Politecnica S.r.l.

FUNI METALLICHE

INDICE

1. Caratteristiche generali - Composizione
2. Tipologie
3. Parametri fondamentali
4. Difetti
5. Messa in opera
6. Attacchi di estremità - Impalmatura
7. Controlli
8. Manutenzione

FUNI METALLICHE

La **fune di acciaio** è una macchina, e come tale va trattata; una fune di buona qualità correttamente scelta, maneggiata, montata e mantenuta raggiungerà la massima durata possibile, ottimizzando l'investimento.

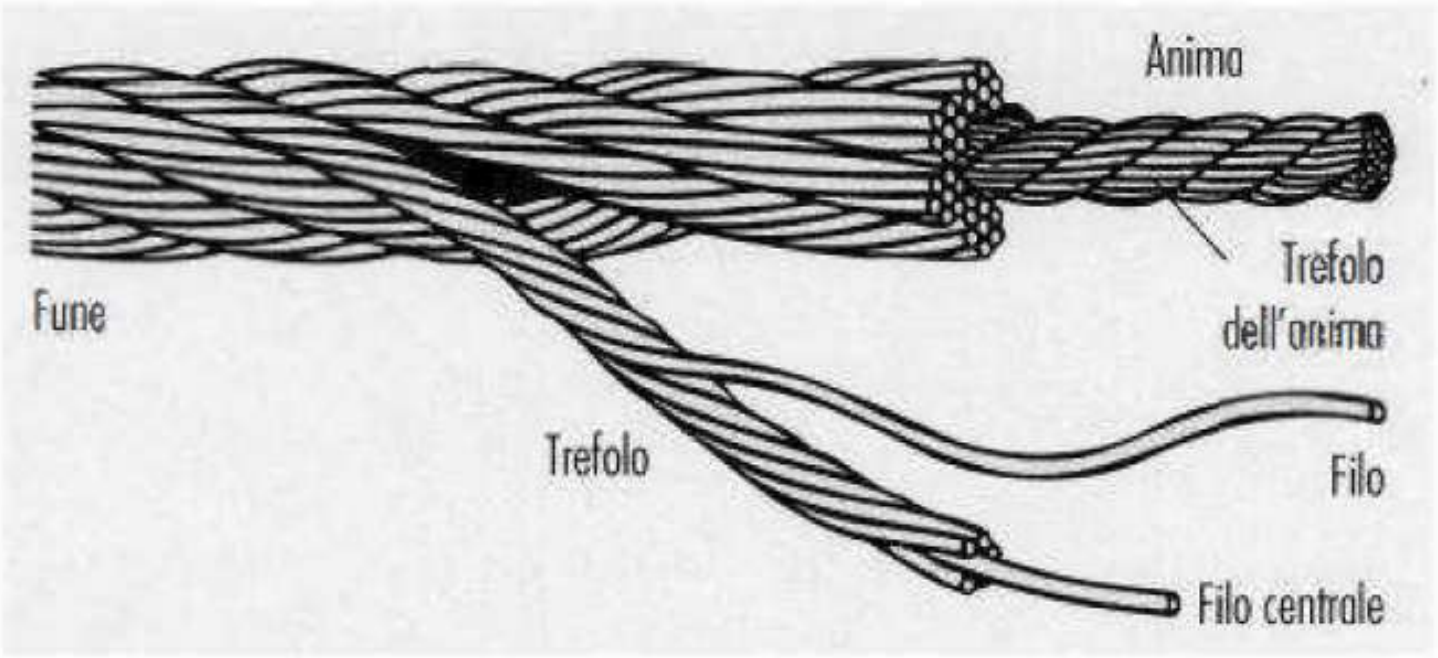
FUNI - CARATTERISTICHE GENERALI

Le **funi di acciaio** sono composte da fasci di fili metallici, avvolti in modo ordinato tra loro. La quantità di fili, il senso in cui sono avvolti tra loro e il tipo di materiale utilizzato conferiscono alla fune ottime prestazioni in termini di resistenza alla trazione, flessibilità e maneggevolezza, necessarie all'impiego in vari campi tra cui gli impianti funiviari.

Esistono due grandi categorie di funi: le **funi a trefoli** e le **funi spiroidali**.

FUNI - CARATTERISTICHE GENERALI

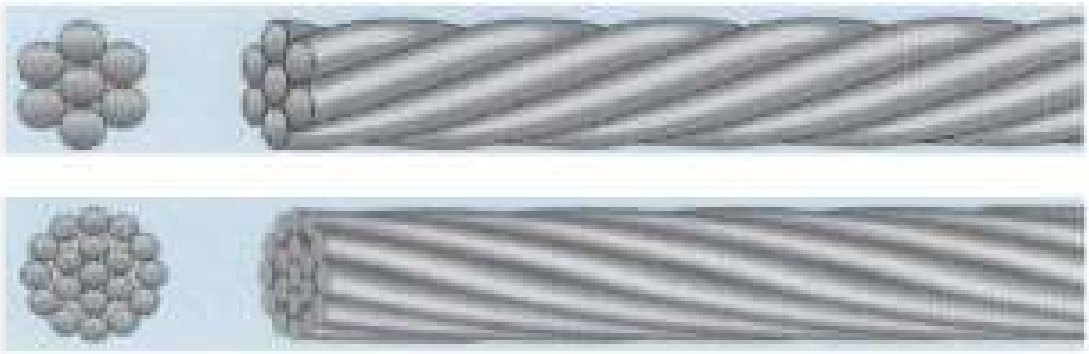
Gli elementi primari di cui sono formate le **funi a trefoli** sono i **fili**, che avvolti tra loro in modo elicoidale, formano il secondo elemento, ovvero i **trefol**i. A loro volta i trefoli, avvolti tra loro su un **anima** centrale, formano la **fune**.



Schema di fune a trefoli

FUNI - CARATTERISTICHE GENERALI

Le **funi spiroidali** sono composte da strati sovrapposti di fili di diametro simile, avvolti tra loro in modo elicoidale, ma in senso opposto ad ogni strato per compensare la torsione.



Schema di due tipi di funi spiroidali

FUNI - COMPOSIZIONE

FILO

E' l'elemento di base costitutivo della fune di acciaio ed è ricavato mediante trafilatura da una vergella (barra di acciaio semilavorato). Il materiale di base è generalmente acciaio con contenuto di carbonio di circa 0,8 % ed alto grado di purezza.

Attraverso varie operazioni la vergella di un determinato diametro si trasforma, per successive riduzioni, in fili di prestabilite caratteristiche dimensionali e meccaniche. I fili sono avvolti su bobine da installare sulle macchine cardatrici per la realizzazione dei trefoli nel caso di funi spiroidali. I fili possono essere di sezione circolare o sagomati a Z.

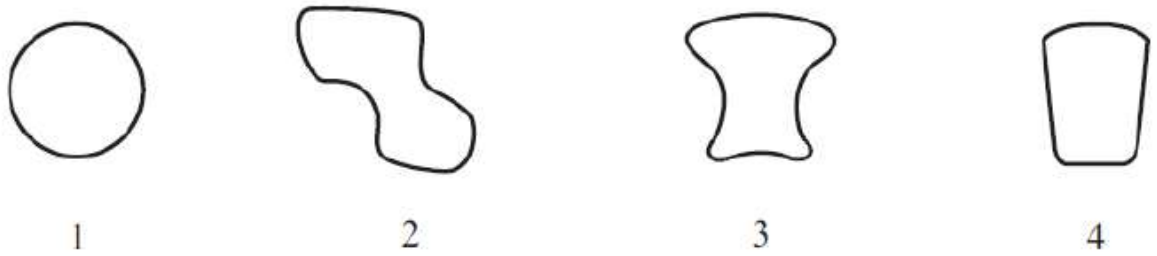


FUNI - COMPOSIZIONE

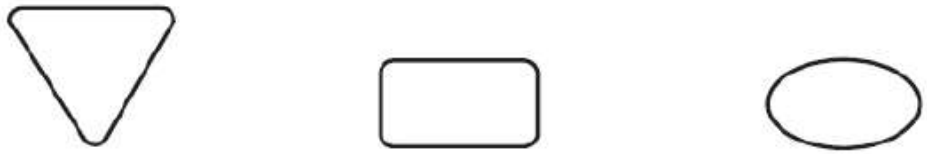
Varie tipologie di fili

Legenda

1	Tondo	5	Triangolare (V)
2	Chiuso (Z)	6	Rettangolare (R)
3	Semichiuso (H)	7	Ovale (Q)
4	Trapezoidale (T)		



1 2 3 4



5 6 7

FUNI - COMPOSIZIONE

TREFOLO

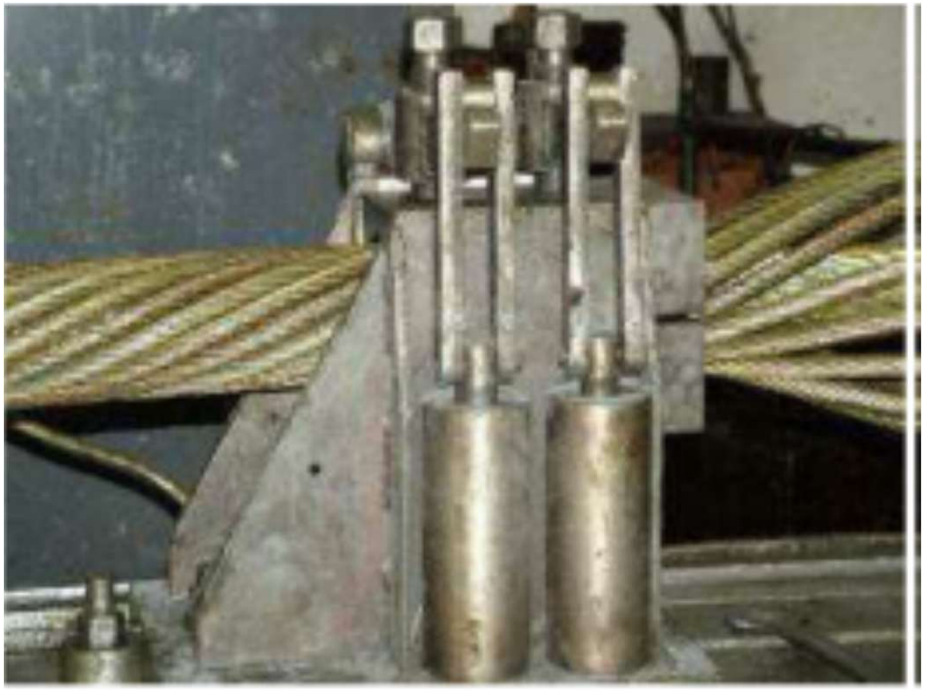
E' l'insieme di più fili disposti ad elica attorno ad un filo centrale. Vengono assemblati sulla macchina cordatrice partendo dalle bobine di filo.



FUNI - COMPOSIZIONE

FUNE - CORDATURA

La fune è costituita dall'insieme di più trefoli avvolti attorno ad un'anima tessile o metallica mediante l'operazione di cordatura. Prima di questa operazione i trefoli sono sottoposti a preformazione con lo scopo di conferire loro la forma elicoidale che assumeranno nella formazione finale della fune.

