

INVECCHIAMENTO DELLE CORDE DA ALPINISMO

Maurizio Fermeglia

Commissione Interregionale Materiali e Tecniche V.F.G.

La serie di articoli (vedi L.A.V. primavera-estate 1988 e seguenti), che trattano in modo specifico il corretto impiego dei materiali per l'arrampicata, prosegue in questo numero, prendendo in considerazione l'invecchiamento e le relative possibili cause della corda da alpinismo, elemento fondamentale della catena di assicurazione.

Molto spesso durante le conferenze sulla resistenza dei materiali ho dovuto rispondere alla domanda: ma quanto dura una corda da alpinismo? Oppure: dopo quanti anni devo cambiare la mia corda? Che manutenzione devo fare alla mia corda?

L'argomento dell'invecchiamento dei materiali e particolarmente dell'invecchiamento delle corde da alpinismo è molto sentito dagli utenti della montagna ma diventa essenziale per le strutture che operano fornendo servizi altamente professionali quali guide alpine, volontari del Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico, istruttori di Scuole di Alpinismo e di Sci Alpinismo.

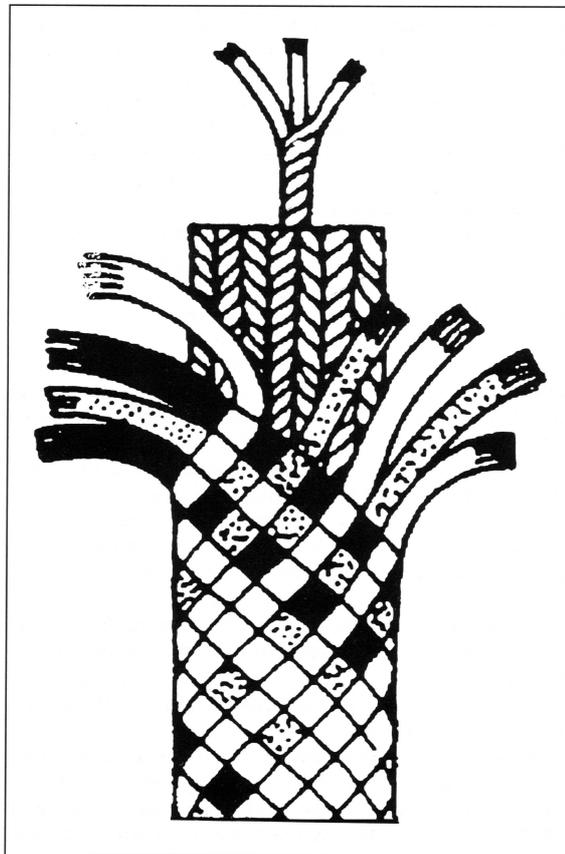
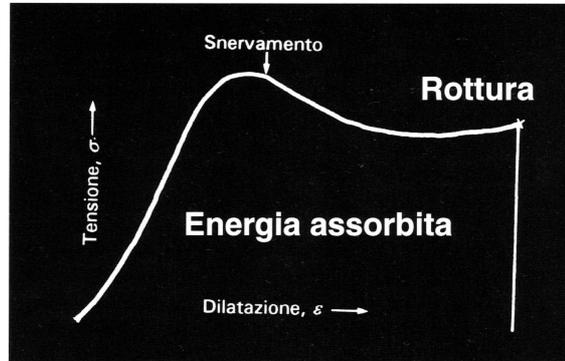
In questo articolo cercherò di affrontare l'argomento in maniera più semplice possibile al fine di chiarire alcuni aspetti fondamentali del fenomeno, ma soprattutto di sgomberare il campo da falsi preconcetti ed illustrare una teoria di possibile meccanismo dell'invecchiamento delle corde, indispensabile per determinare le cause dello stesso, anche alla luce di recenti osservazioni sperimentali condotte.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE CORDE DA ALPINISMO

Prima di parlare dell'invecchiamento delle corde mi sembrano opportune e necessarie delle brevi premesse per definire quali sono le caratteristiche fondamentali di una corda da alpinismo. Tali premesse sono indispensabili per capire i meccanismi di invecchiamento della corda.

La corda da alpinismo viene caratterizzata dalla sua resistenza a rottura, non a trazione lenta ma a strappo su spigolo, e dalla sua capacità di deformarsi. Le due caratteristiche sopra enunciate sono strettamente correlate tra loro.

In figura 1 viene riportato il diagramma sforzo-deformazione che illustra la relazione esistente tra carico di rottura ed energia assorbita. Una corda



per potersi fregiare del label UIAA deve superare alcune prove standardizzate al fine di garantire una data capacità di assorbimento di energia e di resistenza a rottura ¹.

