

## 1.10

## Trasmissioni con funi

## Generalità

Le funi utilizzate in questo tipo di trasmissioni possono essere *vegetali* o *metalliche*.

Le *funi vegetali*, generalmente di canapa o di lino, sono utilizzate in settori assai ristretti (cordami dell'attrezzatura navale). Di seguito facciamo perciò riferimento unicamente alle *funi metalliche*, dato il loro vastissimo campo di impiego.

## Trasmissioni con funi metalliche

Le funi metalliche si suddividono in:

- **funi spiroidali o trefoli**: sono cavi elementari costituiti da fili d'acciaio aventi un'elevata resistenza a torsione, avvolti a spirale o attorno a un'anima centrale di fibra tessile o ad uno o più fili metallici (**Figura 1a**);
- **funi a trefoli**: sono formate da trefoli avvolti a spirale attorno a un'anima di fibra tessile o attorno a un trefolo (**Figura 1b**);
- **funi a gherlini (o torticce)**: sono costituite da funi a trefoli avvolte a spirale attorno a una fune a trefoli centrale (**Figura 1c**).

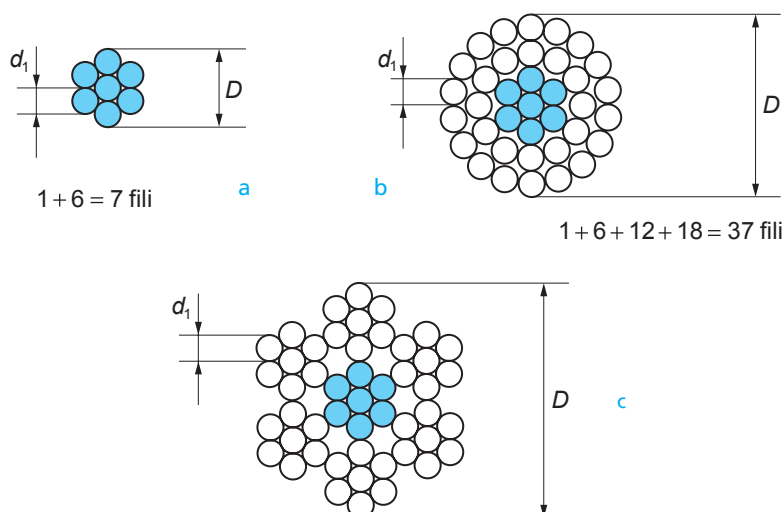


Figura 1

Tipi di funi: **a** fune spiroidale o trefolo; **b** fune a trefoli; **c** fune a gherlini.

fune a gherlini: rappresentazione di una fune a trefoli formata da 6 trefoli di 7 fili ciascuno, avvolti attorno a un trefolo centrale

In **Figura 2a** sono rappresentate funi metalliche a gherlini (torticce); in **Figura 2b** lo schema delle parti costituenti una fune metallica a gherlini.

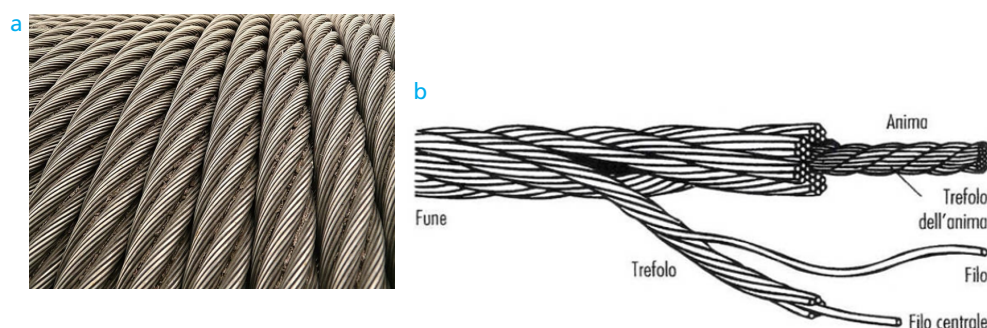


Figura 2

**a** Funi metalliche a gherlini (torticce); **b** parti componenti di una fune metallica a gherlini (schema).

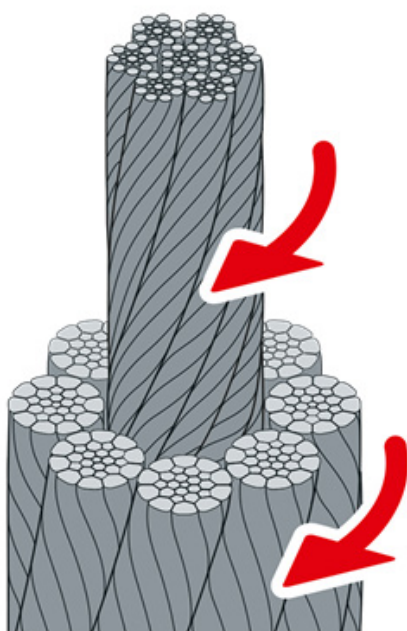
La fune con anima di fibra tessile, a parità di altri variabili, è più flessibile rispetto a una fune con anima metallica, ma ha resistenza a trazione inferiore.

