



MANUALE D'USO E MANUTENZIONE FUNI DI ACCIAIO Normativa di Rif. UNI ISO 4309

MQ/MC/TI
Rev. 1

REQUISITI DI SICUREZZA

Generalità

Le istruzioni d'uso e manutenzione devono essere fornite dal fornitore, definendo i principi generali per la cura e la manutenzione, l'ispezione e lo scarto di funi di acciaio.

Definizioni generali

FUNE : una fune di acciaio è l'insieme di più trefoli avvolti attorno ad un'anima; i trefoli a loro volta, sono composti da un certo numero di fili che caratterizzano il tipo di costruzione della fune stessa.

FILO : è l'elemento principale della fune di acciaio, è ricavato dalla trafilatura della vergella. Attraverso vari passaggi di riduzione la vergella si trasforma nel filo che avrà le caratteristiche dimensionali e meccaniche prestabilite per ogni tipo di fune. Per particolari applicazioni può essere anche zincato mediante immersione a caldo in un bagno di zinco.

TREFOLO : è l'insieme di più fili disposti elicoidalmente attorno ad una anima centrale che può essere tessile o metallica.

Elenchiamo di seguito le principali caratteristiche che definiscono le funi:

- Diametro e tolleranze
- Formazione e numero dei fili
- Senso di avvolgimento
- Sezione metallica
- Carico di rottura
- Peso unitario

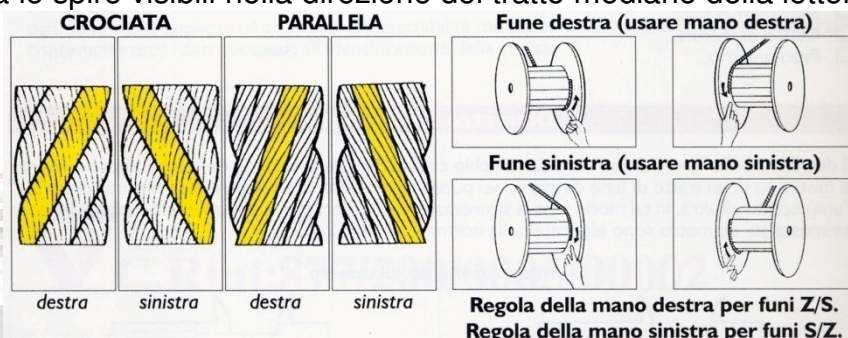
Diametro e tolleranze: il diametro della fune è il diametro del cerchio circoscritto dalla sezione della fune. Normalmente si misura su di un tratto di fune dritto e, nel punto prestabilito, si effettuano due misurazioni a 90° l'una rispetto all'altra. In tal modo si ha la sicurezza di aver calibrato il diametro effettivo. Le tolleranze ammesse sul diametro sono elencate nella seguente tabella.

misurazione del diametro		
metodo corretto	metodo errato	
Tabella delle Tolleranze		
Diametro nominale della fune mm.	Scostamenti limite sul diametro nominale di funi con trefoli con anime tessili % con anime metalliche %	
2 e 3		+7 -1
4 e 5	+8 -1	+6 -1
6 e 7	+7 -1	+5 -1
≥8	+6 -1	+4 -1

Formazione e numero dei fili: la formazione definisce la composizione della fune. Nelle tabelle per le funi a trefoli si indica in successione in numero dei trefoli, il numero dei fili che compongono i trefoli, la composizione dell'anima.

Senso di avvolgimento:

- Avvolgimento "Z" destro, è quello di una fune che, tenuta in posizione verticale, presenta le spire visibili nella direzione del tratto mediano della lettera Z
- Avvolgimento "S" sinistro, è quello di una fune che, tenuta in posizione verticale, presenta le spire visibili nella direzione del tratto mediano della lettera S



Sezione metallica: è data dalla somma delle sezioni trasversali rette di tutti i fili componenti la fune. Può essere determinata in base al coefficiente di riempimento "F" (fill factor):

S = sezione metallica in mm²

F = coefficiente di riempimento

$$S = 0,785 \cdot F \cdot d^2$$

D = diametro nominale della fune in mm.

Carico di rottura:

- Minimo garantito: è quello che vale agli effetti delle norme antinfortunistiche
- Effettivo: è quello che si ottiene nella prova di rottura a trazione e deve sempre essere superiore a quello minimo garantito
- Addizionale: è la somma dei carichi di rottura dei singoli fili; è sempre superiore ai precedenti carichi ma è puramente teorico e non serve per stabilire la portata della fune.