La normativa UIAA impone anche un limite all'allungamento relativo della corda, costringendo così i costruttori a realizzare corde sempre migliori lavorando dal punto di vista strutturale della corda stessa. In altre parole, se non ci fosse un limite all'allungamento, si realizzerebbero corde UIAA semplicemente rendendole molto deformabili, ma molto poco precise nella manovra e quindi inadatte per l'uso alpinistico.

COSTRUZIONE DELLE CORDE

Le caratteristiche principali di una corda da alpinismo sono la sua resistenza a rottura (a strappo e non a trazione lenta), la sua deformabilità e la sua capacità di assorbire energia. Queste caratteristiche vengono conferite alla corda in diversi momenti della sua lavorazione che inizia con la scelta delle materie prime e procede con la reazione di polimerizzazione, la estrusione del monofilamento e la fase finale di intrecciamento dei monofilamenti che porta alla realizzazione degli stoppini. Quest'ultimi, a loro volta intrecciati danno origine ai trefoli ed infine alla corda (figura 2).

La corda da alpinismo è generalmente realizzata in poliammide, copolimero ottenuto in un reattore di polimerizzazione mediante un meccanismo di reazione di policondensazione. La reazione è molto nota e studiata e non presenta problemi particolari. Il prodotto che si ottiene è formato da cristalliti disordinate, strutture ordinate a livello microscopico ma orientate casualmente a livello macroscopico, che conferiscono al materiale un comportamento isotropo non desiderato per l'uso come corda da alpinismo.

In altre parole, il prodotto della reazione è caratterizzato da un grande numero di piccoli aghi (molecole rigide) immersi in una matrice non cristallina. La casualità della orientazione di questi aghi rende la struttura isotropa.

L'estrusione (filatura) del polimero avviene da fuso a bassa temperatura (melt spinning) per non esporre il materiale a processi di degradazione ossidativa. Durante questo processo si realizza la stiratura del

filamento che si allunga in modo diverso a seconda degli usi a cui è destinato. Inoltre durante la stiratura il materiale assume quelle caratteristiche di anisotropia che rendono la struttura adatta all'uso per corde da alpinismo. Tale processo comporta, dal punto di vista strutturale un'allineamento delle catene nella direzione dell'estrusione con conseguente formazione di legami idrogeni tra i cristalliti. Dopo la estrusione del monofilamento, lo stesso viene attorcigliato con altri monofilamenti per formare uno stoppino. Gli stoppini vengono a loro volta intrecciati assieme per dare luogo ad uno sfilaccio che, avvolto assieme ad altri sfilacci danno infine origine al trefolo. I trefoli infine assemblati assieme formano la corda. In linea del tutto teorica le caratteristiche della corda dovrebbero dipendere solo da quelle del filamento di partenza. In realtà non è così, e le caratteristiche finali della corda sono anche funzione della sua lavorazione, ed in particolare dell'angolo di attorcigliamento che i monofilamenti subiscono durante la costruzione. Si può dimostrare infatti che maggiore è quest'angolo e minore risulta la resistenza a trazione della corda, ma migliore è la sua capacità di assorbire energia ². Inoltre corde fortemente attorcigliate sono contratte e quindi, a parità di lunghezza, sono più pesanti.

POSSIBILI CAUSE DI INVECCHIAMENTO

A questo proposito vediamo di formulare alcune ipotesi, cercando per quanto possibile di verificarle con alcune osservazioni sperimentali esistenti.

Le possibili cause di invecchiamento vanno ricercate nel deterioramento dei materiali che compongono la corda oppure nella modificazione della struttura della corda stessa. Vediamo di individuare alcune ragionevoli fonti di invecchiamento, e di discutere i vari effetti, per quanto possibile separatamente.

Cristallinità nelle corde

La corda da alpinismo è formata da un polimero. Il polimero ha un suo grado di cristallinità che dipende dalla sua struttura molecolare e dal procedimento di lavorazione. In dettaglio, il grado di cristallinità dipende dal numero di zone in cui i cristalliti riescono ad orientarsi in modo da generare una struttura ordinata in contrapposizione alle zone in cui il polimero, non specificatamente orientato, si

trova allo stato amorfo. Le corde hanno in genere un grado di cristallinità dell' 80-85%. In generale un aumento di cristallinità rende il materiale meno deformabile e quindi peggiorerebbe le caratteristiche della corda, diminuendo le caratteristiche di assorbimento di energia della stessa. Una diminuzione del grado di cristallinità risulterebbe altrettanto dannoso in quanto peggiora le caratteristiche della curva sforzo-allungamento e, conseguentemente, la resistenza del materiale. Una variazione della cristallinità nella corda da alpinismo può avvenire solamente a causa di agenti esterni, in quanto il polimero ottenuto dopo l'estrusione è da considerarsi assolutamente stabile nella scala dei tempi normalmente considerati per la vita di una corda. Di seguito sono analizzate alcune possibili cause responsabili di variazione di cristallinità e quindi di eventuale degrado di una corda.