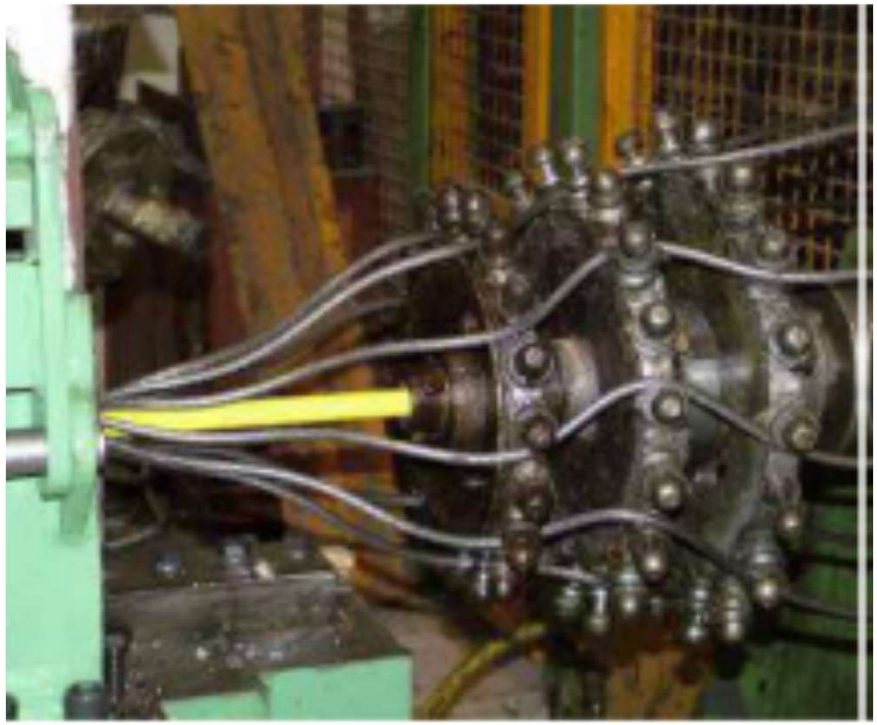


FUNI - COMPOSIZIONE

PREFORMAZIONE

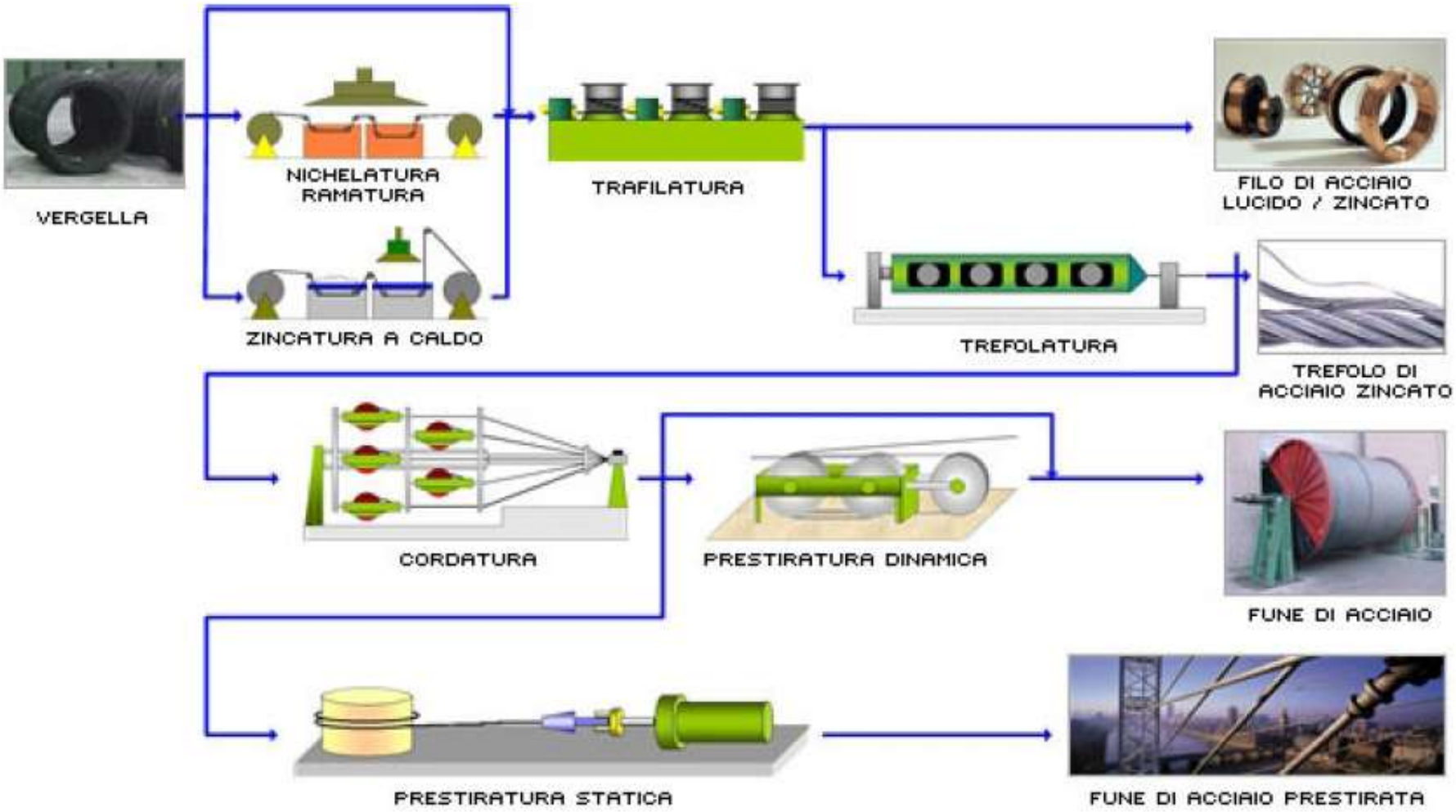
Consiste nel far passare i trefoli, prima della cordatura, attraverso una serie di rulli disposti in modo da conferire ad essi la forma ad elica che dovranno assumere nella fune. Con la preformazione si acquisiscono i seguenti vantaggi:

- quando la fune viene tagliata i trefoli non si svolgono e non servono saldature
- migliora il comportamento a fatica
- i fili, in caso di rottura, mantengono la loro posizione
- dopo la messa in servizio della fune, il suo diametro rimane più stabile nel tempo e subisce minore torsione



FUNI - COMPOSIZIONE

CICLO DI FABBRICAZIONE DELLE FUNI



FUNI - COMPOSIZIONE

ANIMA

E' la parte centrale della fune e può essere di natura metallica (nucleo spiroidale di fili in acciaio) o flessibile (tessile o plastico).

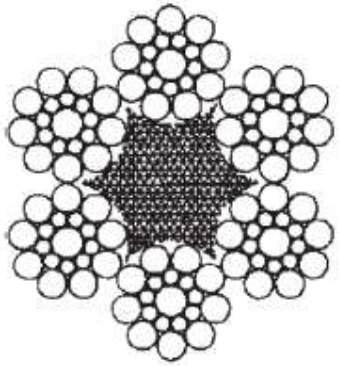
L'anima in una fune metallica ha il compito di:

- sostenere i trefoli nella loro corretta configurazione geometrica assegnata
- fornire alla funi di movimento la flessibilità necessaria per l'avvolgimento e svolgimento sulle pulegge
- mantenere all'interno della fune stessa il lubrificante necessario per ridurre lo strisciamento tra i fili.

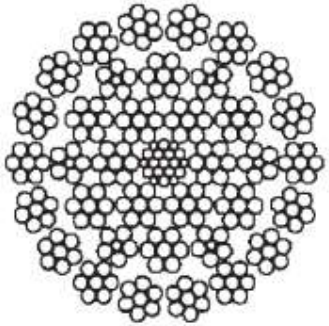
FUNI - COMPOSIZIONE

Designazione delle anime secondo UNI EN 12385

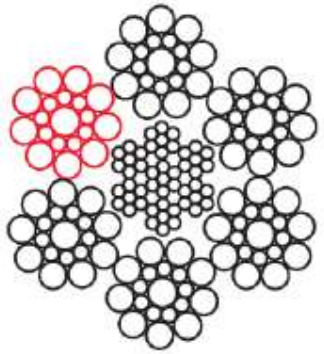
- **NFC** anima tessile in fibre naturali
- **SFC** anima tessile in fibre sintetiche



- **WSC** trefolo centrale d'anima



- **IWRC** anima metallica indipendente



FUNI - COMPOSIZIONE

ANIMA METALLICA

Ha il vantaggio di contribuire alla capacità di trazione della fune, per cui la sua sezione può essere inferiore rispetto a quella con anima tessile o plastica. Tuttavia, essendo poco flessibile, generalmente non viene utilizzata in funi che devono essere deviate da pulegge rotanti come le traenti o portanti-traenti.

ANIMA PLASTICA (PE-PP) O TESSILE (canapa, cotone)

Ha il vantaggio della maggiore flessibilità e capacità di distanziare i trefoli tra di loro, riducendo lo sfregamento e quindi il consumo delle parti metalliche. Inoltre può essere ingrassata in fase di costruzione, per cui il lubrificante viene rilasciato durante tutta la vita della fune, proteggendola dagli agenti atmosferici e riducendo la corrosione.

FUNI - COMPOSIZIONE

ANIMA

Per tutte queste considerazioni, generalmente si preferisce utilizzare funi con anima in fibre naturali o sintetiche per traenti e portanti-traenti di sciovie ed impianti ad ammorsamento fisso o temporaneo, e funi con anima metallica per portanti di funivie bifune.



Funi ad anima tessile e ad anima plastica

FUNI - TIPOLOGIE

FUNE A TREFOLI

Le funi a trefoli sono le più diffuse e sono spesso usate come **portanti-traenti** o **traenti** negli impianti funiviari, tipicamente a 6 trefoli, ma anche a 7 o 9 trefoli. Sono di differenti tipologia in funzione delle dimensioni dei fili e della loro disposizione nei trefoli.

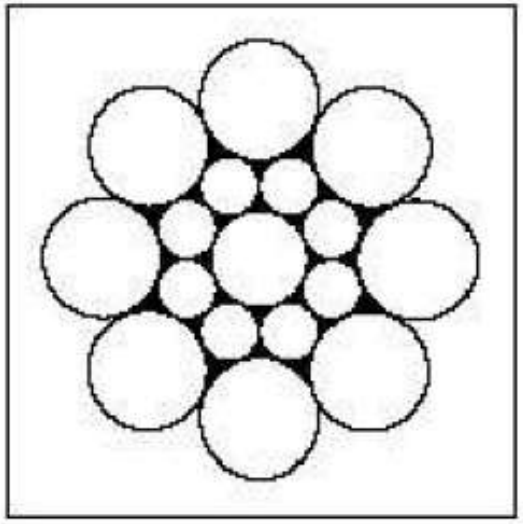
FUNI - TIPOLOGIE

FUNE A TREFOLI - SEALE

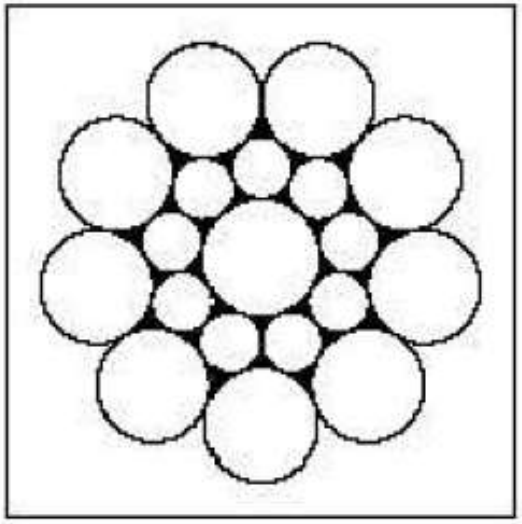
Hanno i trefoli con un ugual numero di fili per strato, per cui quelli esterni sono molto più grandi. In questo modo si cerca di contenere i vuoti tra i fili.

I fili sono avvolti nello stesso senso, per cui i contatti tra i fili sono lineari, vale a dire che nei solchi dei fili più grandi sono posti i fili più piccoli.

La geometria di questa fune permette ad essa di avere una buona flessibilità, consentita dal diametro ridotto dei fili interni, e un'ottima resistenza ad usura conferita dal diametro maggiore dei fili esterni.



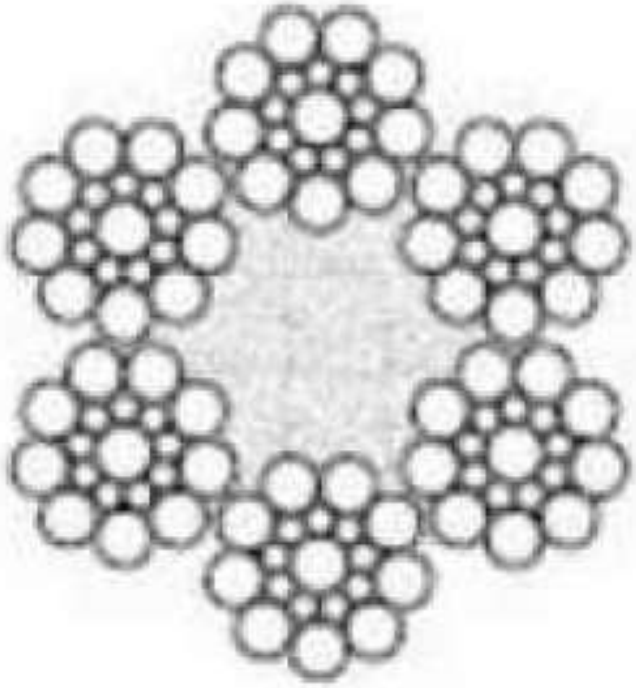
1+8+8 = 17 wires



1+9+9 = 19 wires

FUNI - TIPOLOGIE

FUNE A TREFOLI - SEALE



Sezione completa di fune Seale

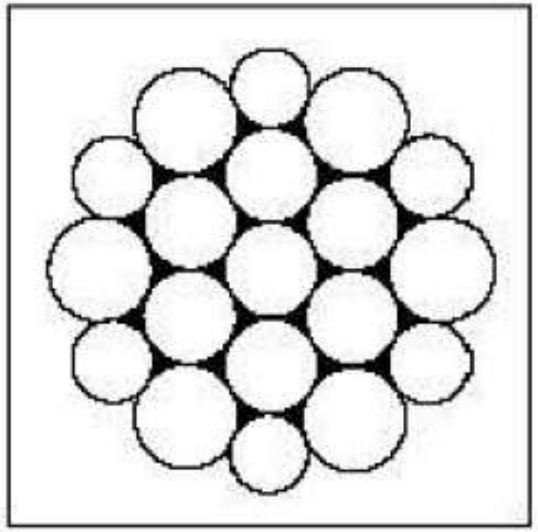
FUNI - TIPOLOGIE

FUNE WARRINGTON E WARRINGTON-SEALE

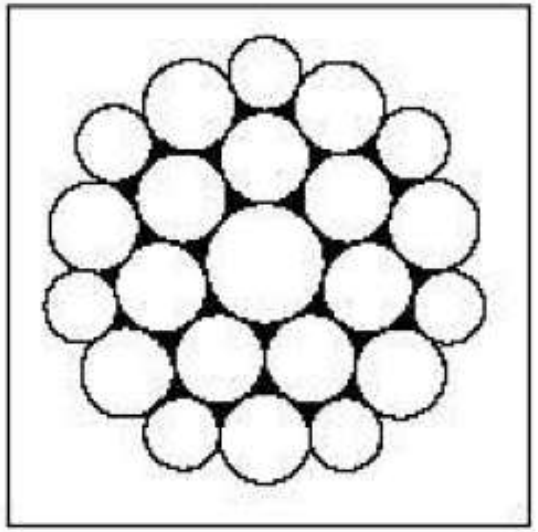
Nelle funi Warrington i fili interni dei trefoli hanno diametro uguale, mentre i fili esterni sono di due diametri diversi posti alternativamente.