Peso unitario: i pesi per metro hanno un valore indicativo; avendo le funi tolleranze di lavorazione, anche i pesi subiscono delle tolleranze che di seguito indichiamo:

- Funi con anima tessile: -4% +8%
- Funi con anima metallica: -3% +5%

Allungamento – Modulo Di Elasticità – Prestiramento

Ogni tipo di fune sottoposta ad uno sforzo di trazione subisce due tipi di allungamento:

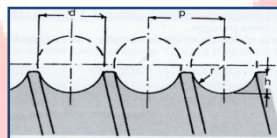
1. L'allungamento elastico, dovuto alla elasticità dell'acciaio, che si calcola in base ai moduli di elasticità apparente propri delle funi di acciaio.
2. L'allungamento permanente, dovuto all'assestamento delle varie parti che compongono la fune (schiacciamento dell'anima tessile, assestamento dei fili nei trefoli e dei trefoli nella fune); normalmente si verifica nel periodo iniziale di lavoro della fune e la sua percentuale, che varia da 2% all'8%, dipende dal numero delle torsioni e dei piegamenti che la fune subisce.
3. Il modulo elastico è diverso per i vari tipi di fune e dipende anche dal tipo di filo di acciaio impiegato, dai passi di avvolgimento e dal coefficiente di sicurezza con cui

viene fatta lavorare la fune. Il valore del modulo di una determinata fune può essere ricavato solo mediante una prova su banco di trazione.

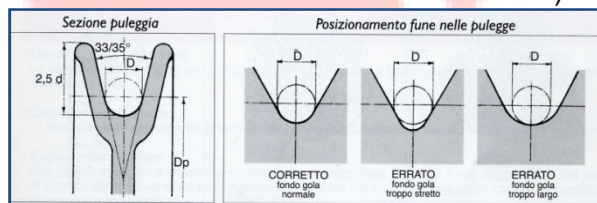
4. Il prestiramento di una fune serve ad evitare gli inconvenienti che derivano
5. dall'allungamento permanente dopo la messa in opera della fune stessa. Esso serve quando le funi sono destinate ad un utilizzo fisso come strallature di ponti o tralicci dove non è più possibile modificare la lunghezza della fune dopo la messa in opera. Si ottiene sottoponendo la fune ad un ciclo di tensioni leggermente inferiori al limite di elasticità dell'acciaio in modo da produrre l'assestamento delle parti che compongono la fune stessa.

Impiego delle funi sui tamburi e sulle pulegge

TAMBURI: devono avere un diametro che deve essere almeno 25 volte il diametro della fune e quando possibile, devono essere scanalati. Il passo della scanalatura (P) deve essere maggiore del diametro della fune dell'8% circa per funi fino a 10 mm., del 6% per funi fino a 20 mm. e del 5% oltre. Quando le funi si avvolgono sul tamburo in più strati si verificano forti pressioni ed attriti sulle spire man mano che le stesse si affiancano e sovrappongono. Una forte pressione si verifica soprattutto nei due punti in cui ciascuna spira, avvolgendosi, scavalca le spire sottostanti. Il danno maggiore si ha quando la fune si avvolge sul tamburo in modo irregolare incastrando le spire superiori in quelle inferiori. In fase di svolgimento la fune subisce uno strappo ed uno schiacciamento che, aumentando gli attriti e le pressioni causa spesso anticipatamente il deterioramento della fune in opera. Si dovranno quindi adottare degli accorgimenti per assicurare un avvolgimento regolare alla fune, attenendosi a quanto consigliato circa il passo della scanalatura del tamburo e scegliendo un tipo di fune che riduca l'effetto pressione e attriti tra le spire che la compongono.



