

Il trovarobe

L'EMPORIO DELL'ATTREZZATURA

Come è noto, le moderne corde per alpinismo sono costruite con una struttura del tipo calza-anima e sono costituite da sottili fili continui di nylon – in prevalenza poliammide 6^[a] – aventi spessore di circa 30 micron (ossia 30 millesimi di millimetro, vale a dire la metà di un normale capello). Una corda "sem-

Corde e dintorni

DECADIMENTO
DELLE PRESTAZIONI DINAMICHE
DELLE CORDE
PER EFFETTO DELL'ACQUA
E DELLA LUCE SOLARE

di GIGI SIGNORETTI
COMMISSIONE MATERIALI E TECNICHE CAI

quando sono sottoposti a compressioni laterali (effetto nodo, spigolo, ecc.), come essi si rompano facilmente per semplice sfregamento sulla roccia (scarsa resistenza all'abrasione), come le loro *caratteristiche fisico-meccaniche* vengano sensibilmente modificate dall'azione delle radiazioni ultraviolette che sono presenti nella luce solare, come l'acqua diminuisca il numero di cadute sopportate dalla corda al Dodero^[b].

Sulla base di queste considerazioni, la Commissione Materiali e Tecniche del Cai ha voluto approfondire la conoscenza di alcuni di questi comportamenti (comuni a quasi tutte le fibre sintetiche e poco studiati per quanto riguarda i materiali alpinistici) programmando l'esecuzione di una sperimentazione a



plice" ne può contenere fino a 60-70mila^[1]. La scelta dei filamenti di nylon per la costruzione di corde in generale, e delle corde per alpinismo in particolare, è dovuta alle eccellenti *proprietà tensili* di queste fibre sintetiche: notevole resistenza alla trazione abbinata a elevato allungamento a rottura, buon recupero elastico (ossia sostanziale manteni-

mento delle proprietà fisico-meccaniche e dimensionali anche dopo sollecitazioni relativamente elevate), ottima maneggevolezza che si traduce in buona funzionalità. Tuttavia, per quanto concerne l'impiego in campo alpinistico, non si può certo dire di essere al top. È ben noto infatti come le proprietà tensili dei fili di nylon decadano fortemente

L'esposizione alla luce solare degli articoli testati è stata eseguita disponendo a spirale gli spezzoni di corda dentro un supporto metallico (una gabbia a rete d'acciaio) del diametro di circa 1 m. La struttura è stata piazzata sulla facciata sud del rif. Kostner al Vallon (2550 m), da fine giugno a fine settembre.



largo respiro sia a livello di laboratorio che di utilizzo pratico sul campo, ossia in montagna e/o in falesia.

CORDE E LUCE SOLARE: UNA QUESTIONE DI... COLORE^[2]

Come accennato nella nota introduttiva, l'esposizione al sole dei filamenti di nylon provoca un decadimento irreversibile delle loro proprietà fisico-mecchaniche a causa di fenomeni che vengono attivati dalle radiazioni ultraviolette presenti nella luce solare. Si tratta di processi foto-ossidativi che modificano permanentemente la struttura chimica della macromolecola, poiché si innesca la cosiddetta depolimerizzazione (ossia una sorta di disgregazione della catena polimerica di cui il nylon è costituito) che determina una perdita di resistenza e di elasticità del materiale. Questi effetti possono essere riprodotti anche in laboratorio usando idonea luce artificiale.

È possibile limitare tali inconvenienti mediante una opportuna stabilizzazione fotochimica dei filamenti di nylon, che può essere eseguita utilizzando degli UV-protettori analoghi a quelli delle creme solari (ossia prodotti che agiscono come filtri protettivi con effetto schermante per le radiazioni di determinate lunghezze d'onda), oppure con idonei prodotti antiossidanti^{[3][4]}.

Si tratta comunque di processi - quello di fotodegradazione del nylon e della sua stabilizzazione - che, per quanto molto studiati, sono assai complessi e diffi-

Tabella 1

Corda	Test Doderò STD	Corda nuova (riferim)	rif. Carestiato		rif. Kostener	
			dopo 45 giorni	dopo 93 giorni	dopo 52 giorni	dopo 96 giorni
A Produttore francese	Forza d'arresto daN	784	778	772	781	759
	n. cadute	13,0	11,0	11,5	12,0	10,0
	Variatz. n. cadute %	100,0	84,0	88,5	92,3	76,9
B Produttore tedesco	Forza d'arresto daN	967	977	977	949	960
	n. cadute	10,0	9,0	9,5	7,0	5,5
	Variatz. n. cadute %	100,0	90,0	95,0	70,0	55,0
C Produttore svizzero	Forza d'arresto daN	937	945	953	944	933
	n. cadute	13,0	10,5	9,5	7,0	6,5
	Variatz. n. cadute %	100,0	80,8	73,1	53,8	50,0
D Produttore spagnolo	Forza d'arresto daN	1003	990	1002	1010	981
	n. cadute	12,0	12,0	10,5	8,5	6,5
	Variatz. n. cadute %	100,0	100,0	87,5	70,8	54,2
E Produttore austriaco	Forza d'arresto daN	86,0	851	854	828	852
	n. cadute	12,7	11,0	10,5	9,5	9,0
	Variatz. n. cadute %	100,0	86,6	82,7	74,8	70,9