Le Warrington-Seale hanno trefoli con la stessa geometria delle Warrington, ma con un ulteriore strato esterno di fili con diametro più grande di quell

Anche in questo caso i fili hanno contatti lineari (nei solchi).



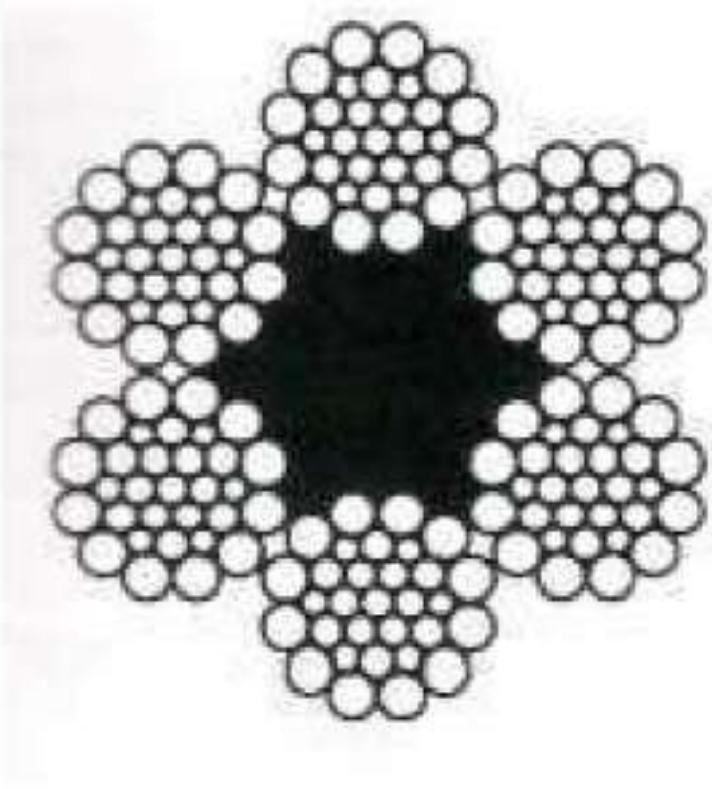
1+6+(6+6) = 19 wires



1+7+(7+7) = 22 wires

FUNI - TIPOLOGIE

FUNE WARRINGTON E WARRINGTON-SEALE

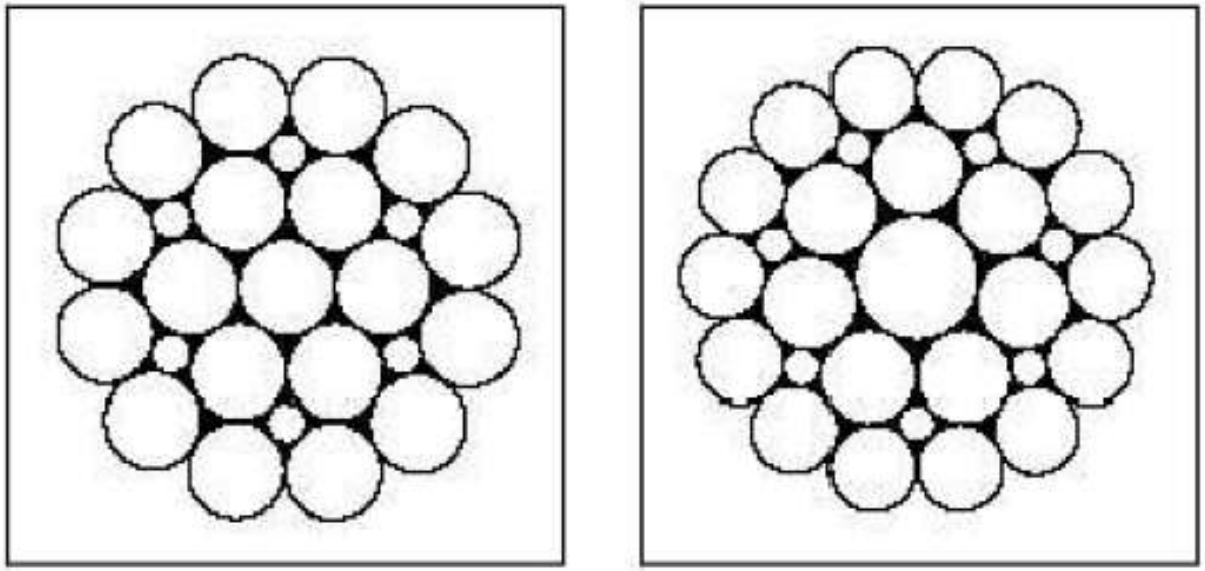


Sezione completa di fune Warrington-Seale

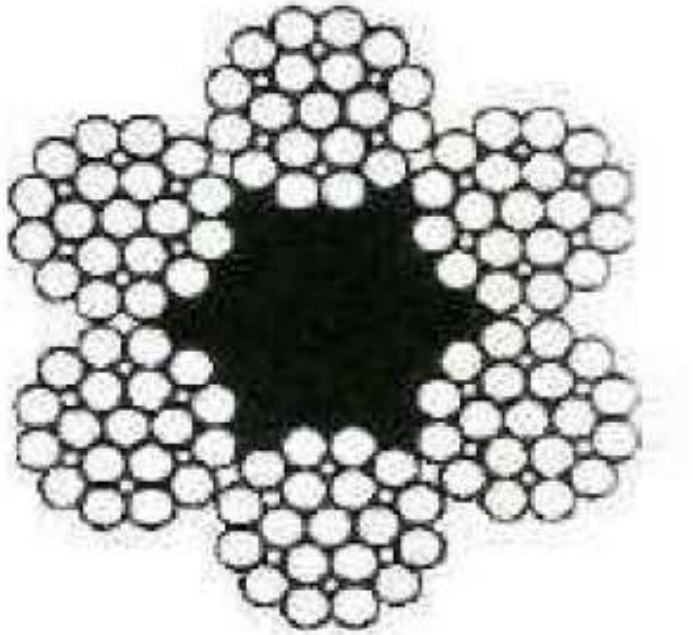
FUNI - TIPOLOGIE

FUNI FILLER

In queste funi i trefoli hanno fili di diametro uguali nei vari strati, ma nei solchi hanno fili di riempimento di minor diametro.
Anche in questo caso i fili hanno contatti lineari (nei solchi).



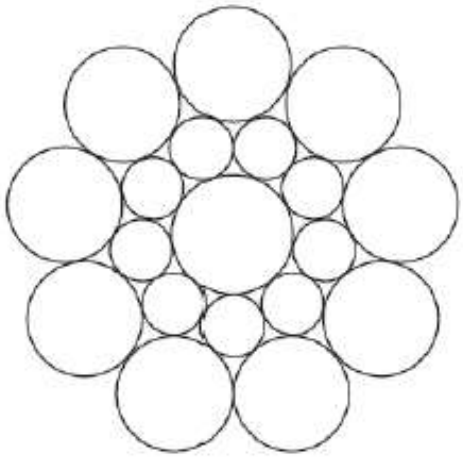
Sezione di trefoli di fune Filler



Sezione completa di fune Filler

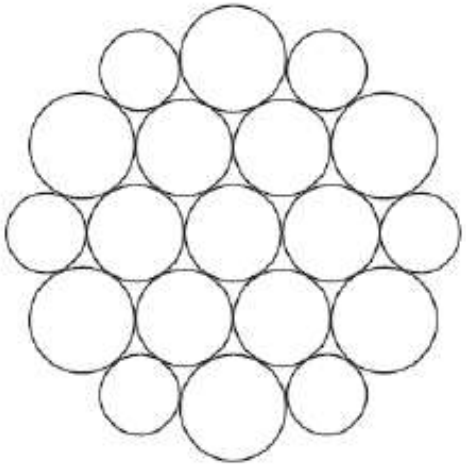
FUNI - TIPOLOGIE

CLASSICHE TIPOLOGIE DI TREFOLO



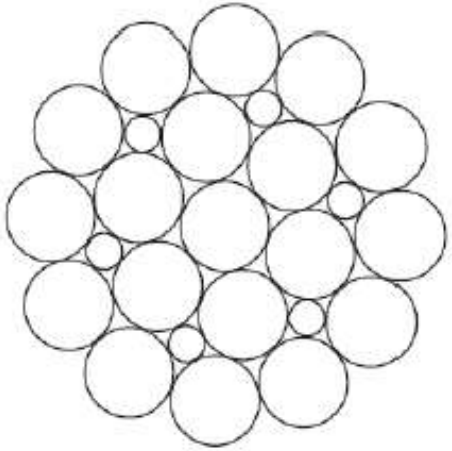
Seale

(9+9+1)=19fili



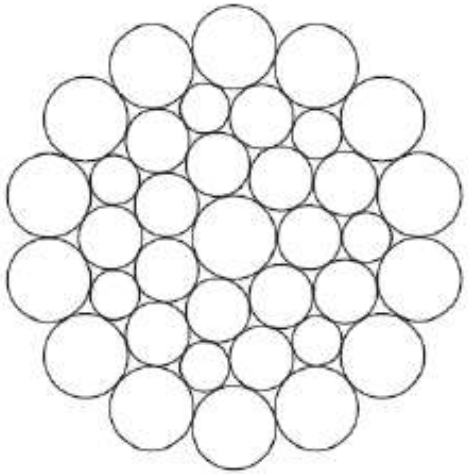
Warrington

(6/6+6+1)=19fili



Filler

(12+6F+6+1)=25 fili

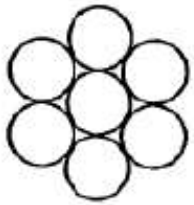


Warrington-Seale

(14+7/7+7+1)=36fili

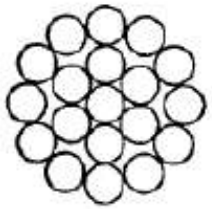
FUNI - TIPOLOGIE

CLASSICHE TIPOLOGIE DI TREFOLO



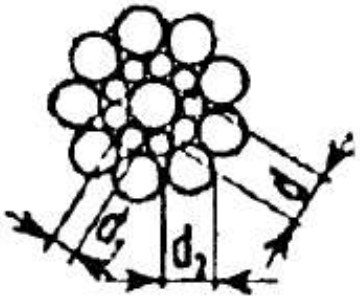
trefolo normale a 7 fili (6+1) - UNI 4433

(a)



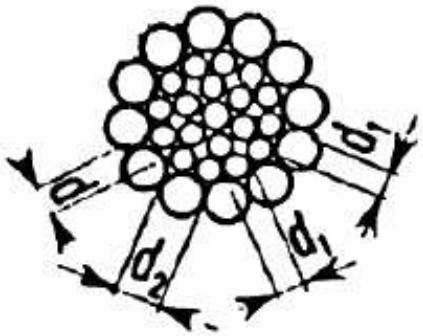
trefolo normale a 19 fili (12+6+1) - UNI 4434

(b)



trefolo tipo SEALE a 19 fili (9+9+1)
- diametro fili esterni d_2
- diametro dei fili dello strato intermedio $d_1 \approx 0.57 x d_2$
- diametro del filo dell'anima $d \approx 1.17 x d_2$

(c)

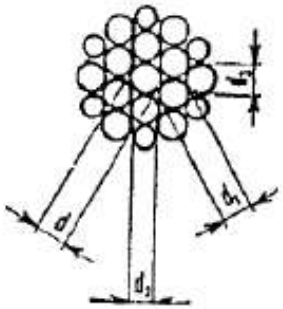


trefolo tipo SEALE a 31 fili (12+12+6+1)

(d)

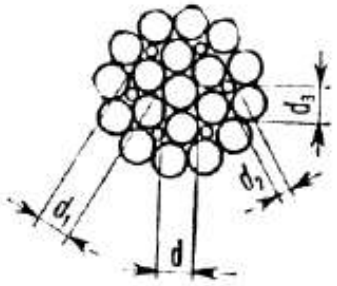
FUNI - TIPOLOGIE

CLASSICHE TIPOLOGIE DI TREFOLO



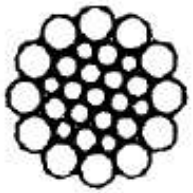
trefolo tipo WARRINGTON a 19 fili (6/6+6+1)
- diametro fili esterni d_3
- diametro dei fili sottili esterni $d_2 \approx 0.75 x d_3$
- diametro dei fili dello strato intermedio $d_1 \approx d_3$
- diametro del filo dell'anima $d \approx 1.03 x d_3$

(e)



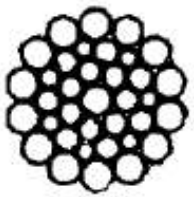
trefolo tipo FILLER a 25 fili (12+6F+6+1)
- diametro fili esterni d_3
- diametro dei fili dello strato intermedio $d_1 \approx d_3$
- diametro dei fili sottili di riempimento $d_2 \approx 0.42 x d_3$
- diametro del filo dell'anima $d \approx 1.03 x d_3$

(f)



trefolo tipo WARRINGTON-SEALE a 31 fili (12+6/6+6+1)

(g)

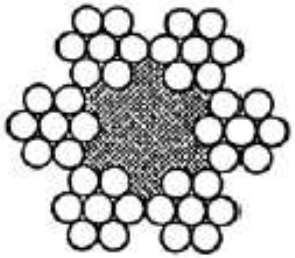


trefolo tipo WARRINGTON-SEALE a 36 fili (14+7/7+7+1)