Effetto della temperatura

Una prima causa di variazione di cristallinità in un polimero è un'esposizione ad alta temperatura (attorno ai 100-140 C) in condizioni di tensione nella corda. In queste condizioni la cristallinità aumenta per varie cause: ulteriore allineamento dei cristalliti favoriti dalle alte temperature; minore viscosità del solido; degrado ossidativo del polimero stesso. Queste sono condizioni che raramente si verificano in una corda, ma alle quali, nell'uso comune ci si avvicina come nel caso di lunghe e veloci corde doppie e soprattutto nel caso di trattenuta di un forte strappo generato in una caduta. Il primo caso è in corso di studio e si sta cercando di quantificare il danno subito da un discensore 'dimenticato' sia sotto, che senza, tensione.

Effetto delle radiazioni ultraviolette

Le radiazioni ultraviolette (UV) che sono contenute nei raggi solari potrebbero essere una possibile causa dell'invecchiamento delle corde. Infatti è ben noto che esiste un effetto degradante UV sul nylon e sulle poliammidi in generale. Infatti le radiazioni UV hanno l'effetto di favorire le reazioni ossidative di formazione di radicali nel polimero e quindi di influenzare le sue caratteristiche di stabilità nel tempo. A prima vista si potrebbe quindi pensare all'UV come il maggiore responsabile dell'invecchiamento, tanto che per molti anni si è raccomandato di tenere le corde, per quanto possibile, lontano dai raggi UV. Il fenomeno dell'invecchiamento da UV è fortunatamente noto e ampiamente studiato, soprattutto per le applicazioni in corde per uso nautico. Le conclusioni tratte dalla letteratura³ sono che l'effetto UV è molto forte sul nylon, ma viene praticamente annullato dalla presenza di pigmenti (presenti nella calza e nell'anima di una corda) che hanno il compito di opacizzare (come il biossido di Titanio) oppure di fotostabilizzare il polimero (come i sali di Manganese). L'effetto è riassunto in Tabella 1 dove sono riportati i valori di alcune caratteristiche mec-

caniche per il nylon 6 e per il nylon 66 dopo 700 ore di trattamento UV in condizioni standard, sia in presenza che in assenza di sali (ambiente salino da acqua di mare).

Un valore negativo indica un peggioramento della proprietà considerata. Non si nota, per il nylon 66, alcuna sensibile variazione delle proprietà fondamentali, mentre per il nylon 6 la variazione è più marcata, ma comunque non tale da considerarsi come responsabile del degrado delle corde.

I risultati esposti in tabella sono particolarmente interessanti per quanto concerne i fenomeni di resistenza all'abrasione. Si nota infatti che è proprio quest'ultimo parametro influenzato pesantemente dalle radiazioni UV, come peraltro ci si poteva aspettare in quanto, visto il notevole diametro delle corde da alpinismo (8-11 mm), l'effetto UV si manifesta in superficie e difficilmente agisce in profondità.