cili da prevedere appieno nel loro decorso. Per quanto riguarda poi i materiali impiegati nel settore alpinistico, le conoscenze sono alquanto scarse, tanto che l'alpinista di solito non è assolutamente in grado di dar risposta a domande del tipo: di che entità può esse-

re il decadimento delle caratteristiche meccaniche dei filamenti della camicia e dell'anima delle corde per effetto della luce solare? Quanto può influire tale decadimento sulla rapidità di usura della corda e sul suo comportamento in campo dinamico?

LA SPERIMENTAZIONE SUL CAMPO

Per dare risposta a questi e ad altri interrogativi, è stata programmata un'ampia sperimentazione nel corso della quale corde per alpinismo di cinque diversi produttori, scelte tra quel-

Tabella 1a

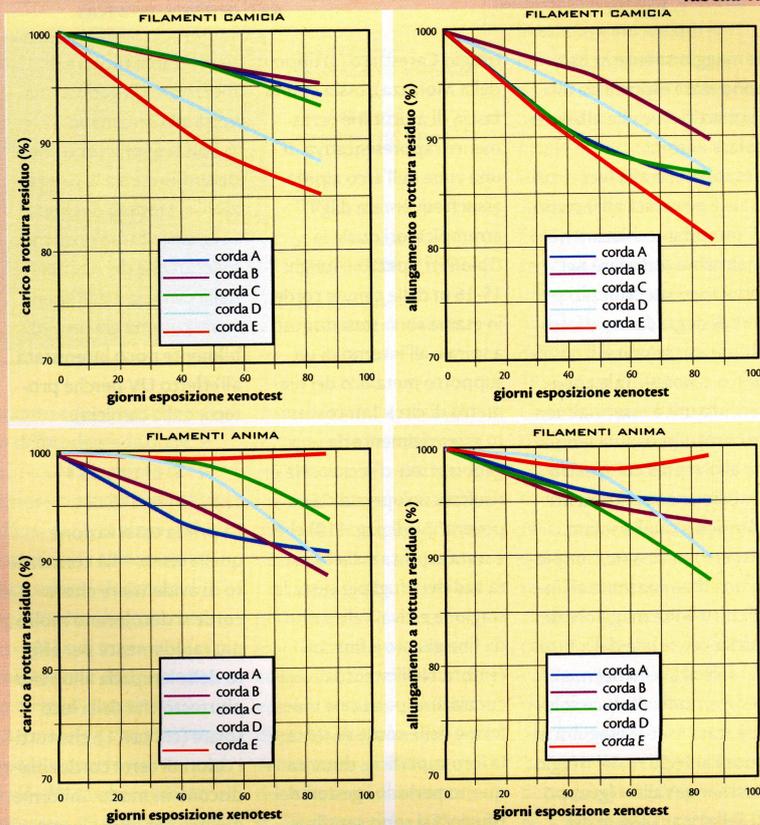
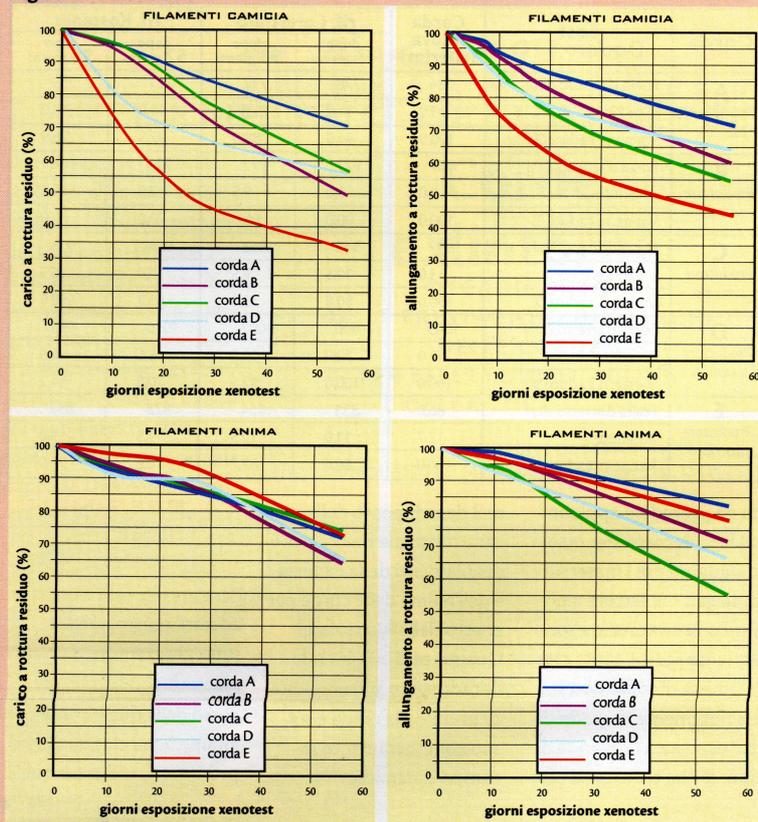