È detta *passo* della fune la lunghezza di fune per la quale un cavo compie un giro completo attorno all'anima; le funi con passo lungo hanno una resistenza a trazione maggiore rispetto alle funi con passo corto.

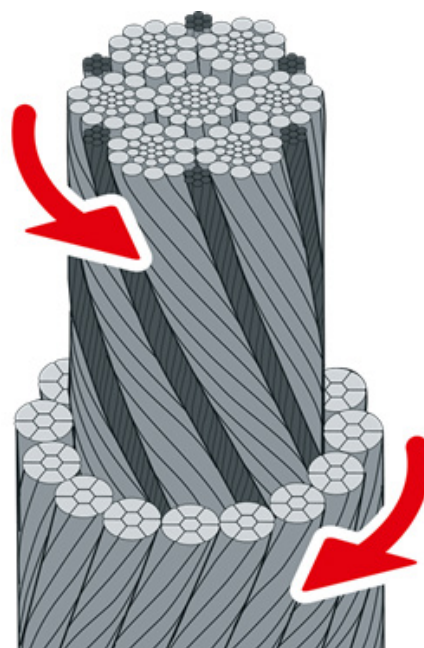
Le funi spiroidali sono impiegate in applicazioni nelle quali predomina la sollecitazione di trazione, ad esempio come funi portanti dei ponti sospesi o delle teleferiche, o per l'impianto frenante delle biciclette; quelle a trefoli sopportano anche la sollecitazione di flessione, pertanto possono essere avvolte su pulegge, come nel caso delle funi portanti per ascensori e per gru o delle funi di trazione delle teleferiche.

Nelle funi spiroidali l'avvolgimento dei fili può essere destrorso (*avvolgimento Z*) o sinistrorso (*avvolgimento S*). A sua volta l'avvolgimento dei fili in ciascun trefolo può essere concorde o discorde con quello dei trefoli nella fune. Nel primo caso si parla di funi *parallele*, usate nelle trasmissioni; nel secondo caso di funi *crociate*, usate come funi portanti delle gru e degli ascensori. In **Figura 3** è rappresentato lo schema di una fune parallela; in **Figura 4** quello di una fune crociata.

I tipi più usati sono le funi crociate destre. A meno che non venga specificato diversamente, per convenzione una fune si intende crociata destra.



**Figura 3**  
Fune parallela (schema). Le frecce indicano il senso di avvolgimento dei trefoli.



**Figura 4**  
Fune crociata (schema). Le frecce indicano il senso di avvolgimento dei trefoli.

Il carico massimo di trazione  $F_{adm}$  che una fune può sopportare in sicurezza viene calcolato con la relazione:

$$F_{adm} = \frac{F_R}{k_R} [N]$$

dove  $F_R$  è il carico di rottura della fune (in N) e  $k_R$  è il grado di sicurezza del meccanismo.

$k_R$  vale almeno 6 per trasporto merci; almeno 12 per trasporto persone. A sua volta  $F_R$  può essere calcolato con la formula empirica:

$$F_R = C_R \cdot D_{fune}^2 \cdot R_m [N]$$

dove:

$D_{\text{funne}}$  = diametro nominale della fune (in mm);

$R_m$  = carico unitario di rottura dell'acciaio utilizzato per i fili (in N/mm<sup>2</sup>). Di norma  $R_m$  è compreso tra 1770 e 1960 N/mm<sup>2</sup>. Dove si richiede un'elevata resistenza a trazione si utilizzano acciai appartenenti a una classe di resistenza caratterizzata da un carico di rottura  $R_m = 2160$  N/mm<sup>2</sup>;

$C_R$  = coefficiente (*fattore di carico*) che dipende dal tipo di fune (spiroidale o a trefoli), dal numero di fili metallici e, per le funi a trefoli, dal materiale dell'anima (fibra tessile o acciaio). Per le funi spiroidali  $C_R$  varia da 0,56 (per  $z_{\text{fili}} = 7$ ) a 0,52 (per  $z_{\text{fili}} = 61$ ); per le funi a trefoli, con anima d'acciaio, da 0,359 (per 6 trefoli formati ciascuno da 7 fili) a 0,28 (per 6 trefoli costituiti ciascuno da 24 fili).