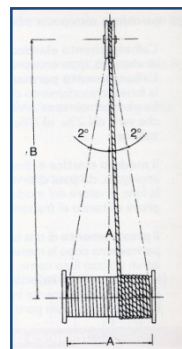
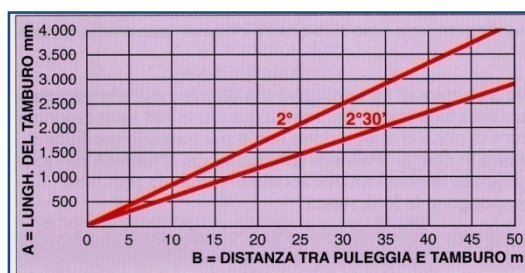
PULEGGE: per avere una buona durata delle funi che lavorano su delle pulegge bisogna oltre che osservare un corretto rapporto tra il diametro della puleggia e della fune, prevedere un appropriato dimensionamento della gola $D=d+8\%$ (in cui d è il diametro nominale della fune). Gole con dimensioni insufficienti od eccessive provocano deformazioni della fune nelle parti che la compongono pregiudicandone il comportamento e la durata. Si raccomanda ogni qualvolta si sostituisca una fune, di controllare il fondo gola delle pulegge evidenziando eventuali anomalie (il diametro del fondo gola deve essere superiore al diametro della fune nella misura del 7-10%).



Angolo di deviazione

L'angolo di deviazione è l'angolo formato dall'asse della fune con il piano passante per la gola della puleggia. E' importante che la puleggia sia ad una distanza dal tamburo tale da rendere minimo quest'angolo. Quando le funi si avvolgono su tamburi non scanalati in più strati, l'angolo di deviazione non deve superare $1^{\circ}30'$ per evitare l'avvolgimento irregolare sul tamburo. Quando si tratta di avvolgere la fune su tamburi scanalati l'angolo di deviazione non deve mai superare i 2° . Oltre questo limite la fune subisce un momento

torcente che tende a farla ruotare sul proprio asse inoltre, l'attrito contro il fianco della gola della puleggia provoca usura sui fili e flessioni laterali dannose.



Pressione della fune su pulegge e tamburi

La pressione tra la fune e le gole delle pulegge e dei tamburi si misura convenzionalmente con la seguente formula:

$$P = \frac{T_1 + T_2}{D \times d}$$

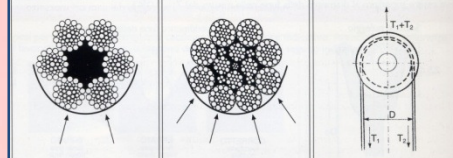
dove: **P** = pressione in Kg/cm²
T₁ e **T₂** = tensione della fune in Kg.
D = diametro della puleggia in cm.
d = diametro della fune in cm.

Il valore ottenuto con la formula sopra citata è di solito notevolmente inferiore a quello effettivo perché i punti di contatto tra la fune e le gole sono pochi e variano a seconda del tipo di fune impiegato. Per una buona durata delle carrucole occorre scegliere il materiale adatto in funzione del tipo di fune e della pressione esercitata.

La tabella seguente riporta le pressioni massime accettabili per i tipi di fune più comuni secondo i materiali impiegati per la costruzione delle pulegge.

Superando tali dati si avrà una rapida usura del fondo gola e di conseguenza una durata inferiore della fune e della puleggia.

Materiale	GHISA G20	ACCIAIO FE410	ACCIAIO C40	ACCIAIO 39NiCrMo3
Durezza	HB≥ 150	HB≥ 170	HB≥ 240	HB≥ 470
Fune	Pressione specifica Kg/cm ²			
Classe 114 fili	35	62	89	175
Classe 222 fili (CROC.)	40	76	107	210
Classe 222 fili (PAR.)	45	82	110	220
A133 - PLAT 205	48	85	120	235
216 fili-VKFBS	58	100	145	280
TK12K-133K (R220)				
SNH-DIEPA				



Avvolgimento della fune su piccoli diametri ed altri impieghi particolari.

Su certe macchine operatrici o su alcuni impianti non soggetti a norme antinfortunistiche, si utilizzano talvolta pulegge o tamburi sottodimensionati (relativamente piccoli rispetto al diametro delle funi). In questi casi si ha una perdita di carico della fune anche notevole e una durata inferiore della stessa dovuta a fenomeni di affaticamento.

Stabilire quanto tempo una fune in esercizio può durare è difficilmente valutabile in quanto tale valore dipende da molti fattori come:

Imputazioni dovute alla fune:

- tipo di fune o di formazione
- passo di cordatura
- diametro dei fili elementari
- tipo di grasso adoperato

Imputazioni dovute alla macchina operatrice:

- dimensionamento del tamburo e delle pulegge
- materiali di costruzione
- stato dei cuscinetti o delle bronzine

Imputazioni dovute alle condizioni di impiego:

- carichi troppo gravosi
- strappi o urti contro oggetti
- ambienti polverosi o corrosivi
- temperature estreme
- scarsa manutenzione
- utilizzo della fune a velocità troppo elevate

Il piegamento della fune su di un raggio troppo piccolo può ridurre il carico di rottura dal 40% al 60% compromettendone di conseguenza anche la portata (utilizzo su perni di grilli, piegamento su spigoli vivi, utilizzo a cappio senza l'impiego di ganci scorsoi).