Fig. 1b



le maggiormente in uso, sono state esposte sia alla luce artificiale che alla luce solare naturale. L'esposizione alla luce artificiale è avvenuta all'interno di un'apparecchiatura normalmente utilizzata nei laboratori specializzati per test di degradazione fotochimica accelerata, il cosiddetto *xenotest*. Tale apparecchiatura è essenzialmente costituita da una lampada allo xeno il cui spettro di emissione è praticamente identico a quello solare, mentre realizza sui campioni una illuminazione all'incirca 10 volte maggiore di quella ottenibile dalla luce del sole al livello del mare. L'esposizione alla luce solare è stata invece eseguita in quota ai 2550 m del rifugio Kostner al Vallon (gruppo di Sella) e ai 1834 m del

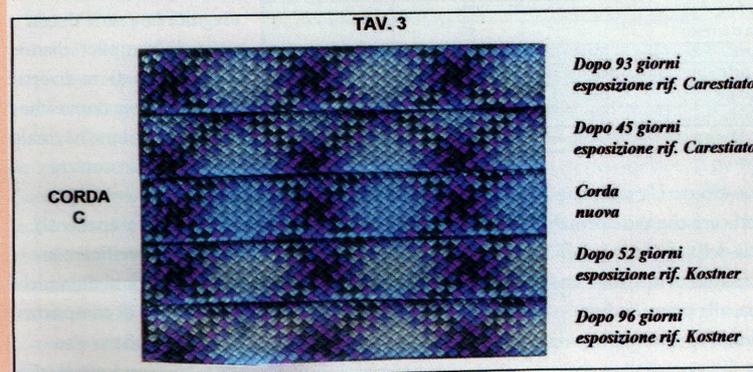
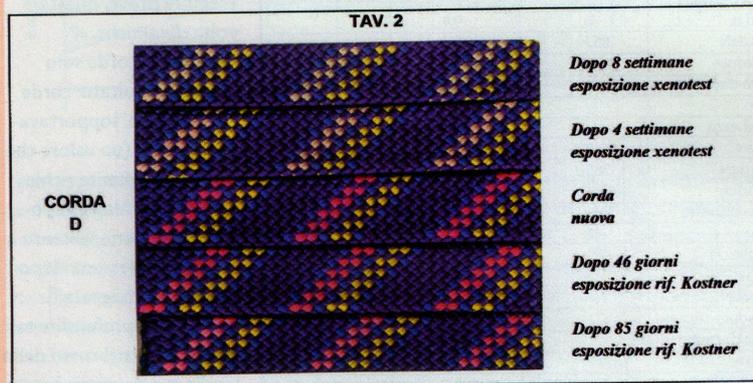
rifugio Carestiato (gruppo della Moiazza), ossia in una fascia di altitudine certamente rappresentativa di una zona dell'arco alpino assai frequentata dagli arrampicatori quale le Dolomiti. Spezzoni lunghi 15-16 m delle cinque corde in esame sono stati disposti a spirale all'interno di un supporto metallico del diametro di circa 1 m costituito essenzialmente da una gabbia a rete d'acciaio. Ne è risultata un'opera di "arte povera" (vedi pag. 110) che è stata esposta sulla facciata sud dei rifugi per tutta la stagione estiva, vale a dire da fine giugno a fine settembre. Nell'intento di assicurare un'esposizione uniforme delle corde su tutta la loro superficie, durante questo periodo i gestori del rifugio⁽⁴⁾ si sono gentilmente

prestati a ruotare di mezzo giro la gabbia una volta alla settimana. A fine stagione sono state determinate sia le prestazioni al Doderò degli spezzoni, sia le caratteristiche meccaniche dei filamenti della camicia e dell'anima (quest'ultima già prevedibilmente poco interessata all'effetto UV perché protetta dalla camicia).