(h)

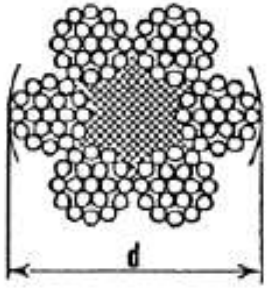
FUNI - TIPOLOGIE

FUNI A TREFOLI CON ANIMA NON METALLICA



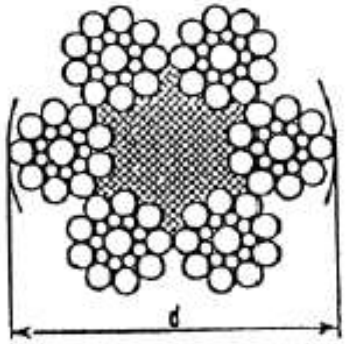
fune a trefoli normali a 42 fili - UNI 4437
6(6+1) + FC

(a)



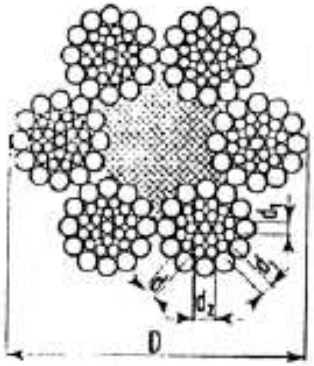
fune a trefoli normali a 114 fili - UNI 4438
6(12+6+1) + FC

(b)



fune a trefoli tipo SEALE a 114 fili – UNI 4444/7169
6(9+9+1) + FC

(c)

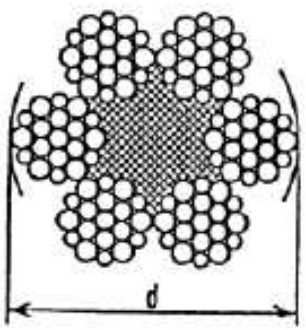


fune a trefoli tipo SEALE a 186 fili – UNI 4445
6(12+12+6+1) + FC

(d)

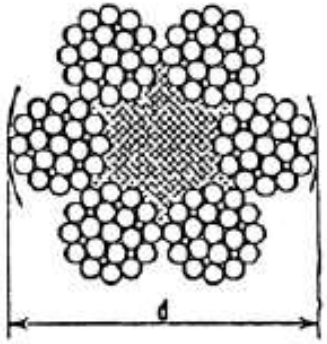
FUNI - TIPOLOGIE

FUNI A TREFOLI CON ANIMA NON METALLICA



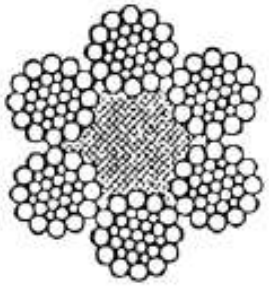
fune a trefoli tipo WARRINGTON a 114 fili
UNI 5395 - 6(6/6+6+1) + FC

(e)



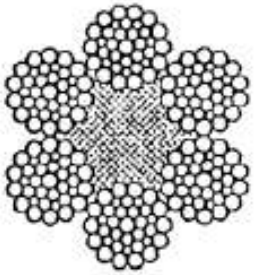
fune a trefoli tipo FILLER a 150 fili
6(12+6F+6+1) + FC - UNI 5396

(f)



fune a trefoli tipo WARRINGTON-SEALE a 186 fili
6(12+6/6+6+1) + FC

(g)



fune a trefoli tipo WARRINGTON-SEALE a
216 fili - UNI 7313
6(14+7/7+7+1) + FC

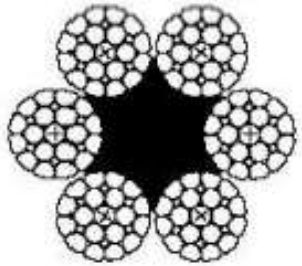
(h)

FUNI - TIPOLOGIE

FUNI COMPATTATE

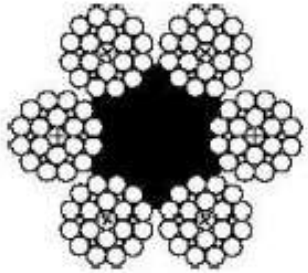
Sono funi delle categorie precedenti la cui superficie dei trefoli viene appiattita durante la fase di produzione. In questo modo la superficie di contatto tra i trefoli viene aumentata, aumentando così la sezione utile a parità di diametro complessivo e diminuendo le vibrazioni.





compacted

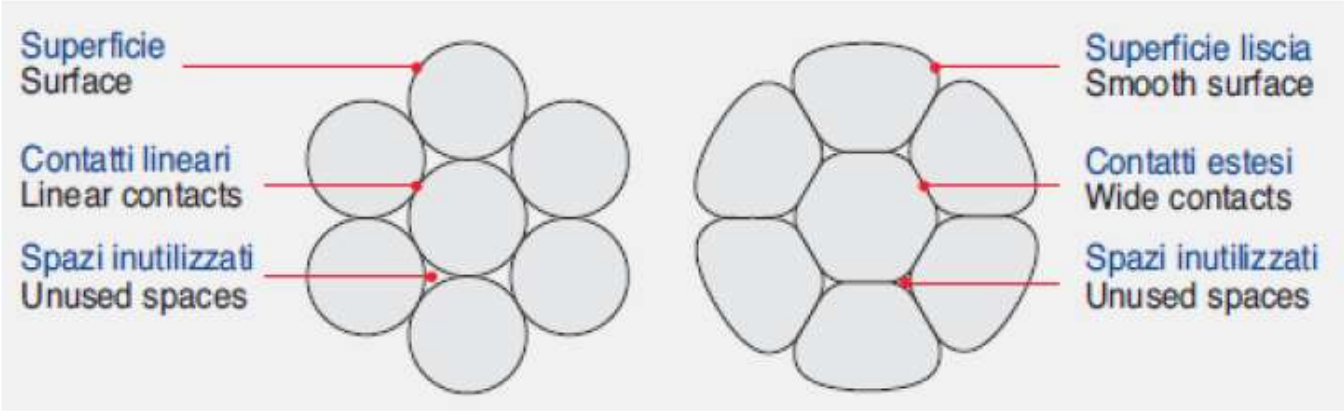




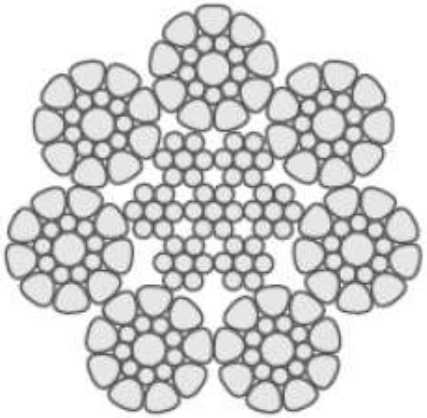
non-
compacted

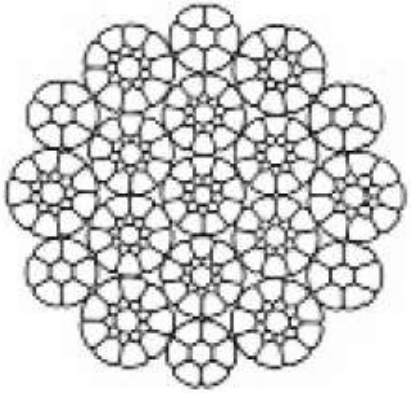
FUNI - TIPOLOGIE

Le funi addensate (trefoli compattati) e i vantaggi



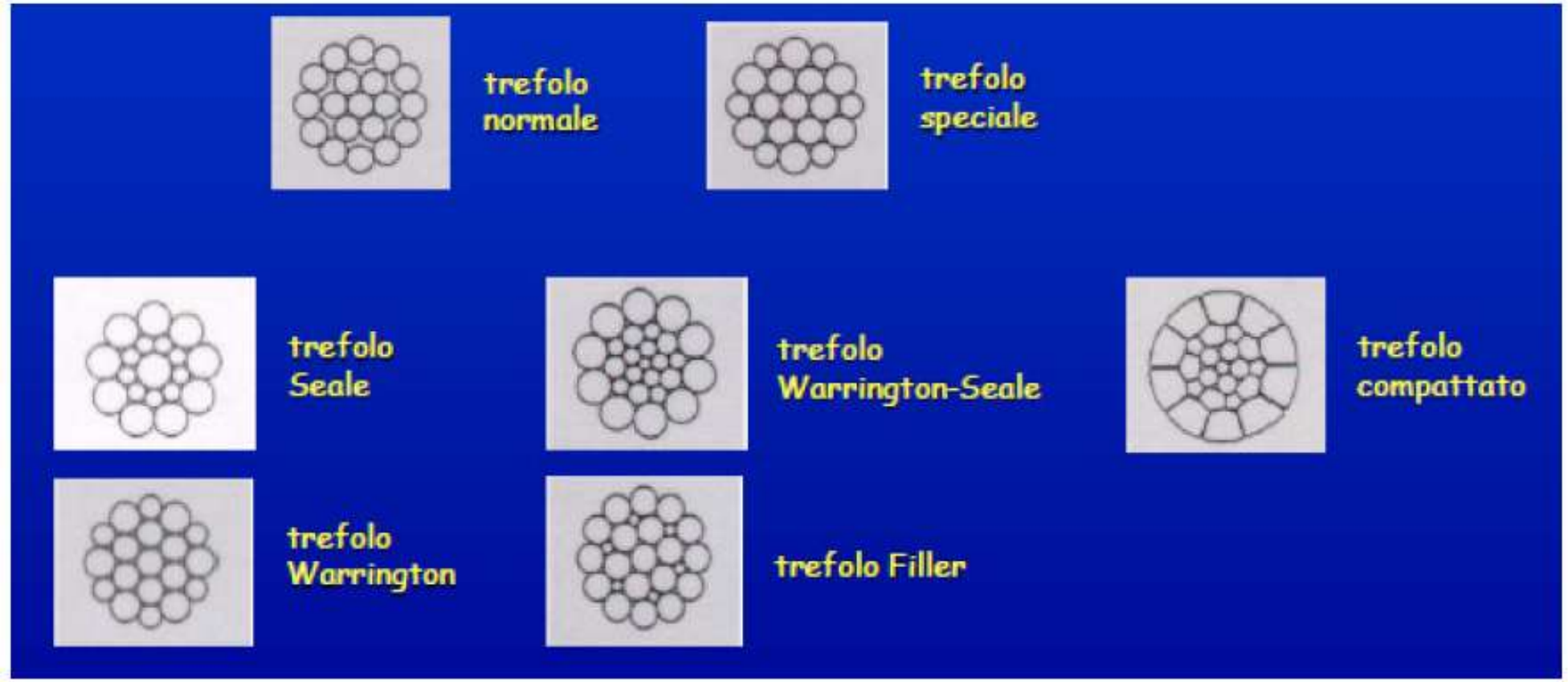






FUNI - TIPOLOGIE

TREFOLI TONDI DI VARIE FORMAZIONI

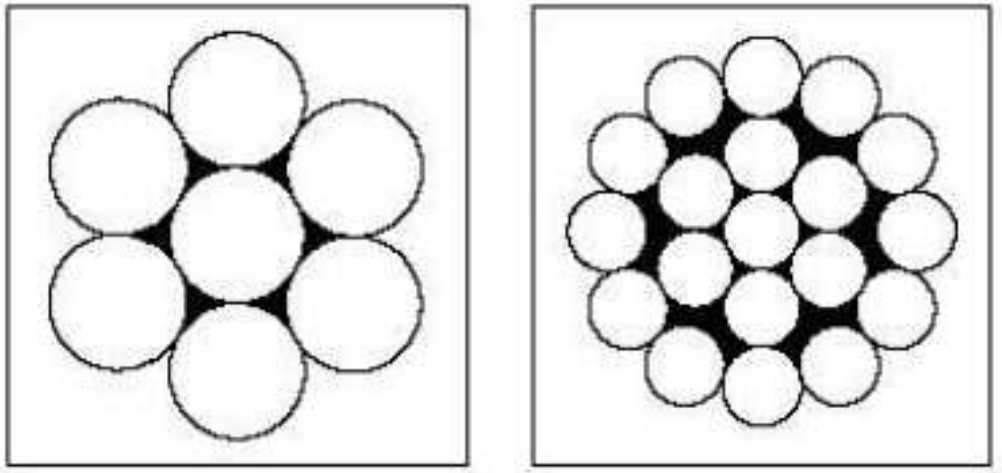


FUNI - TIPOLOGIE

FUNI SPIROIDALI

Sono composte da strati sovrapposti di fili di diametro simile avvolti tra loro in modo elicoidale ma in senso opposto per ogni strato per compensare la torsione. Sono funi ad anima metallica.

Una caratteristica particolare di queste funi è quella per cui un filo rotto esterno, non essendo avvolto in trefoli, si svolge indefinitamente.