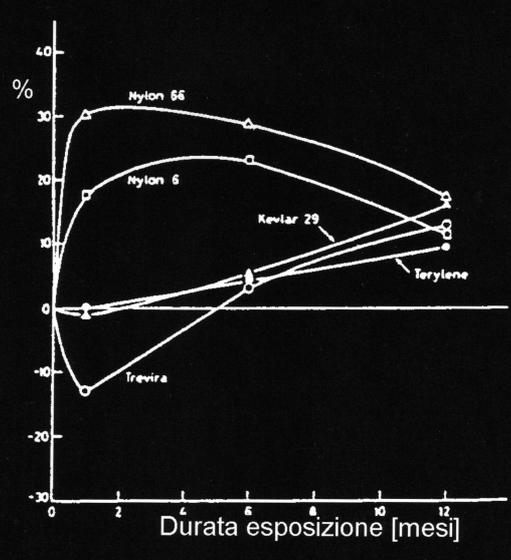
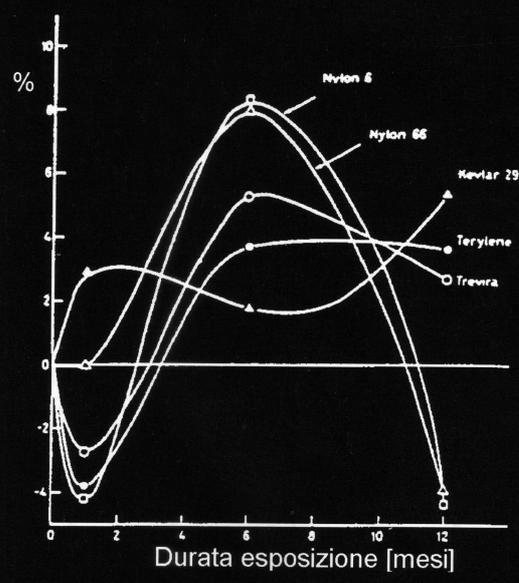
Se l'esposizione alle radiazioni UV avviene in ambiente salino, di scarso interesse per l'alpinismo ma possibile per l'utilizzo delle corde in certe condizioni (palestre di roccia in riva al mare), allora l'effetto UV potrebbe diventare più marcato e potrebbe essere preso in considerazione come corresponsabile dell'invecchiamento.

Le figure 3 e 4 riportano, a titolo di esempio, alcuni andamenti rispettivamente del carico di rottura e dell'allungamento a rottura per diversi materiali di interesse per la costruzione di corde da alpinismo. Risulta evidente come l'esposizione a tale ambiente porti ad una variazione e alla fine ad un degrado delle caratteristiche meccaniche del materiale. Ci sono ulteriori evidenze, forse più dirette, della non responsabilità dei raggi UV nel processo degradativo di una corda.

Le prove fatte su corde ad uso alpinistico e speleologico dal gruppo di lavoro di Costacciaro⁴ hanno dimostrato come l'invecchiamento da UV da solo non riusciva a spiegare le differenze di prestazioni tra una corda nuova ed una usata in condizioni di normale impiego: infatti, il valore di decadimento determinato era solamente del 5%. L'ing. Carlo Zanantoni ha svolto delle prove di invecchiamento su corde facendo passare spezzoni di corda sotto trazione attorno ad un perno in presenza di radiazioni UV. La macchina usata è dotata di un meccanismo alternativo che permette di fare passare uno spezzone di corda per un determinato numero di ore attorno ad un perno. I risultati, in termini di decadimento, non sono stati significativi, come evidenziato dalle piccole differenze riscontrate tra una corda nuova ed una invecchiata naturalmente sul terrazzo di casa.

Altre prove fatte dalla Commissione Interregionale Materiali e Tecniche V.F.G. in tempi più recenti hanno dato risultati analoghi. Le principali ditte costruttrici di corde affermano peraltro che gli UV non sono responsabili del degrado delle corde. Tutto ciò ci permette di concludere che l'effetto UV

Proprietà	Nylon 66		Nylon 6	
	UV	UV + sali	UV	UV + sali
Carico di rottura	-1%	-11%	-17%	-2%
Allungamento a rottura	-1%	-2%	-18%	5%
Modulo elastico	-1%	-11%	16%	34%
Resistenza all'abrasione	-41%	-95%	-91%	-93%



non è il maggior responsabile dell'invecchiamento delle corde, per lo meno in assenza di ambiente salino.

Da quanto detto ci sentiamo di affermare che, al contrario di quanto si era forse supposto fino ad ora, una corda, se non utilizzata non invecchia semplicemente perché esposta alla luce.

Altri agenti naturali

Altri agenti atmosferici naturali potrebbero essere chiamati in causa quali possibili responsabili dell'invecchiamento. Fortunatamente gran parte della materia è stata studiata dai ricercatori che si sono occupati dell'invecchiamento da UV. Holker e altri³ hanno riportato che gli effetti di ossigenazione del polimero (contatto di aria ed ossidanti con la fibra), del calore (sempre nel limite ragionevole di temperature raggiunte naturalmente), dell'umidità dell'aria e degli inquinanti presenti nell'aria stessa sotto forma di gas sono senz'altro trascurabili rispetto all'effetto UV sul nylon. Inoltre i pigmenti e gli additivi sono stabilizzanti non solo nei confronti degli UV, ma anche nei confronti di questi altri agenti naturali.

Possiamo quindi senz'altro concludere che questi agenti naturali non sono le cause che andiamo cercando con l'unica eccezione forse, del forte riscaldamento che una corda può subire quando, al termine di una discesa in corda doppia, l'alpinista lasci il discensore caldo sulla corda per lungo tempo.