I RISULTATI IN SINTESI

La prima osservazione – quella visiva – ha consentito di evidenziare che le corde si decolorano molto più rapidamente per effetto della lampada allo xeno piuttosto che della luce solare (cfr. tav. 1); che tutti i colori di certe corde sbiadiscono in modo uniforme mentre per altre c'è una

degradazione differenziata, nel senso che in una stessa corda alcuni colori rimangono stabili, altri spariscono completamente (tav. 2); che le corde esposte ai 2550 m del rifugio Kostner si scolorano di più rispetto a quelle esposte ai 1834 m del rifugio Carestiato (tav. 3). È stato anche rilevato che sussiste una certa correlazione tra decolorazione del filamento e decadimento di proprietà meccaniche: tanto più il colore del filo sbiadisce, tanto maggiore è il decadimento di caratteristiche meccaniche, con un effetto che sembra colpire prevalentemente i colori brillanti e i colori-moda quali il verde acido o il fucsia. Si ritiene che tale fenomeno possa essere determinato sia da una non meglio precisata azione catalitica dovuta alla struttura chimica del colorante, peraltro descritta anche in letteratura⁽⁵⁾, sia dalla scarsa solidità alla luce del colorante stesso che, sbiadendo, perde progressivamente il suo potenziale effetto di filtro per la radiazione UV. In tema di decadimento di caratteristiche meccaniche per effetto dell'esposizione alle radiazioni UV – sia che si tratti di luce naturale (sole e intemperie) o di luce artificiale (xenotest) – si osserva che, pur procedendo a velocità diverse, il comportamento è abbastanza simile, nel senso che in entrambi i casi le proprietà meccaniche dei filamenti dell'anima di tutte le corde in esame decadono in modo sensibilmente più uniforme e soprattutto più contenuto rispetto a quello dei fili della camicia. Si



ritiene che queste disomogeneità di comportamento e di maggior sensibilità alla luce da parte dei fili della camicia possano derivare, oltre che dall'esposizione diretta al sole, anche dalle caratteristiche dei coloranti presenti sui fili stessi, come accennato in precedenza; per contro, la maggior stabilità dei filamenti dell'anima sarebbe un effetto della schermatura operata dalla camicia. Per

quanto concerne la velocità di fotodegradazione, si stima che un giorno di xenotest produca gli stessi effetti di 5-10 giorni di esposizione al ciclo della luce solare (cfr. grafici di fig. 1a e 1b, che consentono anche di trarre una valutazione del fenomeno in termini quantitativi). La domanda che ci si può porre a questo punto - ed è ciò che maggiormente interessa gli alpinisti! - è

in che termini il decadimento delle caratteristiche meccaniche dei filamenti possa influire sul numero di cadute sopportate dalla corda al Dodero. La risposta la troviamo nel grafico di fig. 2, dal cui esame appare evidente come - malgrado la notevole dispersione dei dati disponibili - la linea di tendenza sia ben chiara: a un decadimento di caratteristiche meccaniche tutto

sommato contenuto (ad es.: 10%) corrisponde infatti una notevole riduzione del numero di cadute (ca. 50%). Un andamento che può sembrare sorprendente, dunque, benché solo in apparenza, considerata la complessità dei meccanismi che lo regolano.

Questo comportamento trova chiara evidenza nella tabella 1 (pag. 111), nella quale vengono presentati i risultati del test Dodero (forza d'arresto, numero di cadute e loro decadimento percentuale) eseguito sugli spezzoni di corda esposti sia al rif. Kostner che al rif. Carestiato rispetto a quelli delle corde nuove. In particolare, dall'esame dei risultati ottenuti si osserva che - dopo circa tre mesi di esposizione al rif. Kostner - le corde in esame sono ancora in grado di sopportare, mediamente, il 65% del numero di cadute iniziale; quelle esposte al rif. Carestiato, invece, mantengono mediamente l'85% di resistenza dinamica residua. Rispetto alle prestazioni rilevate ai 2550 m del rifugio Kostner, dunque, quelle riscontrate ai 1834 m del rifugio

Carestiato mostrano un decadimento assai più contenuto, conformemente alla minore intensità della radiazione UV alle quote inferiori. Da precisare, infine, che nel caso di corde di ottima qualità come quelle in esame (cioè corde in grado di sopportare, da nuove, almeno 9-10 cadute al Dodero) lo "stato di salute" generale dopo tre mesi di esposizione si mantiene ancora suf-

