

CORDINI AUSILIARI A COMPOSIZIONE MISTA

Cristiano Zoppello
Gruppo Speleologico
Padovano CAI
CSMT

Luigi Costa
Sezione di Torino
CSMT

Negli ultimi anni si assiste alla tendenza nel mercato delle corde per attività sportive a proporre funi con composizione mista. Con ciò si intende che le fibre costitutive non sono soltanto il cosiddetto Nylon - termine che verrà approfondito successivamente,

ma anche altre molecole, con caratteristiche chimiche e meccaniche sensibilmente diverse.

Va subito precisato che da sempre la massima parte dei cordini cosiddetti in "Kevlar®" (più propriamente aramide) o Dyneema® hanno una composizione mista: spesso infatti la calza è composta da fibre di Nylon.

Oggi però sono presenti corde e cordini con una composizione mista delle fibre. L'idea che ispira questa tendenza è, probabilmente, quella di recuperare le migliori proprietà di ciascun componente per arrivare a prodotti più performanti, più leggeri o più statici, secondo le necessità.

L'impressione è che nel prossimo futuro si moltiplicheranno prodotti di questo genere.

Al tempo stesso non è sempre facile reperire informazioni sulla composizione; non è nemmeno facile desumere le caratteristiche meccaniche senza approfondire le caratteristiche chimiche delle molecole costitutive.

Per questo il CSMT ha iniziato un lavoro di organizzazione delle informazioni, di analisi di campioni e di caratterizzazione delle corde e dei cordini che il mercato oggi propone (Figura 1). Si tratta di un lavoro di ampie prospettive e molto aperto, lungi dall'essere considerato concluso. Il presente articolo è un lungo excursus preliminare sui principali aspetti della chimica delle fibre.

OBIETTIVI

Che significato dare alla caratterizzazione chimica dei filamenti che compongono le fibre? Ossia a cosa serve, in concreto, approfondire la chimica per l'utilizzatore? Districarsi nella selva di materiali che il mercato propone è fondamentale per un impiego più consapevole dei cordini impiegati. Le caratteristiche chimiche, ad esempio, determinano le caratteristiche meccaniche della fibra. Per fare un esempio, la resistenza alla trazione di un cordino senza nodo, una delle tante proprietà comunemente analizzate in laboratorio, è determinata fra l'altro dalla massa molecolare della fibra di cui è composto: maggiore è la sua massa molecolare, maggiore sarà la resistenza alla trazione essendo l'interazione chimico-fisica tra le molecole più elevata.

ASPETTI CHIMICI DELLE FIBRE

Le fibre sintetiche sono prodotte da filamenti di molecole note come polimeri termoplastici. I polimeri vengono prodotti mediante reazioni di polimerizzazione, cioè si parte dal monomero che poi, secondo la sua struttura, viene polimerizzato.

Il processo di realizzazione comincia con il polimero in forma liquida. Questo può essere ottenuto fondendo il materiale o sciogliendo il polimero in un solvente idoneo. Il polimero (o la soluzione) viene estruso attraverso un ugello da cui si forma un filamento con dimensioni della decina di micron. Viene fatto evaporare il solvente, se presente, oppure raffreddato e contemporaneamente stirato. Con quest'operazione si ottiene il filo che, composto con altri filamenti, porterà alla formazione della fibra.

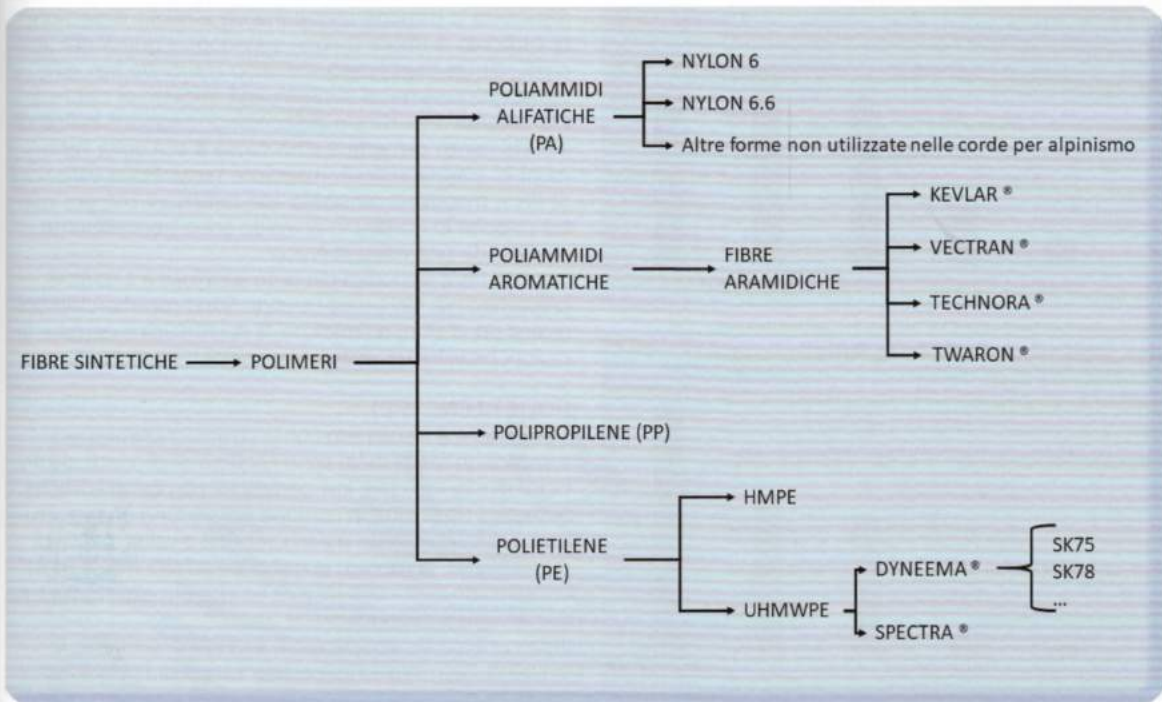
Le fibre sintetiche sono quindi prodotte in lunghezza indeterminata e vengono tagliate alle dimensioni volute. Non è possibile che ogni molecola di polimero abbia sempre lo stesso numero di molecole di monomero, se ne produrranno di più corte e di più lunghe: il polimero ha una dispersione di masse molecolari.

