

Inoltre la curvatura della cinghia sulla puleggia determina una reazione elastica aggiuntiva interna al materiale, che vale:

$$\sigma_f = E \cdot \frac{s}{d+s} \approx E \cdot \frac{s}{d}$$

d è il diametro della puleggia minore su cui è maggiore la curvatura.

Le funi

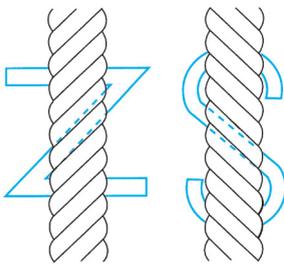
Le funi possono essere vegetali, sintetiche o metalliche; in campo meccanico hanno rilevanza le funi metalliche o cavi, utilizzati per sostenere e sollevare carichi, per realizzare traini e per trasmettere il moto.

I cavi sono realizzati partendo da fili metallici con elevate caratteristiche di resistenza:

$$R_m = 1200 \div 2000 \text{ N/mm}^2$$

Classificazione delle funi

Funi spirodali	• uno o più strati di fili avvolti a elica attorno a un nucleo metallico o di fibre tessili
Funi a trefoli	• uno o più strati di funi spirodali avvolti attorno a un'anima metallica o di fibre tessili
Gherlicci	• su un trefolo centrale è avvolto a spirale uno strato di trefoli



Modalità di avvolgimento:

- **destrorso**, indicato con la lettera Z;
- **sinistrorso**, indicato con la lettera S;
- **concorde** (S/S, Z/Z): l'avvolgimento dei fili concorda con quello dei trefoli;
- **discorde** (Z/S, S/Z): l'avvolgimento dei fili è opposto a quello dei trefoli.

Diametro nominale Δ : diametro della circonferenza circoscritta alla sezione retta della fune.

Sezione metallica totale A_f : somma delle aree delle sezioni dei fili che la compongono.

Carico somma ($n \cdot A_f \cdot R_m$): totale dei carichi sopportabili dai singoli fili al limite della rottura.

Carico di rottura effettivo F_R : determinato sperimentalmente, risulta minore del carico somma del 10% ÷ 20%.

Coefficiente di cordatura: rapporto tra carico di rottura effettivo e carico

$$\text{somma } c = \frac{F_R}{n \cdot A_f \cdot R_m}$$

Sotto carico la fune subisce un allungamento ΔL ; l'allungamento unitario ϵ è maggiore dell'allungamento unitario del singolo filo ϵ_f :

$$\epsilon = \frac{\epsilon_f}{\cos^2 \alpha}$$

È come se la fune fosse costituita da una sezione piena e omogenea con materiale avente un modulo di elasticità ridotto rispetto a quello dell'acciaio dei fili:

$$E_{app} = E \cdot \cos^3 \alpha$$

In conseguenza dell'avvolgimento su una puleggia o un tamburo, la fune è sottoposta a una **sollecitazione di flessione**; se i fili fossero indipendenti, su ogni filo esisterebbe una tensione esprimibile, come per le cinghie, con la seguente relazione che dipende dal diametro del filo δ e dal diametro dell'avvolgimento D :

$$\sigma_f = E \cdot \frac{\delta}{D}$$

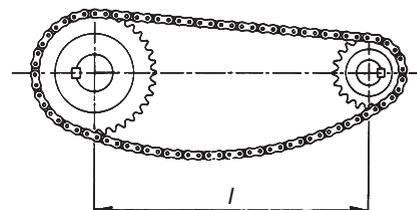
A causa dell'avvolgimento, la tensione effettiva è ridotta al valore:

$$\sigma_f = \frac{3}{8} \cdot E \cdot \frac{\delta}{D}$$

I rapporti di avvolgimento $\frac{\delta}{D}$ e $\frac{\Delta}{D}$ sono sottoposti ad adeguate limitazioni per evitare eccessive tensioni di flessione.

Le catene

Le catene sono organi di trasmissione del moto costituiti da elementi rigidi collegati tra loro in modo da consentire una sufficiente flessibilità.



Tipi di catene

Ad anelli	Galle	A rulli	A boccole (Zobel)
<ul style="list-style-type: none"> anelli concatenati, caratterizzati da passo e calibro 	<ul style="list-style-type: none"> una serie di perni collega piastrine in acciaio disposte in modo alternato per forti carichi ma basse velocità e uso saltuario 	<ul style="list-style-type: none"> due maglie sono incernierate con perni, rulli e boccole i rulli rotolano sui denti e strisciano sulle boccole 	<ul style="list-style-type: none"> versione semplificata senza i rulli

Le catene sono avvolte su **ruote a impronte** per trasmettere un momento; le superfici di contatto tra catena e denti devono costituire profili coniugati, come negli ingranaggi.

Si definiscono:

- raggio primitivo della ruota R_p** , raggio della circonferenza passante per i centri dei perni della catena;
- passo della catena p** , distanza tra gli assi di due perni successivi.

Le due grandezze sono legate al numero dei denti della ruota dalla relazione:

$$p = 2 \cdot R_p \cdot \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)$$

La lunghezza della catena, misurata in numero n di passi, si calcola con:

$$n = \frac{Z+z}{2} + 2 \cdot \frac{I}{p} + C \cdot \frac{p}{I}$$

C: coefficiente in funzione di $Z - z$.

La trasmissione con catene:

non presenta slittamento
perché non dipende
dall'aderenza

non garantisce
velocità costante.
La variazione della velocità
diminuisce aumentando
il numero di denti

Il rapporto di trasmissione medio è pari a quello che si avrebbe se le due ruote ingranassero direttamente:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

Un maggior numero di denti contribuisce anche a ridurre gli urti e la rumorosità, che crescono con la velocità e con il passo.

Viene quindi imposto un **numero minimo di denti** sulla ruota minore ($17 \div 19$).