Tabella 2

Trattamento	Test	Corda Normale NUOVA	Corda Everdry NUOVA	Corda normale USATA
non trattate (riferimento)	Cadute Dodero n.	8	11	4
	Forza d'arresto daN	886	946	950
Bagnata In acqua per 48 ore	Cadute Dodero n.	2,3	3	1,5
	Forza d'arresto daN	926	1022	1052
	Variazione n. cadute	-71%	-73%	-62%
	Variazione forza d'arresto	+5%	+8%	+11%
	Variazione peso	+45%	+42%	+59%
Bagnata Immersa 2 ore	Variazione lunghezza	+4%	+2%	+5%
	Cadute Dodero n.		3	
	Forza d'arresto daN		984	
Bagnata Spruzzata doccia	Variazione n. cadute		-73%	
	Variazione forza d'arresto		+1%	
	Cadute Dodero n.		5	
Bagnata e essiccata condizioni normali	Forza d'arresto daN		990	
	Variazione n. cadute		-55%	
	Variazione forza d'arresto		+2%	
	Cadute Dodero n.	6	9,4	
	Forza d'arresto daN	867	812	
Bagnata e essiccata condizioni Extra Dry	Variazione n. cadute	-25%	-15%	
	Variazione forza d'arresto	-2%	-4%	
	Variazione peso	-	-1%	
	Variazione lunghezza	-	-4%	
	Cadute Dodero n.	9	10	3
4 cicli bagna-asciuga essiccamento al coperto	Forza d'arresto daN	785	826	861
	Variazione n. cadute	+12%	-9%	-25%
	Variazione forza d'arresto	-11%	-13%	-9%
	Variazione peso	-3%	-3%	-3%
	Variazione lunghezza	-7%	-8%	-3,5%
4 cicli bagna-asciuga essiccamento al sole	Cadute Dodero n.		12	
	Forza d'arresto daN		860	
	Variazione n. cadute		+9%	
	Variazione forza d'arresto		-7%	
Ghiacciata bagnata e tenuta a -30°C per 48 ore	Cadute Dodero n.		8	
	Forza d'arresto daN		860	
	Variazione n. cadute		-27%	
	Variazione forza d'arresto		-9%	
Ghiacciata bagnata e tenuta a -30°C per 48 ore	Cadute Dodero n.	4	5	3
	Forza d'arresto daN	805	898	819
	Variazione n. cadute	-50%	-64%	-25%
	Variazione forza d'arresto	-9%	-5%	-14%

Nota: i risultati esposti in tabella rappresentano il dato medio di tre campioni testati.

ficientemente buono, tanto che il numero di cadute sostenute è rimasto superiore a 5, valore minimo prescritto per le corde nuove dalla normativa vigente. Per quanto riguarda i dati di forza d'arresto al Dodero (ossia lo sforzo massimo registrato alla prima caduta), si segnala che non si sono riscontrate differenze significative tra quelle rilevate sulle corde nuove rispetto a quelle degli spezzoni esposti al sole e alle intemperie. Il fatto che (almeno nelle condizioni in esame!) tale parametro sia scarsamente influenzato dalle modificazioni che la corda subisce

per effetto UV starebbe ad indicare che la deformabilità della corda, e quindi la capacità di assorbire energia, alla prima caduta, rimane pressoché invariata. Si ritiene invece che aumenti la fragilità dei loro filamenti, che si manifesta appunto con una diminuzione del numero di cadute sopportate. Di qui l'ipotesi che il progressivo infragilimento dei fili per esposizione alla luce si ripercuota poi - durante la normale pratica alpinistica - anche in una sempre più scarsa resistenza all'abrasione, già scadente di per sé, con conseguente maggior facilità di rottura sia dei filamenti della camicia (sfregamento

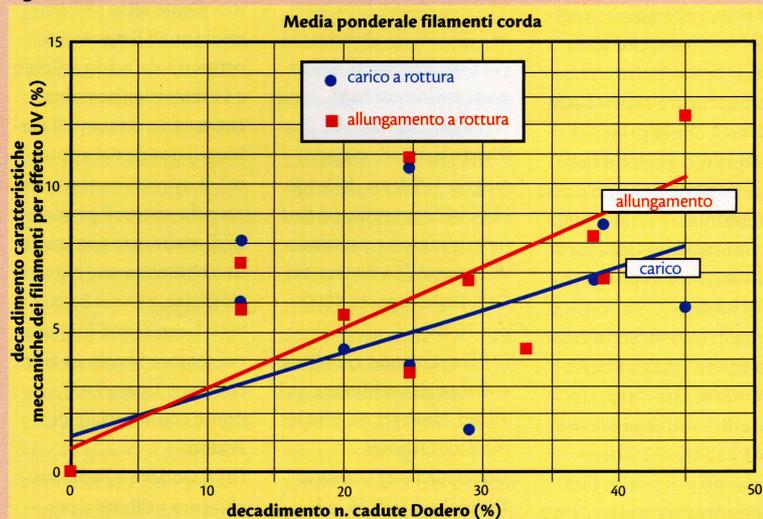
sulla roccia) che di quelli dell'anima (azione di microcristalli rocciosi che penetrano all'interno della corda).