Sezione di due tipi differenti di funi spiroidali

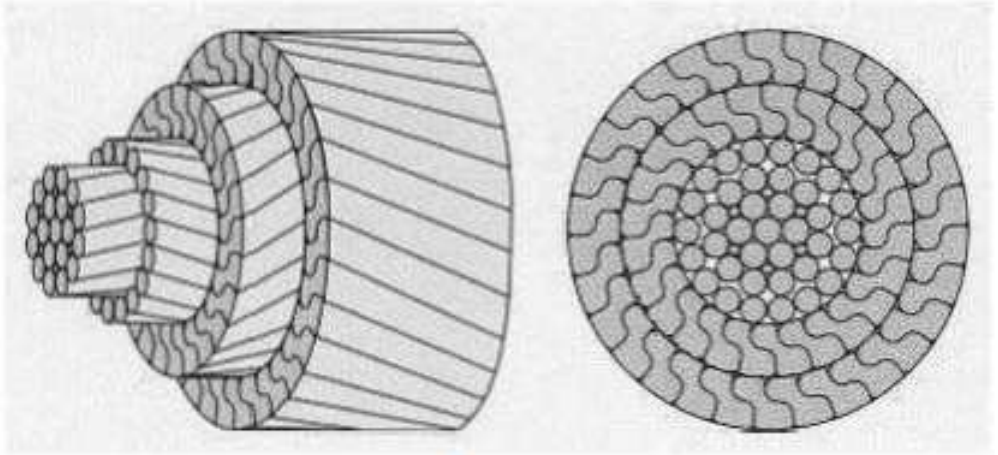
FUNI - TIPOLOGIE

FUNI CHIUSE

Sono particolari funi spiroidali, formate da strati interni a fili tondi, avvolti in senso opposto tra di loro come le comuni funi spiroidali e da due o tre strati esterni a fili sagomati (la più usata è quella a "Z") sempre avvolti in senso opposto, e ogni strato ha la superficie liscia.

Vengono usate come funi portanti di funivie bifune, in quanto questa configurazione ha i seguenti vantaggi:

- meno vibrazioni sul carrello del veicolo
- meno infiltrazioni di acqua, cioè meno corrosioni all'interno
- minore sezione necessaria a parità di resistenza a trazione richiesta



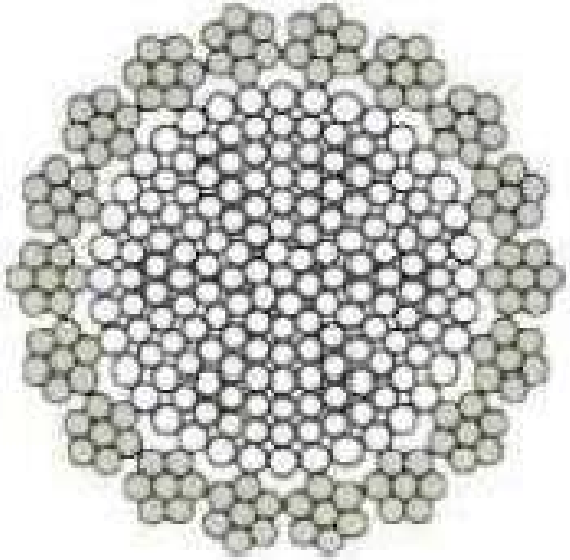
Sezione di fune chiusa

FUNI - TIPOLOGIE

FUNI ERCOLE

In passato, al posto delle funi chiuse, erano utilizzate le cosiddette funi Ercole, composte da un nucleo centrale spiroidale e un mantello esterno di 12 (o 18) trefoli, ciascuno dei quali formato da un filo centrale e 6 fili esterni.

A parità di area della sezione metallica, le funi Ercole hanno maggiore resistenza alla trazione, in quanto nella produzione dei fili sagomati di una fune portante chiusa non è possibile raggiungere gli stessi valori di resistenza unitaria ottenibili per i fili tondi, a motivo della diversa tecnica di trafilatura impiegata.



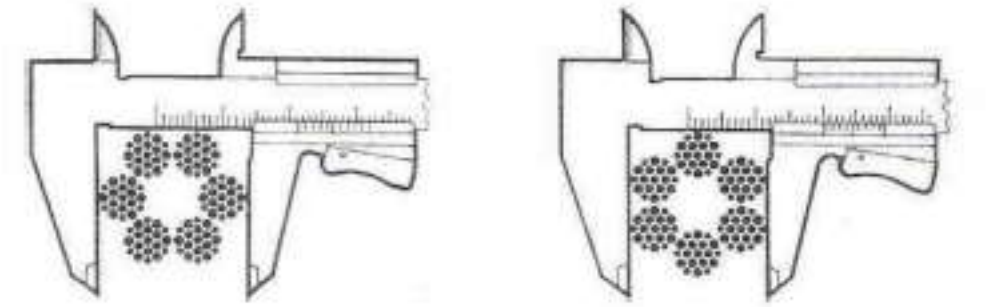
Sezione di fune Ercole

FUNI – PARAMETRI FONDAMENTALI

DIAMETRO E TOLLERANZE

Il diametro normale della fune è il diametro del cerchio circoscritto alla sezione della fune.

La misura del diametro si effettua in due punti distanti almeno un metro; in ciascun punto si misurano due diametri a 90° uno dall'altro; la media dei quattro valori rilevati si assume come diametro effettivo. La misurazione viene fatta normalmente su un tratto di fune diritto.



misurazione del diametro della fune

FUNI – PARAMETRI FONDAMENTALI

FORMAZIONE

Definisce la composizione della fune. Per le funi a trefoli si indica in successione:

- il numero dei trefoli componenti la fune
- il numero dei fili componenti ciascun strato del trefolo
- la composizione dell'anima.

Ad esempio una fune Seale da 114 fili, composta da 6 trefoli, ciascuno con filo centrale, primo strato e strato esterno da 9 fili con anima in materiale sintetico, viene indicata nel modo che segue: 6 x (1 +9+9) + PPC.

FUNI – PARAMETRI FONDAMENTALI

PASSO DI CORDATURA

S'intende come passo di cordatura, o semplicemente passo della fune, la lunghezza in mm, misurabile in direzione assiale, per la quale un filo compie un giro completo attorno alla fune. Spesso il passo di cordatura viene anche indicato come multiplo del diametro del trefolo, ad es. 25 x D.



FUNI – PARAMETRI FONDAMENTALI

SENSO DI AVVOLGIMENTO

Il senso di avvolgimento è riferito ai fili rispetto ai trefoli e ai trefoli rispetto alla fune. E' è composto da due lettere:

- la prima, minuscola, indica il senso di trefolatura dei fili esterni nei trefoli
- la seconda, maiuscola, indica il senso di cordatura dei trefoli nella fune.

Le due lettere possono essere:

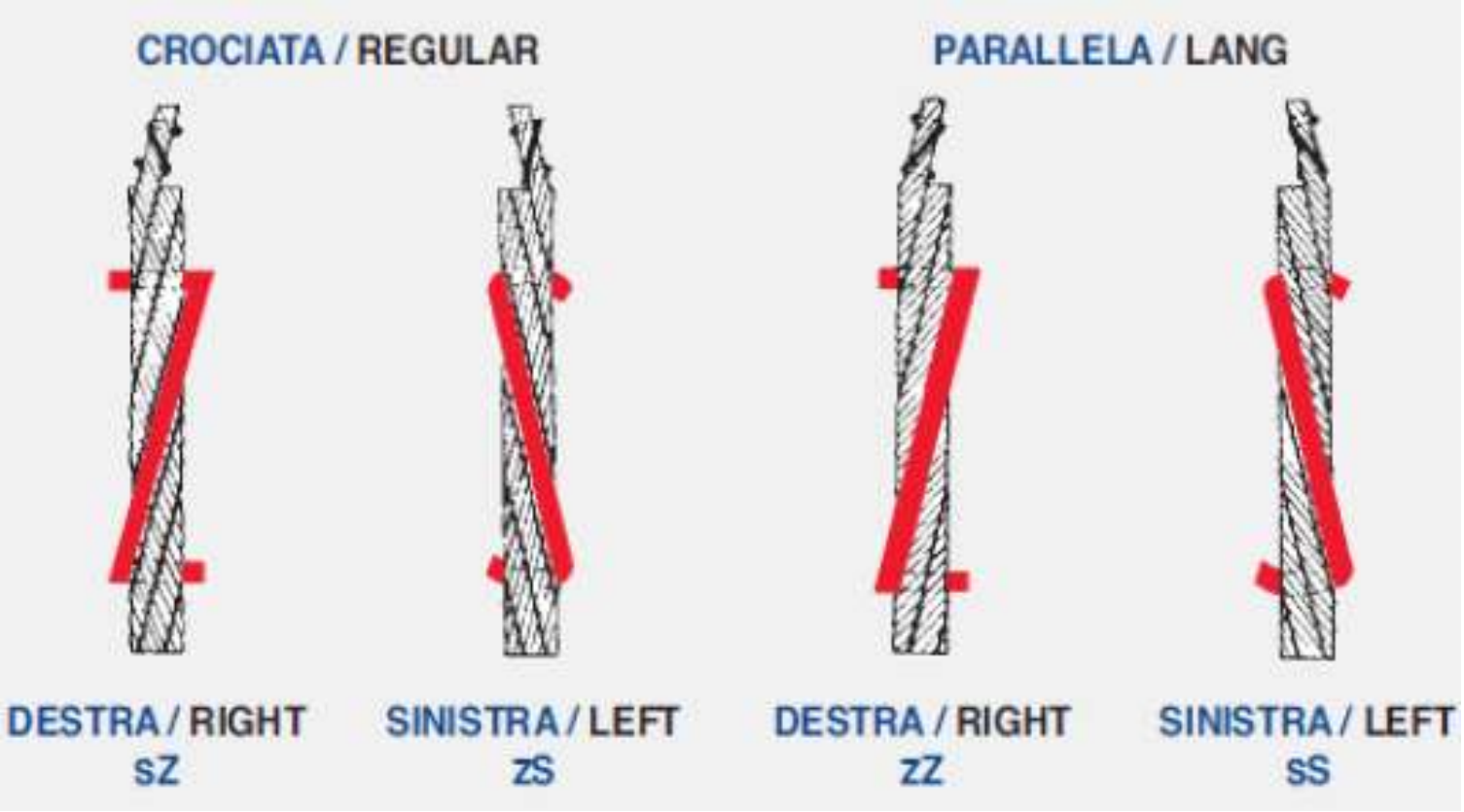
Z: indica il senso di avvolgimento **destro**

S: indica il senso di avvolgimento **sinistro**

FUNI – PARAMETRI FONDAMENTALI

SENSO DI AVVOLGIMENTO

L'avvolgimento si definisce incrociato se il senso di avvolgimento dei trefoli nella fune e dei fili nei trefoli sono contrari. Si definisce parallelo se i due sensi di avvolgimento sono uguali.



FUNI – PARAMETRI FONDAMENTALI

SENSO DI AVVOLGIMENTO

Le funi crociate, ad altri parametri invariati, hanno minore tendenza a ruotare sotto carico rispetto alle funi parallele, ma le funi parallele hanno resistenza all'usura maggiore, grazie alla maggior superficie di contatto fra i fili elementari.

Le funi crociate sono di gran lunga più diffuse delle parallele.

FUNI – PARAMETRI FONDAMENTALI

CARICO DI ROTTURA

Corrisponde alla forza di trazione che applicata alla fune, ne provoca la rottura. Esso dipende dalla resistenza di trazione dei singoli fili, che, per le funi utilizzate negli impianti funiviari, vale approssimativamente tra i 160 e i 220 kg/mm^2.

Esistono tre diverse definizioni del carico di rottura:

- carico di rottura minimo garantito: è quello indicato sul catalogo in corrispondenza ad ogni fune
- carico di rottura effettivo: è il carico che si ottiene nella prova di rottura a trazione e deve essere sempre superiore a quello minimo garantito
- carico somma prima della cordatura: è la somma del carico di rottura dei singoli fili prima della cordatura. È un valore puramente teorico sempre superiore (dal 10 al 20%) ai precedenti carichi.

FUNI – PARAMETRI FONDAMENTALI

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

Il coefficiente di sicurezza delle funi è valutato convenzionalmente come rapporto tra il carico somma della fune e lo sforzo di trazione assiale a regime nel tratto più sollecitato.

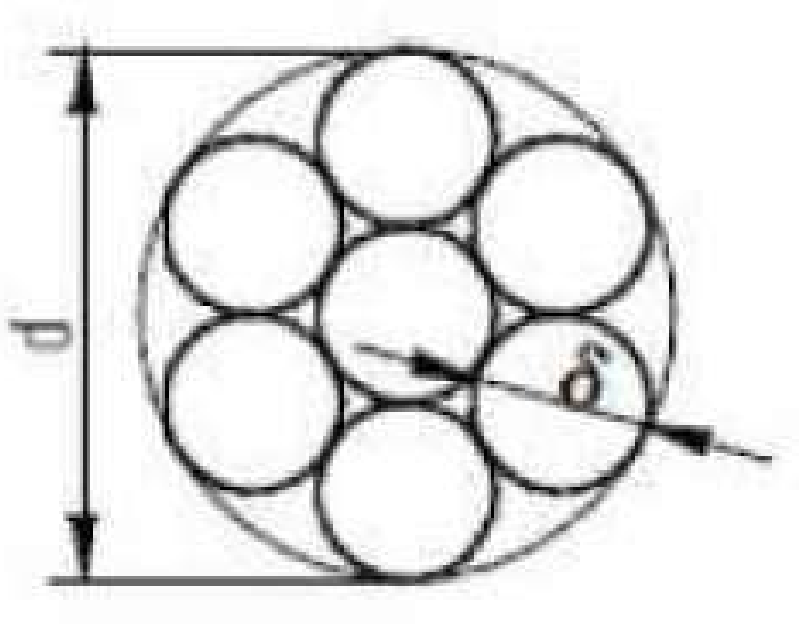
Per gli impianti a fune si deve far riferimento alla norma UNI EN 12927-2 «Requisiti di sicurezza per gli impianti a fune progettati per il trasporto di persone. Parte 2: Coefficienti di sicurezza»

FUNI – PARAMETRI FONDAMENTALI

SEZIONE METALLICA E SEZIONE LORDA

La *sezione metallica* è data dalla somma delle sezioni trasversali di tutti i fili componenti la fune, misurata in mm^2 ed è detta anche sezione resistente.