ANCORAGGI ALLE ESTREMITA' DELLE FUNI

Le funi sono normalmente dotate di attacchi alle loro estremità che permettono l'ancoraggio dei carichi da sollevare o l'attacco a strutture fisse di gru, autogru, ecc.

Elenchiamo di seguito i tipi più comuni di ancoraggio:

Asole normali, con radance, impalmate, con morsetti

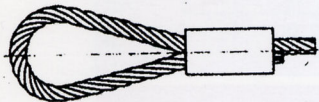
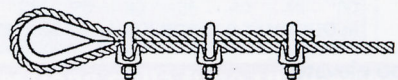
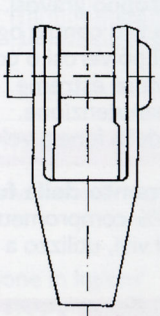
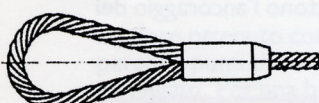
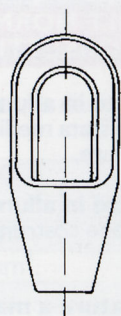
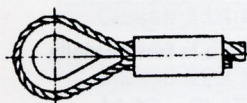
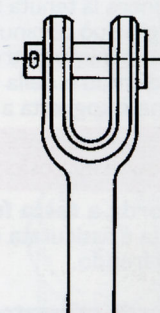
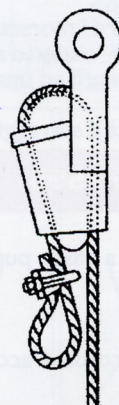
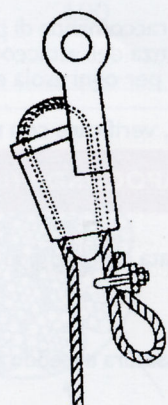
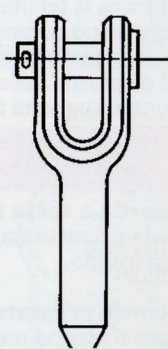
- manicotto in alluminio cilindrico o tronco-conico (konit): l'asola è fissata mediante manicotto pressato: questo metodo è sconsigliato in presenza di alte temperature (max 100°C.)
- manicotto konit per asola ricomposta: l'asola viene costruita intrecciando i trefoli della fune su cui vengono poi pressati i manicotti
- impalmatura a mano: metodo tradizionale di costruzione dell'asola che, intrecciando i trefoli garantisce la tenuta della stessa (capi interni – capi esterni)
- morsetti: per ottenere la tenuta migliore si raccomanda di posizionare i morsetti nel modo corretto. L'errato montaggio può diminuire l'efficienza dell'attacco del 60% rispetto al carico di rottura della fune. Usare un minimo di 3 morsetti per ogni asola e posizionarli ad una distanza tra di loro pari a 6/8 volte il diametro della fune. Se la fune è soggetta a vibrazioni, verificare con regolarità il serraggio dei dadi del morsetto.

Capicorda

- capocorda a testa fusa: la tenuta è assicurata da una colata con leghe in metallo a basso punto di fusione o con speciali resine a freddo.
- capocorda pressato: la tenuta si ottiene mediante pressatura a freddo del capocorda di acciaio sull'estremità della fune
- capocorda a cuneo: può essere montato e smontato facilmente e rapidamente. Durante il montaggio l'asse del perno di attacco deve trovarsi sul prolungamento dell'asse del tratto di fune sotto carico. Si consiglia, per maggior sicurezza, di montare sull'altro tratto un morsetto.