L'ACQUA CHE NON TI ASPETTI⁽⁶⁾

Il problema del decadimento di prestazioni delle corde bagnate e ghiacciate era già stato affrontato a fine anni Sessanta dallo spagnolo José A. Odriozola e, qualche anno dopo, da Pit Schubert, responsabile per la sicurezza per il Club Alpino Tedesco (DAV). I risultati allora ottenuti possono considerarsi abbastanza in linea con quelli qui presentati. In particolare, in

due suoi studi eseguiti su corde inzuppate d'acqua e poi ghiacciate, Odriozola rilevò una riduzione della resistenza statica dell'ordine del 30% rispetto a quella iniziale della corda asciutta⁽⁷⁾⁽⁸⁾. Il timore che analoghe riduzioni potessero verificarsi anche per corde semplicemente bagnate, indusse la ditta austriaca Teufelberger a eseguire prove, questa volta dinamiche, al Dodero, su corde solo bagnate; risultato: corde che, asciutte, sopportavano 2 cadute (un valore che rispettava il limite richiesto per le corde dell'epoca!), resistevano soltanto a 1 oppure a nessuna dopo essere state bagnate⁽⁹⁾. Al fine di approfondire tali conoscenze, nel corso dello studio qui descritto è stata eseguita una serie di test su corde "semplici" diametro 10.5 mm di tre diversi produttori, sia nuove che usate, in versione normale e "dry" (ossia protette superficialmente con sostanze idrorepellenti), andando a verificare le loro prestazioni dinamiche - in termini di comportamento al Dodero - su spezzoni: *non trattati* (riferimento); *bagnati* (a temperatura ambiente); *inzuppati d'acqua e poi ghiacciati*; *bagnati e poi essiccati*. Il tempo di imbibizione con acqua è stato fissato in 48 ore. Dopo ogni trattamento sono state rilevate, ove possibile, anche le variazioni di peso e di lunghezza di ciascun spezzone per verificare l'esistenza di eventuali correlazioni con le prestazioni ai test dinamici. Inoltre, allo scopo di verifi-

Fig. 2



care l'eventuale importanza dei tempi di imbibizione con acqua e/o della temperatura di congelamento, sono stati eseguiti test anche su corde trattate in condizioni più affini alla normale pratica alpina, ossia dopo immersione per un paio d'ore in acqua e persino dopo un breve trattamento con spruzzi d'acqua sotto la doccia. È stato infine studiato l'effetto di numerosi cicli consecutivi di ammollo-essiccamento, sia asciugando le corde al coperto (come viene di norma raccomandato) che esponendole alla luce solare diretta.

ESAME DEI RISULTATI

I risultati ottenuti, riportati in tabella 2 (pag. 113), mettono in evidenza l'allarmante effetto dell'acqua sulle prestazioni dinamiche della corda. Si può infatti affermare che la presenza di acqua abbassa notevolmente il numero di cadute sopportate al Doderò, riducendolo all'incirca a 1/3 delle cadute iniziali. Tale deca-

dimento di prestazioni è stato riscontrato indifferentemente sia sulle corde nuove che in quelle usate, e sia che fossero state trattate o meno con sostanze idrofobe (l'additivo idrorepellente impedisce all'acqua di fermarsi in superficie ma non di diffondersi all'interno della struttura polimerica della fibra). È infine interessante rilevare come l'effetto dell'acqua si faccia sentire anche nel caso di tempi di immersione relativamente brevi (2 ore) e – seppur in modo meno accentuato – persino per effetto di una semplice spruzzata d'acqua.

Tale comportamento sarebbe in accordo con quanto descritto in letteratura^[10], secondo cui la presenza di acqua nel nylon abbasserebbe notevolmente la $T_g^{(d)}$, o *glass temperature*, ossia la temperatura di transizione vetrosa del materiale; in pratica, l'acqua agirebbe come un vero e proprio plastificante, poiché andrebbe a modificare profondamente sia la

mobilità della parte amorfa della macromolecola, sia la tipica temperatura di rilassamento meccanico del materiale. Ciò significa – come viene ribadito in letteratura^[10] – che "aggiungere acqua al nylon è equivalente ad elevarne la temperatura di un notevole gradino"; in altre parole: eseguire il test Doderò a temperatura ambiente su una corda bagnata sarebbe equivalente a testare una corda asciutta a 70-80°C, condizioni – queste ultime – che molto verosimilmente determinano un decadimento delle prestazioni! È stato inoltre riscontrato un sensibile aumento (5-10%) della forza d'arresto alla prima caduta, come se la corda fosse diventata "più rigida" di quella asciutta. Ciò potrebbe essere imputato, oltre che a fenomeni di attrito filo-filo (da non sottovalutare in presenza d'acqua), anche all'allungamento – mediamente del 3-5% – riscontrato sulle corde bagnate subito dopo l'estrazione dall'acqua (una