Le molecole di polimero possono essere ben organizzate tra di loro. L'esempio più calzante è quello degli spaghetti. In una scatola di spaghetti ogni spaghetti è ben organizzato, così anche le molecole di polimero possono essere ben organizzate, cioè possono cristallizzare e occupare lo spazio disponibile in maniera ottimizzata. Gli spaghetti messi in una pentola di acqua sono attorcigliati l'uno all'altro; occupano più spazio e tra di loro c'è del vuoto occupato dall'acqua. Analogamente, organizzare tutte le molecole in forma ordinata non è semplice. Una parte non è cristallizzata, ma si trova in forma disorganizzata (forma amorfa): occupa più spazio e le varie catene interagiscono meno tra di loro; questo determina minore resistenza alla trazione e alla rottura.

FAMIGLIE DI POLIMERI

Le fibre di interesse in campo alpinistico e speleologico sono essenzialmente a base di polietilene (UMPE e Dyneema®), di poliammidi alifatiche (PA o Nylon 6 e 66), fibre poliammidi-aromatiche dette fibre aramidiche, di polipropilene (PP).

Alcuni dei nomi presenti in letteratura sono nomi di uso comune ma che hanno origine commerciale: sono nomi dati dalle aziende produttrici alla propria fibra e quindi registrati. A loro volta, le aziende che commercializzano i

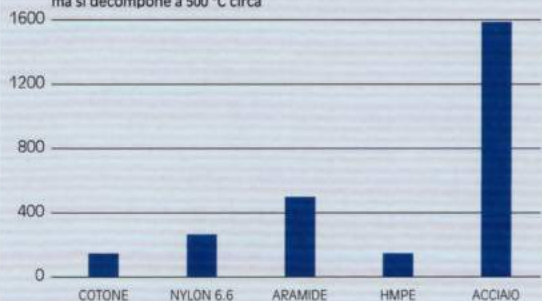


Densità (g/cm³)



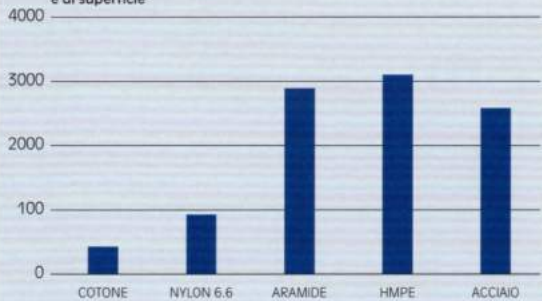
Temperatura di fusione (°C)

Il cotone carbonizza a 150° C circa, mentre l'aramide non fonde ma si decompone a 500° C circa



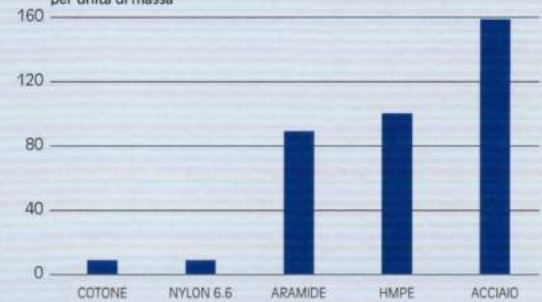
Strength (N×g/km)

è definita come **strength** la resistenza a trazione per unità di massa e di superficie



Elasticità specifica (10⁹ N/m³)

è definita come **elasticità specifica** il modulo di elasticità espresso per unità di massa



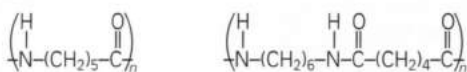
cordini si avvalgono del loro nome per caratterizzare i propri prodotti. I polimeri impiegati nelle funi possono essere organizzati secondo il seguente schema.