La *sezione lorda* è invece rappresentata dall'area del cerchio circoscritto alla sezione della fune.



FUNI – MESSA IN OPERA

Il Direttore o il Responsabile dell'esercizio (o l'Assistente Tecnico se previsto) o il Direttore dei lavori, ove previsto, esaminati i documenti di tutte le funi, ne verifica l'idoneità in rapporto alle caratteristiche dell'impianto.
Al termine della verifica comunica all'Autorità di Sorveglianza la posa in opera delle funi.

La data di posa in opera della fune o di spezzoni successivamente inseriti, costituisce riferimento ai fini della determinazione della età della fune o dello spezzone.

FUNI – MESSA IN OPERA

STENDIMENTO

La fune viene confezionata in fabbrica e avvolta su bobine. Dovrebbero essere normalmente svolte su cavalletti adatti, mantenendo la fune costantemente in tensione onde evitare eventuali attorcigliamenti.



FUNI – ATTACCHI DI ESTREMITA’

Le funi sono normalmente dotate di attacchi alle loro estremità per il collegamento a tamburi, contrappesi o vetture.

- **Tamburo**: Attacco di estremità costituito da giri inattivi avvolti permanentemente attorno a un verricello, con fissaggio dell’estremità della fune mediante un morsetto a vite.
- **Capocorda pieno**: Attacco di estremità inserito nell’estremità della fune spazzolata e fissato con metallo fuso.
- **Capocorda a morsetto**: Tipo di attacco di estremità comprendente un cestello del capocorda nel quale tutti i trefoli della fune sono separati l’uno dall’altro e fissati tra il cestello e un cuneo conico, generalmente provvisto di scanalature adattate ai trefoli.
- **Morsetto a vite**: Accessorio costituito da due piastre scanalate tra le quali l’intera fune è pressata e fissata mediante viti.

FUNI – ATTACCHI DI ESTREMITA' (EN 12927-4)

TESTA FUSA

Consiste in una colata con leghe in metallo a basso punto di fusione. Viene utilizzata per ancorare il carrello delle vetture delle funivie bifune ai capi dei semianelli della fune traente oppure per ancorare le funi portanti o tenditrici ai contrappesi.
Viene realizzata utilizzando appositi stampi, dentro cui viene posto un capo della fune con i fili svolti singolarmente e ripiegati per evitare scivolamenti all'interno della colata. La colata avvolge i fili in modo uniforme e crea una struttura unica con essi.

Siccome il punto di giunzione tra la fune e la testa fusa è un punto critico ed è soggetto a forze concentrate, la normativa italiana prevede il rifacimento delle teste fuse *ogni cinque anni*, con conseguente taglio della fune e accorciamento della stessa.

FUNI – ATTACCHI DI ESTREMITA’ (EN 12927-4)

TESTA FUSA



FUNI – ATTACCHI DI ESTREMITA’ (EN 12927-4)

TESTA FUSA



FUNI – ATTACCHI DI ESTREMITA' (EN 12927-4)

Collegamento a teste fuse della fune traente al veicolo funiviario



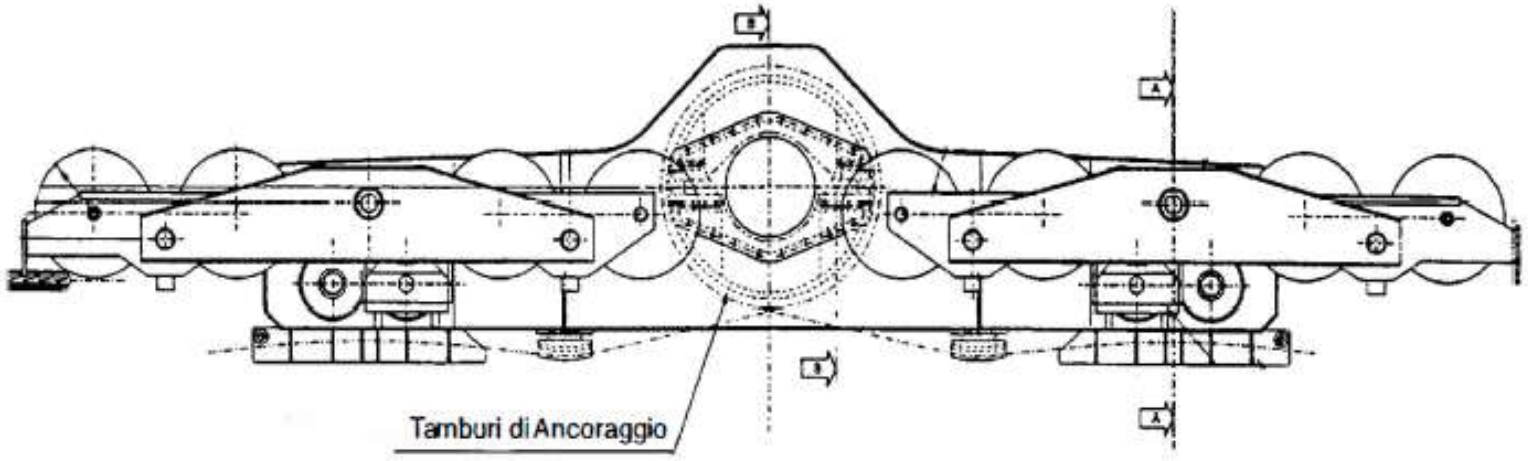
FUNI – ATTACCHI DI ESTREMITA' (EN 12927-4)

TAMBURO D'ANCORAGGIO

Si utilizza:

-al posto della testa fusa per ancorare le cabine delle funivie alla fune traente. In tal caso si parla comunemente di "tamburello", il cui vantaggio è di poter spostare la fune periodicamente in modo da diminuire il cosiddetto "cimento ciclico".

-per ancorare le funi portanti alle strutture di stazione o al contrappeso, quando il tamburo è integrato nel contrappeso stesso.



FUNI – ATTACCHI DI ESTREMITA' (EN 12927-4)

TAMBURO (TAMBURELLO AD ATTRITO E TAMBURO DI ANCORAGGIO)

- L'estremità libera della fune deve essere fissata mediante morsetti a vite, progettati per sopportare almeno tre volte la tensione residua.
- La disposizione del tamburo deve essere progettata in modo tale che la distanza tra il tamburo e il morsetto a vite rimanga costante.
- Un secondo morsetto progettato per sopportare almeno la stessa tensione del primo deve essere montato a circa 10 mm dal morsetto a vite per permettere di rilevare lo slittamento della fune.
- Il tamburo deve essere realizzato in modo tale da contenere almeno 3 giri di fune completi.

FUNI – ATTACCHI DI ESTREMITA’ (EN 12927-4)

TAMBURO



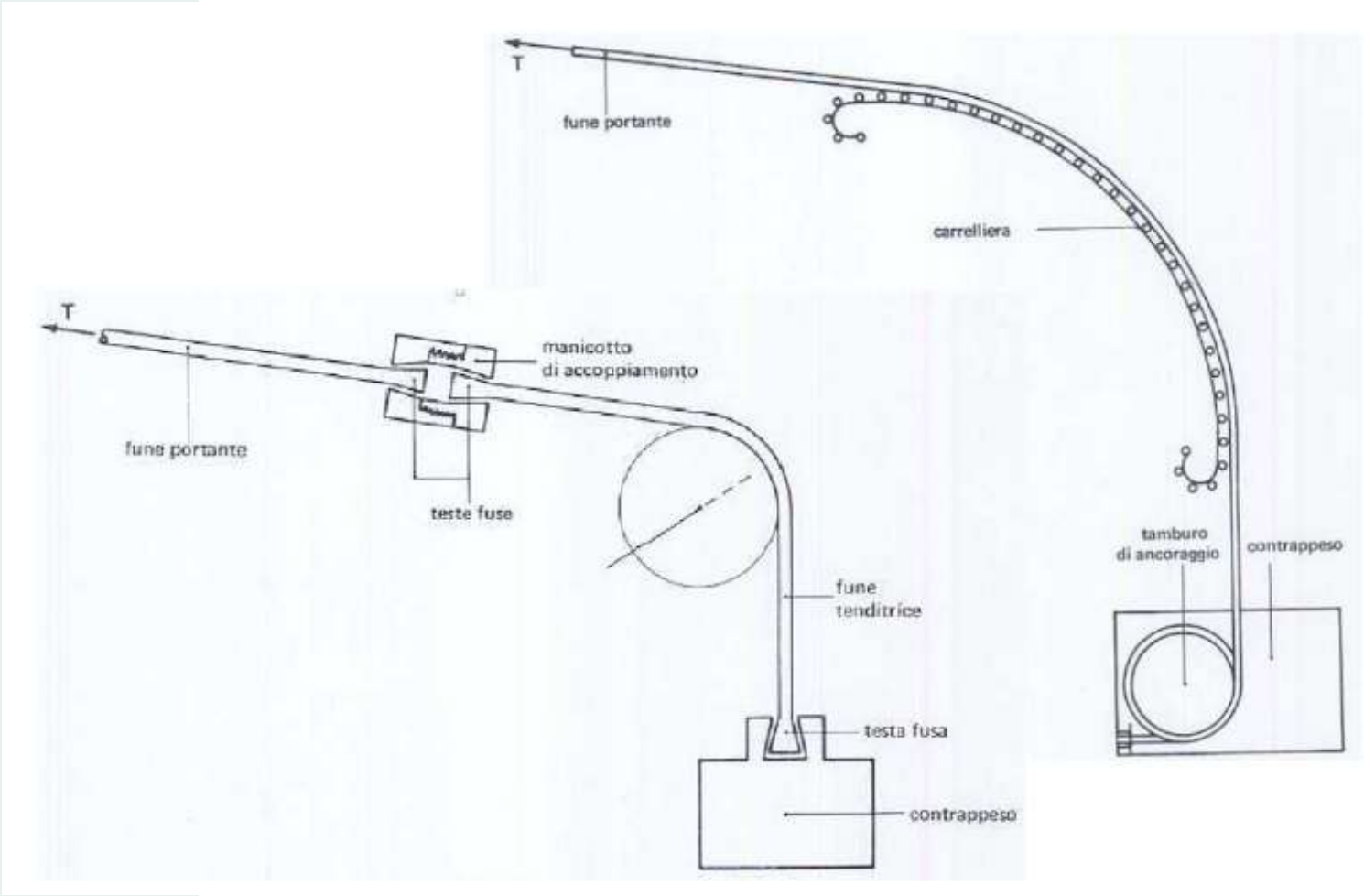
FUNI – ATTACCHI DI ESTREMITA’ (EN 12927-4)

Collegamento a tamburo della fune traente al veicolo funiviario



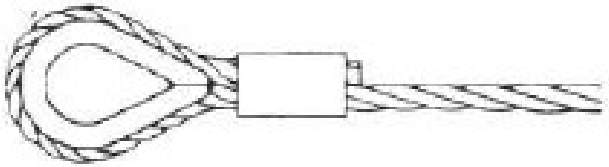
FUNI – ATTACCHI DI ESTREMITA' (EN 12927-4)

SISTEMI DI RINVIO DELLA FUNE PORTANTE AL CONTRAPPESO



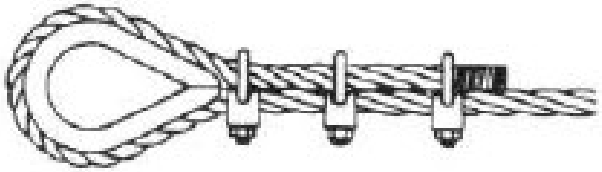
FUNI – ATTACCHI DI ESTREMITA' (EN 12927-4)

ALTRI ATTACCHI DI ESTREMITA'

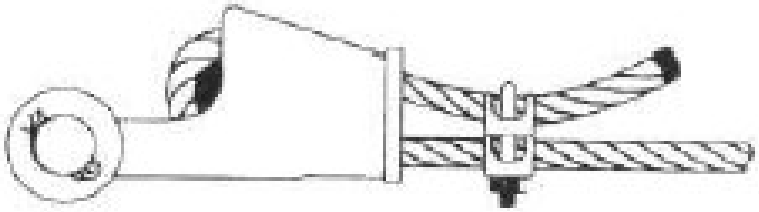


90%

Pressatura di manicotto in lega leggera o in rame
(cilindrico o tronco/conico, con o senza redancia)



Applicazione di morsetti stringifune



Applicazione di capicorda a cuneo
(autobloccanti)

FUNI – IMPALMATURA (EN 12927-3)

IMPALMATURA

E’ un procedimento mediante il quale è possibile unire i due capi di una stessa fune senza impiego di morsetti o altri dispositivi di presa. Se tale operazione viene realizzata a regola d'arte, la fune risulta perfettamente omogenea, il carico di rottura invariato e il punto di unione poco visibile.

E' un procedimento utilizzato per creare un anello di fune, ma viene anche applicato nel caso sia necessario sostituire un tratto di fune traente o portante-traente, perché presenta fili rotti o danneggiati, oppure perché si è reso necessario l'accorciamento della fune stessa.