corda già un po' allungata potrebbe essere meno deformabile; bisogna pensare che al Doderò la corda si allunga del 30-35% e quindi quel 3-5% perso potrebbe in qualche modo essere influente). Per quanto riguarda le corde ghiacciate, invece, i risultati sono stati sensibilmente migliori rispetto a quelli delle corde bagnate; è stato infatti rilevato un decadimento più contenuto (ca. il 50%) delle prestazioni dinamiche che si accompagna a un

abbassamento (10% mediamente) della forza d'arresto alla prima caduta. Si precisa però che tali dati vanno interpretati con spirito critico, in quanto – durante l'esecuzione del test – si è potuto disporre di corde ghiacciate solo nella fase iniziale, mentre nella parte finale è stato giocoforza operare con corde bagnate, ossia con corde che si sono scongelate sia per effetto del calore sviluppato a ogni caduta, sia per l'effetto della temperatura dell'ambiente circostante (20°C).

Alla luce di queste considerazioni, non è proprio improponibile ipotizzare che, riuscendo a mantenerle congelate per tutta la durata del test, le prestazioni delle corde ghiacciate sarebbero forse state ancora migliori, se non addirittura su livelli analoghi a quelli delle stesse corde asciutte! Lo spezzone verrebbe infatti testato a una temperatura in cui la struttura cristallina del materiale bagnato – e in particolare la mobilità della parte amorfa –

sarebbe equivalente a quella che il materiale asciutto presenta a temperatura ambiente. Infine, i risultati delle prove di essiccamento sono da considerarsi senz'altro confortanti per gli alpinisti. Dopo essere state bagnate e asciugate, le corde riprendono infatti completamente (o quasi) le loro caratteristiche, come descritto per il nylon in letteratura. Il numero di cadute sopportate al Dodero si riporta sostanzialmente sui valori iniziali, mentre la forza d'arresto diminuisce un po', in accordo col fatto che la corda risulta essersi leggermente accorciata (retrazione del 4%). È inoltre interessante rilevare che il recupero delle prestazioni iniziali è garantito anche dopo numerosi cicli di ammollo-essiccamento, purché le corde asciughino in luogo fresco, ventilato e al riparo dal sole; per contro, se l'essiccamento avviene con esposizione alla luce solare, si osserva un notevole decadimento delle prestazioni della corda al Dodero, evidentemente per il deleterio effetto delle radiazioni UV descritto in precedenza. Al riguardo, si ricorda che l'esposizione diretta al sole s'è svolta complessivamente nell'arco di quattro settimane, ossia un tempo sufficientemente lungo perché i suddetti fenomeni producano i loro tangibili effetti.

CONCLUSIONI

Al termine di questa disamina, ci si augura che anche il lettore poco attento abbia recepito la

portata e l'importanza dei fenomeni che sono stati descritti. Dovrebbe preoccupare soprattutto il fatto che la presenza di acqua e/o ghiaccio nelle corde per alpinismo possa determinare un notevole cambiamento delle loro prestazioni, al punto che anche una corda considerata in buone "condizioni di salute", magari perché si ritiene che – seppur usata – sostenga ancora 4-5 cadute al Dodero quando è asciutta, può sopportarne appena 1 o 2 se si è semplicemente inzuppata d'acqua in seguito ad un improvviso acquazzone, un evento che in montagna può sempre capitare. Meno critico sembrerebbe, per contro, l'effetto della luce solare; in realtà, si ritiene che l'infragilimento dei fili dovuto all'azione delle radiazioni UV accentui la loro già scadente resistenza all'abrasione, favorendo così la rottura dei filamenti della camicia per sfregamento sulla roccia e di quelli dell'anima per azione dei microcristalli; senza contare il deleterio effetto dei discensori e/o dei freni per l'assicurazione dinamica. Ma questo sarà un aspetto – quello dell'usura nel senso globale del termine – che verrà affrontato nel seguito del presente articolo. L'alpinista deve quindi cominciare a convincersi che è necessario utilizzare corde non solo in buone, bensì in ottime condizioni, e quindi sarà giocoforza sostituire la propria cara, vecchia corda molto più di frequente di quanto normalmente si faccia!

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- (1) Gigi Signoretti, *Senza una camicia coi baffi... non ci rimane che l'anima!*, "La Rivista del Cai", maggio-giugno 1997, pp. 103-106.
- (2) Gigi Signoretti, *Corde e luce solare: una questione di... colore!*, "La Rivista del Cai", luglio-agosto 1999, pp. 76-84.
- (3) *Encyclopedia of polymer science and technology*, vol. 10, ed. Norbert M. Bikales
- (4) Kirk-Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol. 16, ed. Anthony Standen
- (5) G. Reinert, *Photostability of polyamide fibres*, *Melliand Textilberichte* 69 (1988), pp. 58-64.
- (6) Gigi Signoretti, *L'acqua che non ti aspetti*, "La Rivista del Cai", gennaio-febbraio 2001, pp. 74-79.
- (7) José A. Odriozola, *Estudios previos para ensayos de cuerdas a baja temperatura*, *Revista Peñalara*, abril-junio 1968, pp. 37-40.
- (8) José A. Odriozola, *Comportamiento de una cuerda de montaña a baja temperatura*, *Revista Peñalara*, enero-marzo 1969, pp. 14-21.
- (9) Pit Schubert, *Was halten nasse und vereiste Seile?*, *Sicherheitskreis im DAV; Tätigkeitsbericht* 1971-1973, pp. 197-206.
- (10) *Nylon Plastics*, edited by Melvin I. Kohan - Plastic Department; E.I. du Pont De Nemours and Co., Inc.