In base alla normativa vigente negli apparecchi di sollevamento (ascensori, gru ecc.) il diametro minimo  $D_{\text{min fune}}$  della fune deve essere calcolato con la formula empirica:

$$D_{\text{min fune}} = C_1 \cdot \sqrt{F_{\text{max}}} \quad [\text{mm}]$$

dove:

$C_1$  = *fattore di scelta della fune*: varia da 0,085 per meccanismi usati in condizioni d'impiego usuali, fino a 0,140 quando le condizioni d'impiego richiedono particolari cautele;

$F_{\text{max}}$  = carico massimo d'esercizio (in N) che la fune può sopportare.  $F_{\text{max}}$  è comprensivo sia del carico nominale di servizio dell'apparecchio sia del peso complessivo della fune e dell'organo di presa. Ovviamente deve essere:  $F_{\text{max}} \leq F_{\text{adm}}$ .

Le funi sono in genere soggette sia a trazione, per effetto del carico che le sollecita assialmente, sia a flessione, per effetto dell'avvolgimento sulle pulegge. Le corrispondenti tensioni interne sono:

### 1. Per la trazione:

$$\sigma_1 = \frac{T_1}{\frac{\pi \cdot d_{1 \text{ filo}}^2 \cdot z_{\text{fili}}}{4}}$$

dove:

$T_1$  = tensione massima della fune (in newton);

$d_{(1 \text{ filo})}$  = diametro di ogni filo (in millimetri);

$z_{\text{fili}}$  = numero di fili complessivamente presenti nella fune.

La tensione  $T_1$  sul ramo conduttore viene di solito posta uguale a due volte e mezzo la forza motrice. La relativa tensione interna di trazione diviene quindi:

$$\sigma_1 = \frac{2,5 \cdot F_m}{\frac{\pi \cdot d_{1 \text{ filo}}^2 \cdot z_{\text{fili}}}{4}} \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

con:

$$F_m = \frac{M_t}{r_1} [\text{N}] \quad \text{ovvero:} \quad F_m = \frac{P}{v_p} [\text{N}]$$

dove:

$P_1$  = potenza da trasmettere [W];

$v_p$  = velocità periferica delle pulegge [m/s];

$F_m$  = forza motrice di trazione esercitata sulla fune [N];

$r_1$  = raggio primitivo della puleggia motrice [mm];

$M_t$  = momento applicato alla puleggia motrice [N · mm].

## 2. Per la flessione:

$$\sigma_1 = 0,375 \cdot \frac{E \cdot d_{\text{filo}}}{d_{\text{pul minore}}} \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

dove:

$E$  = modulo di elasticità normale dell'acciaio; in questi casi si assume generalmente  $E = 215\,000$  [N/mm<sup>2</sup>];

$d_{\text{pul minore}}$  = diametro della puleggia minore [mm].

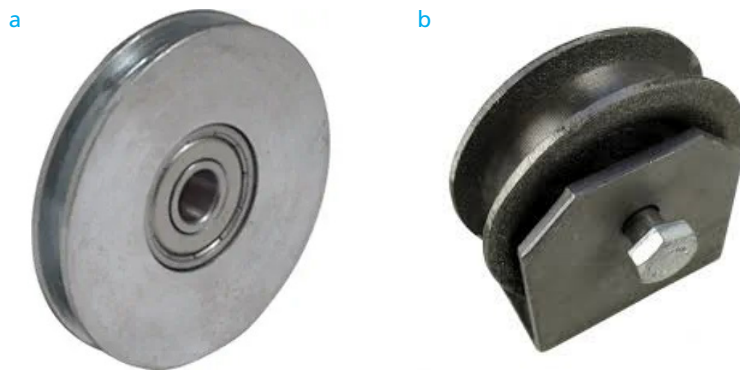
La condizione di stabilità è pertanto:

$$\sigma_1 + \sigma_2 \leq \sigma_{\text{adm}}$$

dove  $\sigma_{\text{adm}}$  è il carico unitario di sicurezza dell'acciaio utilizzato per i fili.

Questi ultimi hanno in genere un diametro  $d_{\text{filo}}$  compreso tra 0,5 e 2 mm; sono ricavati per trafilatura a freddo e subiscono successivamente un trattamento termico per aumentarne l'elasticità.

Le pulegge (**Figura 5**) possono essere in acciai al carbonio, acciai inossidabili, ghisa, materiali termoplastici ecc.



**Figura 5**

Carrucole per fune.

Per quanto riguarda le gole di cui sono provviste le pulegge, esse in genere sono notevolmente ampie, per limitare il più possibile l'usura dovuta allo strisciamento con la fune.

Per questo stesso scopo le gole delle pulegge in acciaio vengono indurite mediante procedimenti di tempra.

## Utilizzazioni delle funi di acciaio

Le funi di acciaio sono impiegate in svariatisimi ambiti: dalle autogru alle teleferiche, dagli ascensori e montacarichi all'edilizia, dalle forniture navali e nautiche all'impiantistica industriale. E ancora: nelle tensostrutture, nella costruzione di deltaplani, in cave e in miniere, per le movimentazioni (nelle acciaierie, nei cantieri navali, nelle officine meccaniche) ecc.