Sporcizia da agenti non naturali

Ovviamente il problema non è stato affrontato completamente, in quanto ben difficile sarebbe dare una risposta di validità generale. Essendo la corda l'elemento più importante della catena di sicurezza, si ritiene in queste note che la massima cura venga devoluta alla sua conservazione. In particolare si ricorda che agenti non naturali che potrebbero avere effetti disastrosi e difficilmente prevedibili sulle corde sono: solventi chimici, acidi, esteri, ammidi, soluzioni saline, prodotti petroliferi (benzine, gasolio, combustibili liquidi, idrocarburi), adesivi e colle, agenti biologici (funghi, muffe).

L'invecchiamento per contaminazione da agenti non naturali non è considerato, in quanto difficilmente quantificabile e comunque evitabile mediante una buona conservazione ed un attento uso della corda. Si richiama solamente l'attenzione al fatto che solventi chimici sono normalmente contenuti in colle, pennarelli, detersivi ... E' pertanto da evitare il lavaggio della corda con qualsiasi solvente diverso dall'acqua e l'uso di qualsiasi marchingegno (per segnare la metà della corda) che non sia perfettamente compatibile con il polimero.

Sporcizia da agenti naturali

La corda da alpinismo e da speleologia è in grado di assorbire una grande quantità di sporcizia sotto forma di cristalli presenti nel terreno e nell'aria.

Tale caratteristica viene anche esaltata dallo sfregamento della corda stessa sul discensore che, caricando di elettricità statica la corda, permette alle particelle di venire maggiormente attratte verso la corda. Ma ancora una volta questo effetto da solo difficilmente spiegherebbe l'invecchiamento delle corde, in quanto la sporcizia viene accumulata solamente sulla calza e la sua diffusione in profondità è quasi nulla in condizioni di assenza di stress meccanico.

Stress meccanico

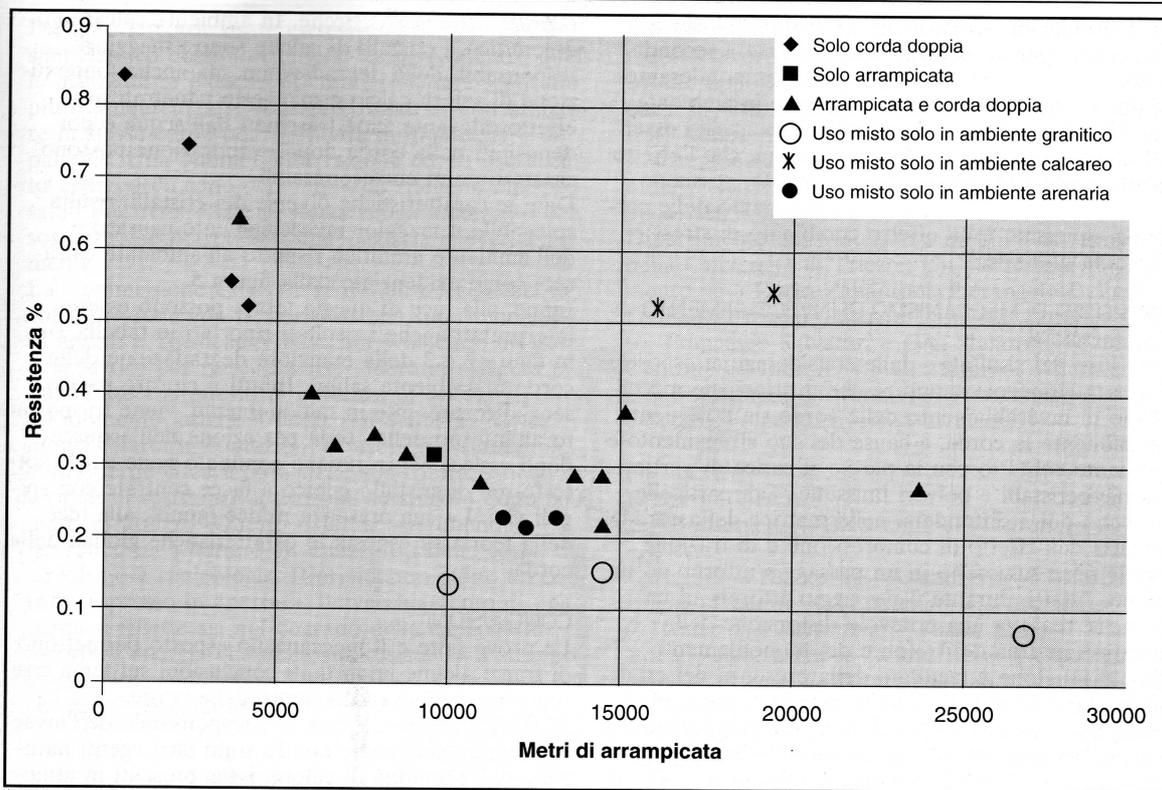
Le prove dell'ing. Zanantoni descritte sopra hanno dimostrato che l'effetto dello stress meccanico da solo non riesce a giustificare il degrado delle corde (vedere le conclusioni di Costacciaro). C'è però da distinguere tra stress meccanico di lieve entità, persistente nel tempo, e choc meccanico provocato da caduta. In quest'ultimo caso il decadimento delle proprietà di una corda è garantito e può essere anche di notevole entità. Le principali ragioni di questo decadimento possono ascrivere alle alte temperature raggiunte localmente ed ai notevoli sconvolgimenti della struttura della corda, più che ad un degrado proprio del polimero.