FUNI – IMPALMATURA (EN 12927-3)

IMPALMATURA

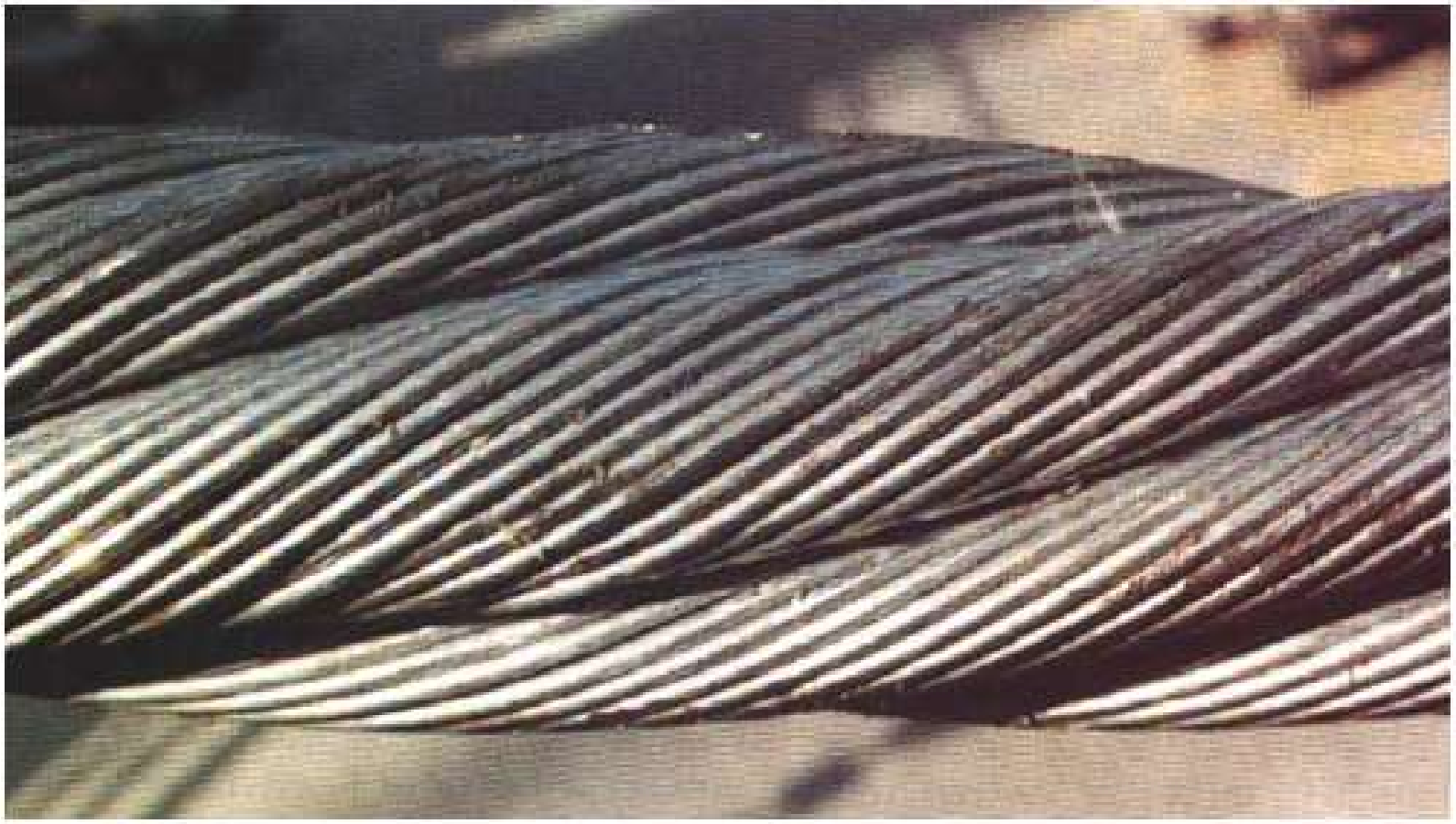
Se funi di diversi produttori devono essere collegate mediante impalmatura, esse devono presentare le stesse caratteristiche essenziali di progetto in termini di diametro nominale della fune, costruzione dei trefoli, carico minimo di rottura, senso e tipo di avvolgimento, grado dei fili, diametro della fune misurato e lunghezza di avvolgimento misurata.

L'impalmatura deve essere eseguita da una persona competente, l'impalmatore, secondo una procedura scritta.

Se vi sono due o più impalmature, queste devono essere marcate in modo permanente in base alla data di esecuzione.

FUNI – IMPALMATURA (EN 12927-3)

IMPALMATURA



FUNI – IMPALMATURA (EN 12927-3)

GEOMETRIA DELL'IMPALMATURA

La lunghezza totale dell'impalmatura e la lunghezza delle estremità deve essere almeno:

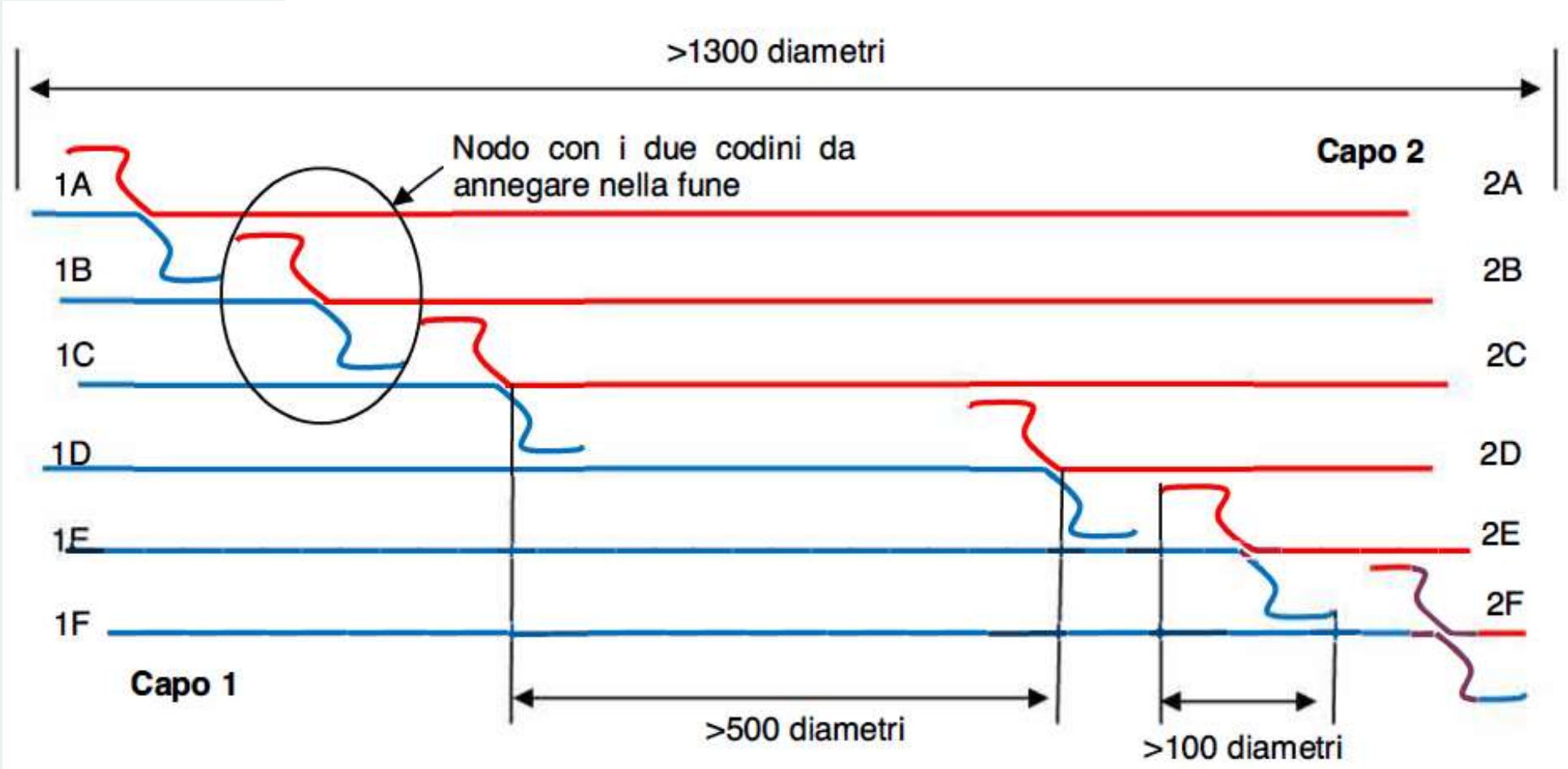
	Lunghezza	Codini
Coefficiente di sicurezza ≤ 15	1 200	> 60
Coefficiente di sicurezza 15 ≤ SF ≤ 20	1 500	> 100

La distanza tra le estremità di due impalmature o tra un'impalmatura e l'estremità della fune deve essere almeno 3000 volte il diametro nominale della fune.

Non sono ammesse più di 5 impalmature in un'unica fune compresa quella iniziale (EN 12927-7 par. 7.2.7).

FUNI – IMPALMATURA (EN 12927-3)

SCHEMA DI PRINCIPIO DI UN'IMPALMATURA



FUNI – IMPALMATURA (EN 12927-3)

SCHEMA DI PRINCIPIO DI UN'IMPALMATURA

Facendo riferimento allo schema della figura precedente, supponendo una fune a sei trefoli, per ogni capo vengono svolti e tagliati tre trefoli (1 A, 1B, 1 C, 2D, 2E, 2F). I tre trefoli non tagliati (1D, 1 E, 1 F, 2A, 2B, 2C) vengono avvolti attorno all'altro capo della fune, al posto dei tre trefoli tagliati. Le sostituzioni dei trefoli vengono terminate a distanze differenti e imposte dalla norma. Si ottengono in tal modo sei coppie di trefoli che si congiungono in sei punti detti "nodi". In questi punti i trefoli vengono fatti annegare nella fune al posto di tratti dell'anima tessile che sono stati precedentemente tolti dall'interno della fune. Il tratto annegato (spesso si parla anche di tratto accecato), è detto "codino".

FUNI – DIFETTI

Le funi metalliche durante il loro utilizzo subiscono il degrado della propria struttura. La velocità di danneggiamento è maggiore nel primo periodo di utilizzo (fase di assestamento), si stabilizza per un periodo intermedio e accelera nel periodo finale della vita della fune.

Difetti di costruzione

Corrosione

Fatica

Fattori accidentali di esercizio

FUNI – DIFETTI

DIFETTI DI COSTRUZIONE

Sono quelle anomalie causate dalla presenza di scorie nelle materie prime, imperfezioni generate da errate operazioni dovute ai trattamenti chimici cui vengono sottoposti i fili metallici (decapaggio) o dall'errato processo di cordatura.

CORROSIONE

La struttura di una fune prevede numerosi spazi tra i fili e i trefoli. Queste cavità spesso vengono occupate da impurità, umidità o acqua. Queste sono le condizioni ideali per la generazione di effetti corrosivi. L'unica difesa a questo fenomeno è l'utilizzo di opportuni lubrificanti inseriti in ogni strato della fune, accompagnati da una lubrificazione esterna periodica nel tempo.

FUNI – DIFETTI

FATICA

Gli effetti affaticanti sulla fune sono causati da tutte quelle azioni, diverse dalla trazione, a cui è sottoposta durante il normale esercizio. Il continuo passaggio su pulegge e rulli, la flessione ciclica sulle carrelliere ed il variare del carico a cui la fune è sottoposta sono tutte cause di principi affaticanti per i fili metallici.

Norme specifiche in materia fissano i raggi di curvatura minima da rispettare per le pulegge, i rulli e gli altri elementi su cui la fune potrebbe avvolgersi.

FUNI – DIFETTI

FATTORI ACCIDENTALI DI ESERCIZIO

Sono tutti quei danni che la fune subisce durante il montaggio o l'errata movimentazione. L'errato srotolamento delle funi dalle bobine o la scarsa accuratezza durante il montaggio.
Altri danni possono verificarsi nella messa in tensione della fune. Strisciamenti a terra, passaggio nelle pulegge, scarrucolamenti, impuntamenti dei morsetti d'aggancio con altri elementi.

Da non trascurare i danni accidentali scaturiti da agenti atmosferici. I fulmini possono generare surriscaldamenti localizzati nelle funi provocati dall'effetto arco. Gli effetti di questo riscaldamento possono essere la fusione del metallo, la modifica della struttura metallografica e l'alterazione della sezione o della superficie della fune.

FUNI – DIFETTI DI ESERCIZIO

Fretting corrosion nelle zone di contatto tra i trefoli



Si nota l'ossidazione della limatura.

A volte, nelle funi a più strati di trefoli, la limatura non subisce il processo di ossidazione, e di conseguenza rimane grigia o nera.