TABELLA EFFICIENZA DEGLI ATTACCHI

Tipo di ancoraggio	Diametro fune	Efficienza rispetto al carico di rottura della fune “%”
Morsetto a cavallotto	Fino al diametro 18	85/90
	20 - 32	80/85
	34 - 40	75/80
Manicotto di alluminio	-----	90/95
Manicotto di acciaio	-----	95/100
Impalmatura a mano	Fino al diametro 10	90/95
	12 - 20	85/90
	22 - 26	80/85
	28 - 42	70/75
Capocorda a testa fusa	-----	100
Capocorda pressato	-----	100
Capocorda a cuneo	-----	75/90

			
ASOLA CON MANICOTTO CILINDRICO	ESATTO		
			
	ERRATO		
			
	ERRATO		
			
	ASOLA CON RADANCIA	ESATTO	
ASOLA CON IMPALMATURA A CAPI INTERNI			CAPOCORDA A PRESSARE APERTO

CONSIGLI PER LA MESSA IN OPERA DELLE FUNI



Confezionamento e svolgimento

La fune viene confezionata dalla fabbrica avvolta su bobine, su crocere od in rotoli reggiati a seconda della tipologia dei funi, della lunghezza, del diametro o della richiesta del Cliente.

Le funi avvolte su bobine o crocere dovrebbero essere normalmente svolte su cavalletti adatti mantenendo la fune costantemente in tensione onde evitare eventuali attorcigliamenti.

Per le funi avvolte in rotoli si consiglia lo svolgimento appoggiando il rotolo su di un aspo tirando poi la fune dal capo esterno in modo da far girare il rotolo stesso sul proprio asse.

Ancoraggio del capo fisso

Generalmente una fune per offrire il massimo della resa sotto il profilo tecnico e di durata deve mantenere inalterati i propri parametri costruttivi. Per le funi a 6 trefoli o le funi speciali tipo VKF8S a 8 trefoli definite **non antigirevoli** l'ancoraggio deve essere fisso, cioè il capo della fune non deve essere libero di girare su se stesso.

Diversamente per le funi **antigirevoli** montate su gru a torre dove l'argano non ruota insieme al braccio della gru, il capo deve essere libero di girare su se stesso mediante un tornichetto girevole. In tutti gli altri casi, il tornichetto girevole deve essere utilizzato solo durante i primi cicli di lavoro in modo da permettere alla fune di trovare il proprio assestamento e quindi successivamente bloccato. Si consiglia inoltre, dopo l'installazione della fune, di effettuare alcuni cicli completi di lavoro della macchina con poco carico ed a bassa velocità per permettere un utile assestamento iniziale su tutta la lunghezza della fune.

Verifica e sostituzione delle funi

Di regola la sostituzione di una fune, da attuarsi principalmente per problemi di sicurezza, si decide in base a quanto segue:

- numero e posizione dei fili rotti
- grado di usura dei fili
- grado di corrosione
- rottura di un trefolo
- rottura in prossimità di terminali
- deterioramento dovuto al calore o ad arco voltaico
- danneggiamenti o alterazioni rilevanti

FILI ROTTI

Si devono contare i fili rotti visibili all'esterno della fune, prendendo naturalmente in considerazione il tratto di fune più logorato. Nella tabella seguente indichiamo il numero massimo di fili rotti che possono essere tollerati in una lunghezza di fune pari a 6 e 30 volte il diametro della fune stessa. Il conto deve essere fatto su entrambe le lunghezze e la fune deve essere sostituita se le rotture superano i valori minimi indicati anche in una sola delle lunghezze.

Formazione con avvolgimento crociato	Massimo numero di fili rotti tollerati.	
	Su una lunghezza pari a	
	6 diam. Fili rotti	30 diam. Fili rotti
114 N.	10	19
114 S.	6	12
150 F.	10	19
222 N.	19	38
216 W.S.	14	29
246 W.S.	18	38
216 W.S.K.	14	29
VKF8S.	16	32
SNHS9V	16	32
P-825	13	26
PZ-371	18	38
A 133	4	8
A 133K	4	8
PLAT 205	4	8
TK12K	5	10
SNH226K	5	10
D 1315 CZ.	5	10

Usura dei fili

Un'altra causa che può determinare la sostituzione di una fune è l'usura dei fili. L'appiattimento dei fili prelude alla rottura degli stessi in breve tempo. In presenza di una fune usurata si deve quindi ridurre l'intervallo tra una verifica e l'altra in modo da tenere sotto controllo i fili stessi e, qualora i fili usurati presentassero una riduzione del diametro pari al 50%, devono essere applicati i criteri di sostituzione dei fili rotti di cui alla tabella precedente.