LE PROVE SPERIMENTALI

Alla luce dei risultati esposti in precedenza, risulta abbastanza logico che alcuni ricercatori si siano cimentati in prove sperimentali dirette sulle corde da alpinismo. Si è già parlato delle prove dell'ing. Zanantoni, mai pubblicate, ma estremamente interessanti per spiegare come il semplice passaggio attorno ad un perno (fatica del materiale ed irraggiamento da UV) non siano sufficienti a giustificare il degrado della corda. Si è già riportato delle affermazioni delle case costruttrici e si è accennato ai risultati ottenuti dal gruppo di lavoro di Costacciaro.

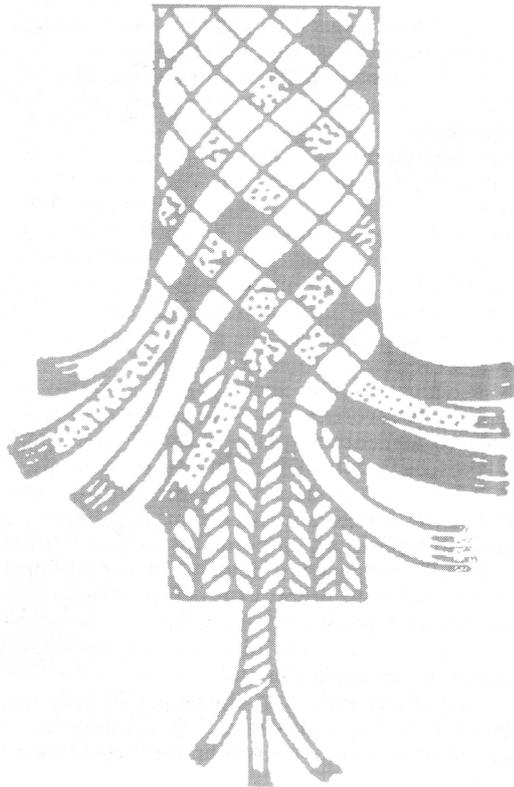
Probabilmente i risultati più interessanti sul fenomeno sono stati ottenuti da Pit Schubert⁵ e sono riassunti nella figura 5 dove viene diagrammata una resistenza meccanica convenzionale della corda (ottenuta mediante una prova a rottura su spigolo) in funzione dell'uso (espresso in metri di arrampicata) per diverse condizioni di utilizzo. I punti sono divisi a seconda delle modalità di utilizzo (corda doppia, arrampicata, entrambe) e dell'ambiente di utilizzo (calcare di Arco, granito).

La scelta di Schubert di utilizzare resistenza a trazione su spigolo può essere criticata o condivisa, ma in questa sede non è importante in quanto risponde, in prima approssimazione, al degrado subito dalla corda. Inoltre questa prova è molto vicina alle condizioni di vera rottura delle corde in montagna. Risulta evidente dal diagramma che l'effetto dello stress realmente subito dalla corda è preponderante per il decadimento delle sue caratteristiche meccaniche sia che derivi dall'uso come corda doppia che dall'uso in arrampicata (sfregamento su parete e su moschettoni). La seconda conclusione che possiamo



■ **Didascalie delle figure:**

- fig. 1: diagramma sforzo allungamento tipico di un materiale polimerico;
- fig. 2: particolare costruttivo di una corda che mette in evidenza l'anima e la calza;
- fig. 3: effetto dell'acqua di mare sul carico a rottura;
- fig. 4: effetto dell'acqua di mare sul valore di estensione a rottura;
- fig. 5: degrado delle caratteristiche meccaniche di una corda con l'uso espresso in metri di arrampicata;
- tab. 1: effetto dell'esposizione a 700 ore di UV in ambiente salino e non per due poliammidi: nylon 6 e nylon 66.