POLIAMMIDE ALIFATICA (DETTA ANCHE PA, OPPURE NYLON)

La prima poliammide (Nylon 6,6) fu sintetizzata ad opera di Wallace Carothers nel 1935, in un laboratorio dell'azienda DuPont. Il processo di sintesi del Nylon 6,6 fu brevettato nel 1937 e commercializzato nel 1938 per la produzione di calze femminili.

Durante la seconda guerra mondiale divenne materiale strategico per la costruzione delle funi dei paracadute. Nel 1938 fu prodotto il Nylon 6, ad opera di Paul Schlack nei laboratori della IG Farben; fu brevettato nel 1941 e commercializzato con il nome di Perlon.

Nylon 6 e Nylon 6,6 hanno caratteristiche leggermente diverse; la struttura chimica è mostrata nelle seguenti formule



La differenza sostanziale fra le due fibre è il punto di massima velocità di fusione; tale parametro viene impropriamente detto punto di fusione: si usa dire che il Nylon 6 fonde a circa 220°C e il Nylon 6,6 a circa 260°C. Per esattezza, il processo di fusione inizia in entrambi i casi 40°C prima.

POLIAMMIDE AROMATICA

Il termine aramide deriva dall'inglese ARomatic polyAMide. Le fibre aramidiche sono caratterizzate da elevata resistenza a trazione (paragonabile a quella delle fibre di carbonio e fino a 5 volte superiore a quella dell'acciaio), da un basso peso specifico e soprattutto da un'elevata resistenza al taglio, agli impatti, al calore e alla fiamma. Per contro presentano maggiore indice di assorbimento dell'acqua (che causa a sua volta fenomeni di plastificazione), maggiore sensibilità a variazioni di PH e maggiore sensibilità alle radiazioni UV; per questa ragione in cordini in aramide sono normalmente protetti da una calza in Nylon.

Il tipo di fibra aramidica più noto e diffuso è il Kevlar®, brevettato nel 1971 dalla DuPont. Sono commercializzati diversi tipi di fibre aramidiche, la cui fortuna è dettata da ragioni prevalentemente commerciali (Figure 2 e 3).

POLIETILENE (PE)

Il polietilene è il polimero con la struttura chimica più semplice. In realtà molti sono i polietileni prodotti, (HDPE high density PE, LDPE low density PE con caratteristiche differenti tra di loro. In comune possiedono una struttura chimica con catene lineari CH₂-CH₂ e valori diversi di ramificazioni; ne deriva un materiale ad alta massa molecolare e con il carico di rottura teorico più elevato fra tutti i materiali polimerici.

In generale il PE impiegato in alpinismo possiede le seguenti caratteristiche: elevato carico di rottura, stabilità delle proprietà chimico fisiche nell'intervallo di tem-

MATERIALI E TECNICHE

peratura fra -40°C e $+60^{\circ}\text{C}$, basso assorbimento di acqua. Si caratterizza inoltre per una buona resistenza al taglio ma per un decadimento delle proprietà a temperature relativamente basse (basso punto di fusione).

Dyneema® è il nome commerciale di una fibra prodotta da DSM. Si tratta di un polietilene ad altissimo peso molecolare; l'acronimo inglese per tale dicitura è UHMWPE.

Esistono diversi tipi di Dyneema®, identificati con un codice che inizia con le lettere SK; quelli utilizzati per le funi sono SK75 o SK78.

Recentemente il mercato ha riportato in auge fibre in polietilene ad alta densità (HDPE); le nuove generazioni di tale materiale hanno caratteristiche simili al Dyneema® SK75 con costi di produzione sensibilmente inferiori.

POLIPROPILENE (PP)

Il polipropilene viene impiegato nelle corde in cui si vuole ottenere bassa densità (ad esempio nelle corde galleggianti per torrentismo); per questo è una delle fibre meccanicamente meno performanti.

Di seguito si riportano alcuni dati di riferimento per alcuni materiali citati e, per comparazione, due altri materiali significativi: il cotone e l'acciaio. I dati sono estratti dal Cordage Institute (USA). Per gli altri materiali sono stati presi i valori tipici, suscettibili di variazione in base ad una specifica fattispecie.

* Il cotone carbonizza a 150°C circa, mentre l'aramide non fonde ma si decompone a 500°C circa

BIBLIOGRAFIA

H. A. McKenna, J. W. S. Hearle, N. O'Hear Handbook of Fibre Rope Technology, CRC Press, The textile Institute 2004
Trossarelli L., Brunella V. L'invenzione del nylon tra realtà, leggenda e misteri. Acc. Sc. Torino, Memorie Sc. Fis. 26 (2002) 117-159.
Kohan M.I. "Nylon Plastic handbook" ed. Kohan M.I. 1995 Hanser Publishers Munich Vienna New York.