Corrosione

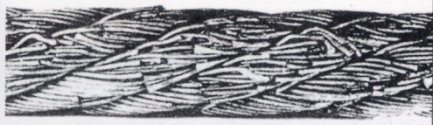
Anche la corrosione conduce alla rottura dei fili ma a parità di riduzione del diametro la corrosione procura un deterioramento più grave dell'usura. Vale perciò la regola del paragrafo precedentemente ma applicata con maggior prudenza in quanto la corrosione, se interna alla fune, richiede per la sua localizzazione molta esperienza (apertura dei trefoli con morsetti appropriati).

Ulteriori segnali di deterioramento della fune

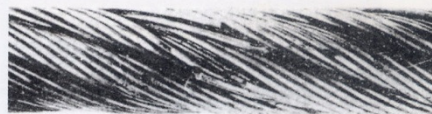
Oltre alle valutazioni esaminate in precedenza la fune dovrà essere sostituita quando:

- un trefolo sia completamente rotto o quando abbia subito danni che ne riducano la sezione in un punto del 40%
- il suo diametro totale si sia ridotto del 10% rispetto al diametro originale anche in un solo punto
- l'anima fuoriesca dai trefoli anche in un punto solo
- la fune si presenti con schiacciamenti, ammaccature, torsioni o piegature permanenti provocate da spigoli vivi o da scarrucolamenti
- la fune pur essendo sotto carico presenta uno o più trefoli allentati o sporgenti dalla fune

ESEMPI DI DETERIORAMENTO SUBITI DALLE FUNI DI ACCIAIO



Notevole numero di fili rotti, unitamente ad una grave usura, in una fune ad avvolgimento crociato. (Sostituire immediatamente la fune).



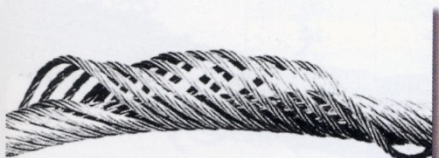
Fili rotti in un trefolo unitamente ad una lieve usura, in una fune ad avvolgimento parallelo (Tenere la fune sotto controllo, togliere i fili spezzati in modo che le estremità siano a raso del profilo esterno).



Fili rotti in numerosi trefoli, vicino ad una puleggia di rinvio. (Sostituire immediatamente la fune).



Fili rotti in due trefoli, vicino ad una puleggia di compensazione e associati ad una grave usura locale causata da un blocco della puleggia. (Sostituire la fune).



Deformazione a canestro di una fune multitrefoli. (Sostituire immediatamente la fune).



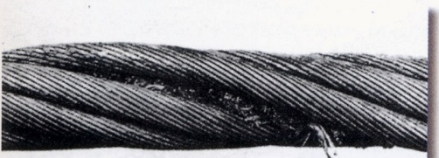
Espulsione dell'anima metallica, generalmente associata ad una deformazione a canestro nella zona adiacente. (Sostituire immediatamente la fune).



Espulsione dei fili dei trefoli dovuti a ripetuti "Strappi". (Sostituire immediatamente la fune).



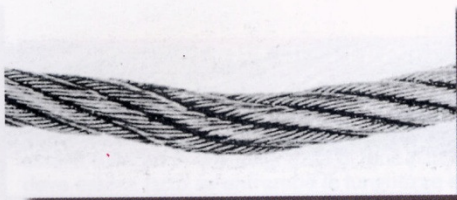
Fuoriuscita dell'anima metallica dovuta ad una distorsione derivante da un carico improvviso. (Sostituzione immediata della fune).



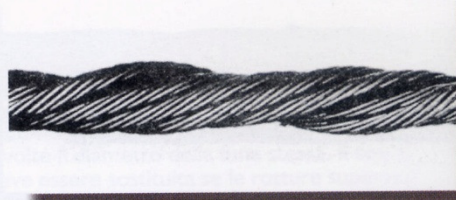
Aumento del diametro della fune dovuto alla fuoriuscita dell'anima tessile. (Sostituire la fune).



Grave attorcigliamento della fune che provoca la fuoriuscita dell'anima tessile. (Sostituire immediatamente la fune).



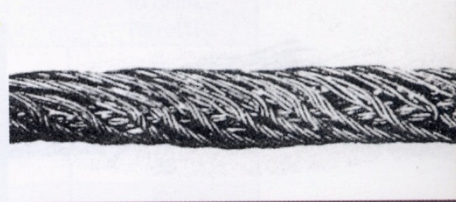
Fune attorcigliata durante l'installazione ma ugualmente montata, evidenzia un'usura localizzata con allentamento dei trefoli. (Sostituire immediatamente la fune).