trarre dall'analisi delle prove di Schubert è che si ottengono curve di decadimento diverse a seconda dell'ambiente in cui la corda è stata preponderantemente usata: molto maggiore l'effetto in ambiente granitico che calcareo. Se combiniamo questa osservazione con quella dell'ing. Zanantoni, che l'effetto stress da solo non porta a decadimento, possiamo concludere che la causa di invecchiamento delle corde da alpinismo è un effetto combinato di stress e sporcizia naturale.

UN'IPOTESI DI MECCANISMO DI INVECCHIAMENTO DELLE CORDE

Alla luce dei risultati e delle considerazioni esposte, risulta ragionevole supporre che il principale meccanismo di invecchiamento delle corde sia il seguente. Inizialmente la corda, a causa del suo sfregamento e mediante contatto con la parete si carica di particelle: microcristalli e polveri finissime. Tali particelle riescono poi a diffondersi nella matrice della corda, a causa dell'effetto di compressione e di trazione che le fibre subiscono in un passaggio attorno ad un perno. Infatti, durante il passaggio attorno ad un perno si realizza una notevole distorsione della struttura interna dei trefoli e dei monofilamenti. Tale distorsione è facilitata dalla presenza dei cristalli che sono penetrati attraverso la calza fino all'anima e dentro alla medesima. Le particelle nella loro diffusione alterano la struttura della corda in diversi modi. Il più importante è senz'altro quello di realizzare delle micro cricche⁶; queste sotto tensione, possono propagarsi localmente fino a rendere il materiale meno resistente, ma possono anche, con la loro intrusione, modificare localmente la struttura dei trefoli e quindi, per quanto visto in precedenza, le caratteristiche meccaniche e di deformabilità della corda. Un ulteriore effetto, riconducibile direttamente all'effetto di inclusione descritto sopra, è il possibile aumento della cristallinità globale della corda dovuto alla intrusione di materiale altamente cristallino (microcristalli) in una matrice avente un certo grado di cristallinità minore del 100%. Inoltre, l'intrusione di particelle estranee modifica la conducibilità termica globale della corda favorendo gli aspetti di degrado termico⁴.

E' conveniente notare anche che un aumento della temperatura favorisce il fenomeno di degradazione in quanto aumenta il volume della corda e diminuisce la viscosità del solido, portando in definitiva ad una maggiore mobilità dei cristalliti nella corda e rendendo la struttura meno ordinata. Durante il passaggio attorno ad un perno avviene di fatto un aumento di temperatura dovuto ai fenomeni di attrito, localizzato proprio sul punto di istantaneo scorrimento e flessione della corda.

L'ambiente in cui viene utilizzata la corda ha la sua importanza, in quanto in ambiente granitico, i monocristalli di silicato di allumina che risultano molto duri e fragili, modificano la struttura in maniera notevole, favorendo anche l'effetto di gene-

razione delle microcricche. In ambiente calcareo o dolomitico, i cristalli di calcite sono i maggiori responsabili della degradazione, ma anche l'interstizione di sali di calcio e magnesio penetrati per effetto dilavante, cioè trascinati dall'acqua e poi depositati nella corda dopo evaporazione possono essere ritenuti corresponsabili.

Date le caratteristiche diverse dei cristalli, risulta spiegabile il maggior invecchiamento causato dall'ambiente granitico rispetto all'ambiente calcareo, come evidenziato dalla figura 5.

Infine, alla luce di questa teoria possono essere interpretati anche i risultati riportati in tabella 1 e in figura 2 e 3 della maggiore degradazione delle corde in ambiente salino. Infatti il cloruro sodico, senz'altro presente in tale ambiente, viene trasportato all'interno della corda per azione dell'acqua e dopo essiccamento rimane confinato nella corda sotto forma di cristallo cubico a facce centrate con spigoli vivi. La sua presenza riduce quindi, alla luce della teoria su esposta le caratteristiche globali della corda.

CONCLUSIONI

Le prove fatte e il meccanismo esposto permettono di trarre alcune importanti conclusioni sul tema così scottante dell'invecchiamento delle corde.

L'irraggiamento UV non è il responsabile dell'invecchiamento, così come non lo sono altri agenti naturali quali l'umidità, il calore, i gas presenti in atmosfera, ecc.