FUNI – DIFETTI DI ESERCIZIO

fig. 13 – rotture di fili per fatica

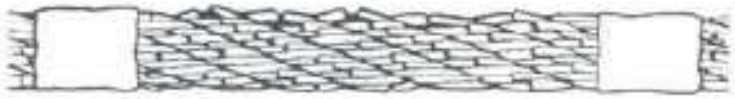


Rottura per fatica: il filo si spezza nettamente, a 90° rispetto all'asse



Rottura per sovraccarico: il filo si assottiglia poi si spezza, con la tipica forma a coppa da un lato ed a cono dall'altro





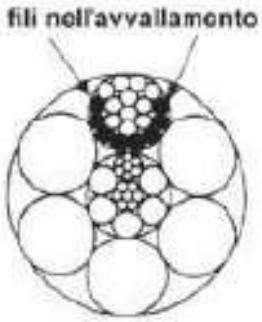


piegando la fune si evidenziano i fili rotti

scartate la fune, se rilevate anche un solo filo rotto nell'avvallamento



fili rotti per fatica nella corona dei trefoli





FUNI – DIFETTI DI ESERCIZIO

Rotture a becco di flauto (fatica + tenso corrosione)



FUNI – DIFETTI DI ESERCIZIO

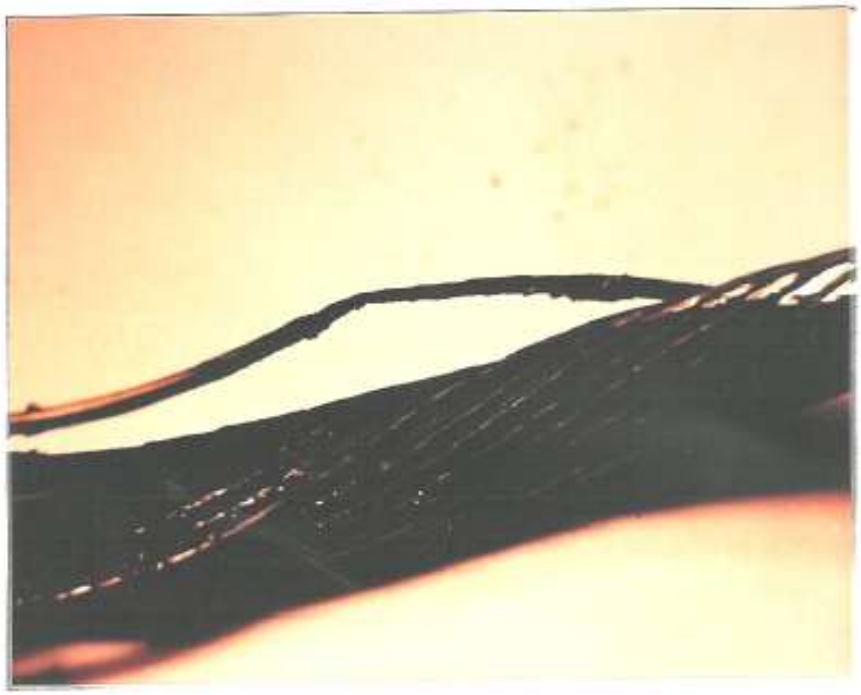
La corrosione esterna delle funi

- **Corrosione esterna.-** La corrosione esterna produce una riduzione del diametro dei fili: la corrosione è un deterioramento più grave che non l'usura. La corrosione si verifica particolarmente in ambienti industriali e marini inquinati, diminuendo la forza di rottura della fune e la sezione metallica, accelerando la fatica causata dalle irregolarità superficiali che portano alla rottura della fune. Una severa corrosione causa una riduzione di elasticità della fune. La corrosione dei fili esterni sono normalmente rilevati visivamente. Fili lenti dovuti all'attacco della corrosione è un motivo di immediata sostituzione.



FUNI – DIFETTI DI ESERCIZIO

La corrosione interna delle funi





FUNI – DIFETTI DI ESERCIZIO

Fenomeni tensocorrosivi

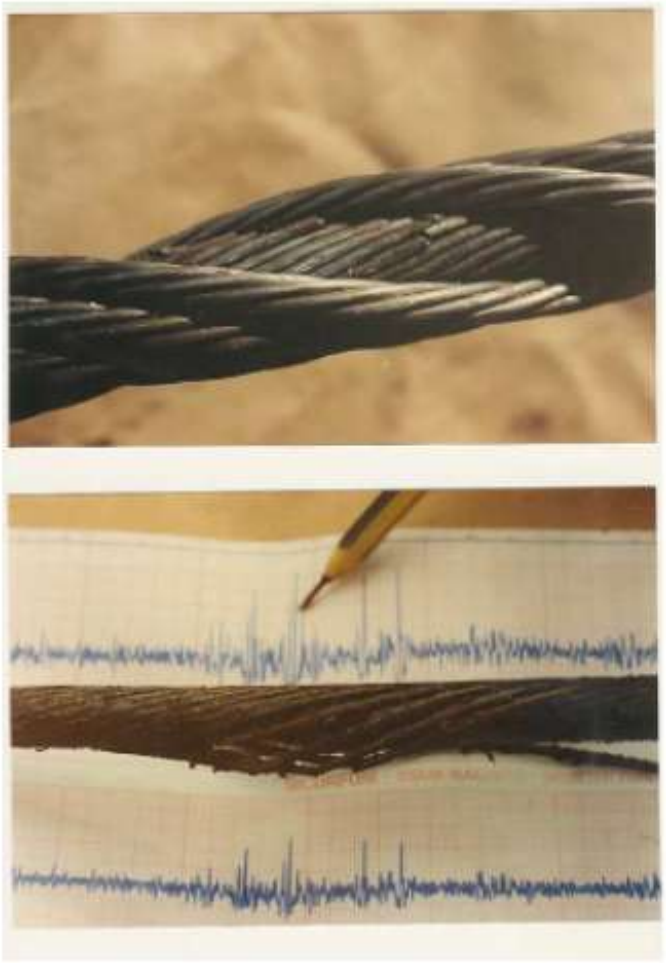


Figura 23.41: Trefoli interessati da rotture per tensocorrosione e corrosione



Figura 23.42: Zoom su alcuni fili rotti per corrosione

FUNI – DIFETTI DI ESERCIZIO

Vari tipi di difetto di funi di funivia



Abrasion



Lightning



Scarrucolamento fune e impuntamento della morsa



Fatigue broken wire



Internal corrosion

FUNI – DIFETTI DI ESERCIZIO



FUNI – DIFETTI DI ESERCIZIO

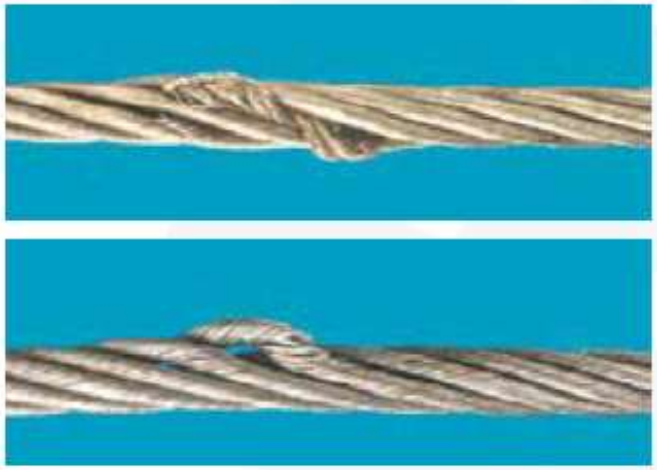
Danni da fulminazione





FUNI – DIFETTI DI ESERCIZIO

- **Espulsione dell'anima o distorsione del trefolo.** Questo difetto è un particolare tipo di cesto o infiascatura in cui si denota l'espulsione dell'anima (o del centro della fune, nel caso di una fune antigiro) tra i trefoli esterni, o espulsione di un trefolo esterno della fune o fuoriuscita di un trefolo dall'anima tra i trefoli esterni. La fune con questo difetto sarà immediatamente scartata.







FUNI – CONTROLLI

CONTROLLI

Le funi degli impianti sono sottoposte a controlli periodici, strumentali e visivi, in base a scadenze dettate dalla normativa vigente, volti ad accertarne il corretto funzionamento ed il permanere delle condizioni di sicurezza.

In particolare, i controlli servono a rilevare:

- difetti di superficie: aspetto anomalo dei fili, usura generale, abrasione, folgorazione, corrosione;
- difetti interni: dei fili all'interno della fune;
- difetti strutturali: fili rotti, fili allentati, deformazioni locali;
- difetti geometrici: diminuzione di diametro; modifica del passo del trefolo, ondulazione, deformazione dell'impalmatura.

Ogni attacco di estremità deve essere controllato per rilevare l'eventuale slittamento della fune.

FUNI – CONTROLLI

ISPEZIONE VISIVA

L'ispezione visiva dell'intera lunghezza della fune viene eseguita annualmente, movimentando la fune a bassa velocità, soprattutto per esaminare i punti singolari (zone di danneggiamento già rilevate, impalmatura, attacchi di estremità). L'ispezione visiva di tutta la fune, prevista dalle normative, non è di facile esecuzione.

Gli aspetti essenziali da controllare sono:

- lo stato di lubrificazione
- il grado di corrosione
- l'eventuale danneggiamento dei fili causato da pressione e usura
- la presenza di fili rotti (esterni)

FUNI – CONTROLLI

ESAME MAGNETO-INDUTTIVO

Il metodo di prova magneto-induttivo delle funi d'acciaio è definito comunemente come un metodo di controllo sia interno che esterno delle funi.

Per approfondimenti si consultino le dispense dedicate a tale metodologia di controllo.

Per la periodicità dei controlli si deve far riferimento al D.D. n°144 del 18/05/2016 ossia:

- prima della messa in servizio;
- Sino al decimo anno dalla prima posa in opera, con frequenza biennale e poi ogni anno.

FUNI – MANUTENZIONE (EN 12927-7)

LUBRIFICAZIONE

La lubrificazione della fune facilita lo scorrimento reciproco dei fili ed inibisce la formazione di ossido.
La scelta del lubrificante deve essere fatta in accordo con quanto indicato dal produttore nel manuale di uso e manutenzione, e deve essere compatibile con il lubrificante originale e con la tipologia di rivestimento di rulli e pulegge.
La lubrificazione viene generalmente eseguita con frequenza annuale, ma alcune funi non richiedono lubrificazione in quanto mantengono la lubrificazione d'origine nel tempo.
È importante che la lubrificazione venga eseguita in assenza di umidità, per evitare la penetrazione di vapore d'acqua all'interno della fune. Il grasso in eccedenza deve essere asportato meccanicamente mediante una spazzola od un mezzo analogo.

FUNI – MANUTENZIONE (EN 12927-7)

RIPARAZIONI

La riparazione delle funi metalliche deve essere affidata a una persona competente.

Le parti riparate della fune metallica devono essere identificate da una marcatura permanente. Tale prescrizione non si applica alle sciovie.

FUNI – MANUTENZIONE (EN 12927-7)

SCORRIMENTO DELLE FUNI PORTANTI

All'atto della costruzione dell'impianto, o in occasione della sostituzione di funi portanti, deve essere prevista una riserva di fune avente lunghezza almeno tale da consentire l'effettuazione di un congruo numero di scorrimenti.

Il cambio di posizione della fune portante deve essere eseguito almeno ogni 12 anni se raggio carrelliera / diametro fune > 150.

Ogni 7 anni per R/d compreso tra 120 e 150

Ogni 5 anni per R/d < 120

FUNI – MANUTENZIONE (EN 12927-7)

SCORRIMENTO DELLE FUNI PORTANTI

L'entità dello scorrimento deve essere almeno pari alla maggiore delle seguenti lunghezze, eventualmente maggiorata per poter effettuare il controllo magnetoinduttivo sul tratto di fune spostato:

- lunghezza del tratto interessato dalla carrelliera o dagli analoghi dispositivi di rinvio al contrappeso;
- lunghezza dei tratti interessati dalle eventuali scarpe di appoggio di stazione e/o di linea, avendo cura che il tratto precedentemente interessato dalla scarpa di stazione non venga successivamente posizionato sulla carrelliera e che i tratti interessati dalle scarpe di linea vengano disposti in campata aperta.

Per quanto attiene ai *cavallotti* sulle funi portanti, deve essere previsto il loro spostamento con le periodicità e modalità previste dal costruttore, ma comunque almeno ogni anno.

FUNI – MANUTENZIONE (EN 12927-7)

CAMBIO DI POSIZIONE DEGLI ATTACCHI FISSI DELLE FUNIVIE MONOFUNE

La posizione degli attacchi fissi delle funivie monofune con veicoli distanziati uniformemente deve essere cambiata a intervalli t non maggiori, in ore di servizio, del valore dato dalla formula t = K*L/V dove:

L = lunghezza della fune in metri

V = la velocità di esercizio in metri al secondo

K = 0,8 (funi parallele) - 0,5 (funi crociate)

Ogni attacco deve essere spostato nella direzione opposta a quella del movimento della fune, su una distanza almeno pari alla sua lunghezza totale (comprese le palmole) più 2 volte il diametro della fune. L'intervallo di tempo tra due spostamenti non deve essere maggiore di due mesi.

FUNI – MANUTENZIONE (EN 12927-7)

CAMBIO DI POSIZIONE DEGLI ATTACCHI FISSI DELLE FUNIVIE BIFUNE E FUNICOLARI

La posizione di questi attacchi fissi deve essere cambiata:

- ogni 200 ore di esercizio in caso di fune traente singola;
- una volta all'anno in caso di due o più funi traenti.

La lunghezza di spostamento deve essere almeno pari alla lunghezza dell'area di contatto più un passo del trefolo nella fune, al fine di rendere ispezionabile il tratto precedentemente nascosto.

FUNI – CRITERI DI DISMISSIONE (EN 12927-6)

DURATA IN SERVIZIO DELLE FUNI

I criteri di dismissione delle funi si basano sulla riduzione della sezione metallica della fune e sull'analisi dei deterioramenti localizzati.

In Italia per i criteri di dismissione delle funi si deve far riferimento al D.D. n°144 del 18/05/2016.