Diminuzione locale del diametro della fune poiché i trefoli esterni occupano il posto dell'anima tessile che è distrutta. (Sostituire immediatamente la fune).



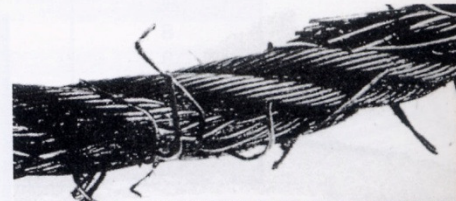
Schiacciamento locale con presenza di fili rotti. (Sostituire la fune).



Fune multitrefolo appiattita a causa di un non corretto avvolgimento sul tamburo, questo provoca squilibrio di tensione in condizioni di carico. (Sostituire la fune).



Grave piegamento. (Sostituire immediatamente la fune).



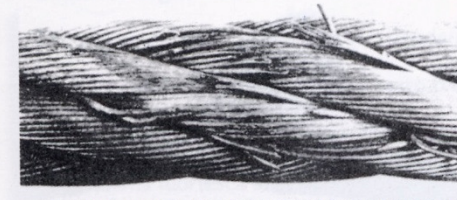
Fune incastrata fuoriuscita dalla gola di una puleggia, ne risulta un appiattimento ed una deformazione con usura e fili rotti. (Sostituire immediatamente la fune).



Effetti cumulativi di più fattori di deterioramento. Usura dei fili esterni, deformazione degli stessi a canestro e molti fili rotti. (Sostituire immediatamente la fune).



Fili rotti e spostamento di fili in due trefoli adiacenti in una fune ad avvolgimento crociato. (Sostituire la fune).



Espulsione di fili da un trefolo, normalmente questa anomalia avviene sullo stesso trefolo nella lunghezza pari ad un avvolgimento. (Sostituire la fune).

VERIFICHE PERIODICHE

FREQUENZA DEI CONTROLLI

Le norme in vigore richiedono un esame periodico delle funi con registrazione dei risultati della verifica su apposito libretto, corredato del certificato della fune. Si raccomanda di suddividere le verifiche in tre fasi

- verifica giornaliera: ad ogni turno di lavoro a cura dell'operatore deve essere effettuato un esame visivo delle parti visibili per individuare deformazioni o deterioramenti ed esame del punto di attacco; qualora si riscontrassero variazioni sospette, richiedere una verifica completa a cura di personale competente
- verifica periodica: esame con frequenza almeno mensile di tutta la fune; la frequenza può essere ridotta per prescrizioni particolari, per risultati del controllo precedente, per età della fune, per variazioni delle condizioni di lavoro
- verifica speciale: da effettuarsi dopo un incidente, dopo lo smontaggio e rimontaggio o dopo un periodo di fermo prima della ripresa del lavoro

LUBRIFICAZIONE E IMMAGAZZINAGGIO

La lubrificazione interna delle funi di acciaio può essere effettuata solo durante la fabbricazione, serve a facilitare lo scorrimento reciproco dei fili durante le flessioni e non permettere la formazione di ossido. Durante il primo periodo di lavoro della fune può verificarsi la fuoriuscita del lubrificante sulla superficie esterna e questo contribuirà alla protezione della fune. Successivamente sarà necessario provvedere alla rilubrificazione della fune a seconda delle condizioni di lavoro e ambientali: in caso di fune sempre in movimento non è necessario perché il continuo movimento sulla carrucola impedisce il formarsi di ossido. Qualora si rendesse necessario rilubrificare, effettuare l'operazione solo a fune perfettamente asciutta, pulita da polvere e grasso secco mediante spazzolatura e senza l'utilizzo di solventi e prodotti chimici. Applicare il lubrificante in modo uniforme formando uno strato sottile, continuo e trasparente; lasciare essiccare il prodotto prima di mettere in opera la fune.

Per impedire il deterioramento della fune a magazzino essa deve essere stoccata in luogo pulito, asciutto, non inquinato. Evitare contatti con fumi e acidi corrosivi. Se il periodo di immagazzinamento si protrae nel tempo, provvedere ad una adeguata copertura di protezione. Non accatastare pesi sopra alle funi. Identificare chiaramente per tipologia e caratteristiche le funi a stock.