Maggiori studi dovrebbero essere svolti per definire meglio l'effetto di un forte calore localizzato sulla corda (effetto discensore). Neanche la sporcizia, così come lo stress (passaggio attorno ad un perno) riescono da soli a spiegare i risultati sperimentali ottenuti in prove sul campo o in laboratorio. Solo l'effetto combinato, quindi contemporaneo, dello stress e della sporcizia riesce ad interpretare i risultati sperimentali ottenuti.

Mi sento quindi di dare alcuni suggerimenti a me stesso, ai colleghi alpinisti ed a tutti gli utenti della montagna sensibili a questi problemi.

L'accumulo nella corda di un grande quantità di microcristalli è la fonte principale del degrado di una corda. L'accumulo dei microcristalli all'interno della corda però, avviene solo se la corda è sottoposta ad uno stress meccanico, anche di non forte entità. Quindi una corda, se utilizzata evitando di sottoporla a forti stress dura molto, anche se usata in ambienti in cui il calore, la sporcizia naturale, i raggi UV sono notevoli. Viceversa, una corda sottoposta a notevoli stress ed utilizzata in ambiente in cui riesce a sporcarsi può ridurre le sue caratteristiche in breve tempo. Le peggiori condizioni di usura per una corda, in base alle considerazioni finora esposte ed anche alla luce di alcune esperienze personali, è proprio l'uso in palestre dove di norma si arrampica assicurando dal basso (moulinette), peggio se in ambiente salino per vicinanza del mare.

Pertanto le corde usate esclusivamente per alpinismo classico possono ritenersi longeve, mentre quelle utilizzate in palestra dovrebbero essere sostituite più frequentemente; consiglio quindi di non utilizzare la stessa corda per le attività di montagna e di palestra. Una buona conservazione ed un uso accorto della corda sono comunque da ritenersi indispensabili per evitare che la stessa venga a contatto con sostanze che potrebbero danneggiarla irreversibilmente.

La Commissione Centrale Materiali e Tecniche, in collaborazione con la Commissione Interregionale Materiali e Tecniche V.F.G., sta svolgendo un notevole lavoro per riuscire a rispondere in maniera più quantitativa ai quesiti di partenza di questo lavoro. Al momento attuale il grafico di Schubert parla molto chiaro: in condizioni di usura massima, una corda perde circa il 50% delle sue caratteristiche in termini di resistenza a trazione su spigolo dopo 5000 metri di utilizzo. Questo risultato sperimentale dovrebbe far riflettere gli utilizzatori delle corde da alpinismo e speleologia. Riprendendo infine un concetto espresso in apertura, l'invecchiamento di una corda si riflette sia nel degrado della capacità di assorbire energia che nella sua resistenza a strappo su spigolo, rendendone il suo utilizzo pericoloso per chi cade e per chi assicura.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro non sarebbe stato svolto senza il contributo apportato alle innumerevoli discussioni da parte di tutti gli afferenti della Commissione Centrale Materiali e Tecniche e della Commissione Interregionale Materiali e Tecniche V.F.G. del CAI e dei colleghi del Dipartimento di Ingegneria Chimica, dell'Ambiente e delle Materie Prime e del Dipartimento dai Materiali e di Chimica Applicata della Università di Trieste. Un particolare ringraziamento va a Carlo Zanantoni, Pierangelo Bellotti, Giuliano Bressan, Patrizio Casavola, Lorenzo Conti, Francesco Salvatori e Gigi Signoretti (Comm.ne Centrale ed Inter.le V.F.G. Materiali e Tecniche) e a Sabrina Pricl, Giovanni Torriano, Orfeo Sbaizero e Sergio Volpe (Università di Trieste).

BIBLIOGRAFIA

1. Norme UIAA
2. Atkinson, R.R. BNS Outlook: *Advanced Report* n. 6
3. Holker, J.R., Vevers, B. and Warwicker J.O., *Effects of Ultraviolet Radiation and Sea Water on Polyester and Polyamide Yarns*, Trans. I.Mar.E (c) Vol 97, conf. 2 Paper 26 and Reinert G., *Photostability of Polyamide Fibres*, Melliand Textilberichte 69 (1988) pp. 58-64
4. CTM del CNSA e Centro Nazionale di Speleologia 'M. Cucco', *Resistenza dei Materiali Speleo Alpinistici*, Costacciaro, 1989
5. Schubert P., *Seilalterungstest*, UIAA Quarterly Bulletin n. 146 (6/1994)
6. Bunsell, A.R., Hearle, J.W.S., *A Mechanism of Fatigue Failure in Nylon Fibres*, J. of Mat. Science 6 (1971) 1303-1311.