Note

- (a) La poliammide 6 (o nylon-6) è un prodotto sintetico che si ottiene per polimerizzazione del caprolattame, un'ammide ciclica a 6 atomi di carbo-

nio. Come altre poliammidi (quali il nylon-6.6, ottenuto da acido adipico ed esametilenammina, entrambi a 6 atomi di carbonio, donde 6.6 appunto), il nylon 6 è caratterizzato da notevoli proprietà di resistenza alla trazione abbinate a una elevata elasticità, per cui ha trovato larghissimo impiego nel settore tessile. La fibra che se ne ricava ha il nome commerciale di Perlon.

(b) Il Dodero è l'apparecchiatura utilizzata per valutare certe prestazioni della corda e convenzionalmente determinarne, in base al numero delle cadute sostenute in condizioni controllate di temperatura (20°C) e di umidità relativa (65%), la *resistenza dinamica*. Per ottenere l'omologazione, secondo le norme CEN, una corda *semplice* deve resistere senza rompersi ad almeno 5 cadute, producendo uno sforzo massimo alla prima caduta non superiore a 1200 daN. Il test viene eseguito facendo cadere ad intervalli regolari di 5 minuti, per un'altezza totale di 4.6 m, una massa di 80 kg legata all'estremità di uno spezzone di corda lungo 2.5 m; l'altra estremità dello spezzone è bloccata a un ancoraggio e passa attraverso un foro calibrato, di caratteristiche simili a quelle di un moschettone (punto di rinvio sul quale in genere avviene la rottura della corda), situato poco sopra l'ancoraggio stesso.

(c) L'autore ringrazia vivamente Cristina e Manuel Agreiter, gestori del rifu-

Il trovarobbe

gio Kostner al Vallon (Sella), e Rosanna e Fausto Todesco, gestori col piccolo Matteo del rifugio Carestiatto (Moiazza): è infatti grazie al loro spirito di collaborazione e generosa disponibilità che la realizzazione dello studio è stata possibile.

(d) La T_g è la temperatura di transizione vetrosa di un materiale. Per comprendere il significato di tale parametro si può dire che, in genere, i polimeri – com'è il caso del nylon – sono costituiti da macromolecole in cui si alternano casualmente sia parti cristalline (ossia strutture di catena perfettamente ordinate, con una ben

definita sistemazione spaziale degli atomi) che parti amorfe (ossia strutture del tutto disordinate, con catene aggrovigliate). La temperatura in corrispondenza della quale viene modificata la mobilità della parte amorfa è detta *temperatura di transizione vetrosa* (T_g , dall'inglese *glass Temperature*), poiché il comportamento del materiale dal punto di vista cristallografico è simile a quello che avviene per il vetro (solido amorfo per antonomasia) quando viene portato a rammollimento/fusione. La T_g è quindi la temperatura in cui la parte amorfa passa

da uno stato relativamente rigido a uno con mobilità aumentata, ossia più plastico; tutti i polimeri, in genere, al di sopra di tale temperatura si possono deformare proprio per effetto di questa maggior plasticità. Nel caso del nylon è stato dimostrato che la presenza di acqua abbassa considerevolmente la sua temperatura di transizione vetrosa: dati di letteratura riportano valori di T_g pari a $60 \div 80^\circ\text{C}$ per il nylon secco, che scendono a valori attorno a 0°C per il nylon saturo d'acqua! C'è di che preoccuparsi, nel senso che l'abbassamento della T_g in presenza di acqua modifica (pregiudi-

ca?) le caratteristiche meccaniche dei filamenti di nylon di cui le corde sono costituite.

RINGRAZIAMENTI

L'autore ringrazia per la cortese collaborazione il direttore del Laboratorio del Dipartimento di Costruzioni e Trasporti dell'Università di Padova, presso il quale sono stati eseguiti i test al Doderò. Un grazie riconoscente va inoltre ai colleghi del Caimt Vittorio Bedogni, Giuliano Bressan, Lorenzo Contri, Gigi Costa e Carlo Zanantoni per i preziosi consigli e gli utili suggerimenti forniti per la stesura del presente articolo.