

CAPITOLO 3

PROPRIETÀ GENERALI DELLE FIBRE TESSILI

1. INTRODUZIONE
2. INTERAZIONI TRA UMIDITÀ E MATERIALI TESSILI
3. PROPRIETÀ FISICO- MECCANICHE DEI MATERIALI TESSILI
4. COMPORTAMENTO ALLA TRAZIONE DEI MATERIALI TESSILI
5. ALTRE PROPRIETÀ FISICHE DELLE FIBRE TESSILI
6. ATTRITI E FIBRE TESSILI

1. INTRODUZIONE

Le caratteristiche generali dei manufatti tessili sono, di fatto, fortemente influenzati da due parametri fondamentali:

- la natura delle fibre costituenti i manufatti;
- le interazioni ed influenze delle fibre con l'ambiente e con i cicli di lavorazione a cui sono state sottoposte.

Le proprietà delle fibre sono direttamente correlate con la loro composizione chimica e con le variabili della loro struttura molecolare (fibre struttura "ordinata" = fibre cristalline; fibre a struttura "disordinata" = fibre amorfe - fibre con le macromolecole orientate nel senso della lunghezza della fibra o fibre con le macromolecole disorientate).

L'importanza delle interazioni tra caratteristiche delle fibre e fenomeni ambientali può essere descritta riportando, ad esempio, il fenomeno della "igroscopicità" delle fibre, e cioè valutando la capacità reversibile che possiedono alcuni tipi di fibre di assorbire e/o cedere umidità dall'ambiente. L'igroscopicità è, infatti, maggiore nelle fibre costituite da molecole di tipo "polare" (l'acqua è anch'essa una molecola polare) e caratterizzate da una struttura ricca di zone amorfe (zone con macromolecole disposte in maniera disordinata, e perciò zone porose).

Viceversa la "tenacità", o "resistenza alla trazione" di un manufatto tessile, è ovviamente sempre legato alla natura delle fibre presenti, e risulta tanto maggiore quanto più ordinata è la struttura macromolecolare delle fibre (maggioranza di zone cristalline – "non porose") e quanto più orientate sono le macromolecole.

Queste proprietà non sono costanti, risultano invece influenzate dalle condizioni ambientali quali ad esempio la temperatura e l'umidità. L'influenza di questi parametri può essere reversibile o, nel caso di importanti variazioni dei suddetti parametri, irreversibile.

La lana, ad esempio, passando da uno stato secco ad uno stato bagnato risulta meno tenace e più deformabile e più sensibile al calore ed agli agenti chimici. Queste variazioni,

entro certi limiti reversibili, sono legate alla capacità della struttura chimica della lana a legare l'acqua; acqua che, rompendo certi legami chimici tra le varie catene macromolecolari (legami ad idrogeno), favorisce lo scorrimento delle macromolecole sottoposte a trazione, diminuendone così la resistenza meccanica e favorendo l'allungamento. Togliendo l'acqua dalla fibra si ripristinano le caratteristiche iniziali (fenomeno reversibile).

Generalmente tutte le fibre igroscopiche (cioè a struttura chimica polare) hanno un comportamento analogo, con la sola eccezione del cotone che ad umido presenta una maggiore resistenza meccanica rispetto allo stato secco (fenomeno legato alla particolare morfologia strutturale della fibra).

Oltre al fattore tecnologico l'interazione tra fibra ed ambiente influenza notevolmente le caratteristiche commerciali dei manufatti tessili, infatti, la capacità di assorbire umidità porta, soprattutto nelle fibre igroscopiche, un aumento di peso del materiale che, se non controllato, porterebbe ad un'alterazione del valore commerciale del manufatto. Da qui, ad esempio, l'introduzione del "*peso condizionato*" dei materiali tessili, cioè del peso con un contenuto stabilito di umidità. A tale proposito si ricorda che sempre la lana, in particolari condizioni di umidità e di temperatura ambientali può assorbire fino ad oltre il 30% in peso di acqua, senza dare alcuna sensazione di bagnato.

Vista l'importanza del contenuto di umidità delle fibre sulle caratteristiche, sia di tipo dimensionale (rigonfiamenti), che di tipo meccanico, e considerato che il contenuto di umidità delle fibre dipende a sua volta dalle condizioni di umidità relativa e di temperatura dell'ambiente inizieremo questo capitolo descrivendo le relazioni tra materiali tessili ed umidità.

2. INTERAZIONI TRA UMIDITÀ E MATERIALI TESSILI

Si descrivono due parametri utilizzati per descrivere il contenuto di acqua nell'atmosfera (ambiente):

- umidità assoluta: quantità di acqua allo stato di vapore (massa) contenuto in un'unità di volume di aria (kg/m^3);
- umidità relativa: indice del rapporto percentuale tra l'umidità assoluta e la quantità massima di vapore acqueo che potrebbe essere contenuta nell'aria alla condizioni di saturazione (formazione di condensa) (si esprime come U.R. (%)).

La quantità di umidità alla saturazione e conseguentemente l'umidità relativa sono legate alla temperatura dell'atmosfera; maggiore è la temperatura e maggiore è la quantità di vapore acqueo contenuto alla saturazione.

Il contenuto di umidità delle fibre tessili, può invece essere espresso con due diversi parametri:

- contenuto di umidità (U%): che corrisponde al rapporto percentuale tra la quantità di acqua assorbita (M_A) e la massa totale del campione (cioè massa del campione allo stato secco (M_S) e massa di acqua assorbita (M_A)):

$$U\% = 100 \cdot M_A / (M_A + M_S)$$

Nel settore tessile viene più frequentemente utilizzato il termine:

- **Ripresa di umidità (R%)**: rapporto percentuale tra la quantità di acqua assorbita (M_A) e la massa secca del campione (M_S):

$$R\% = 100 \cdot M_A / M_S$$

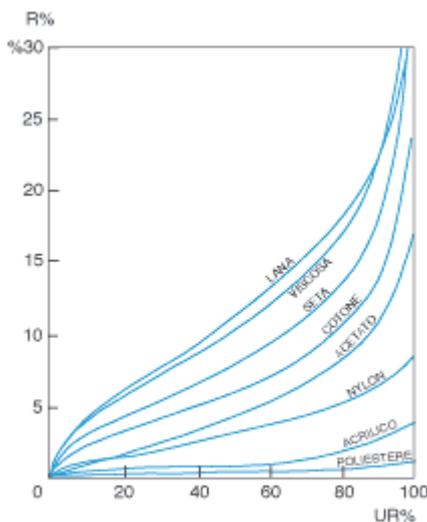
Il valore del contenuto di umidità risulta sempre maggiore del corrispondente valore della ripresa di umidità. La correlazione dei due termini, può essere così rappresentata:

$$R\% = 100 \cdot U\% / (100 - U\%) \quad - \quad U\% = 100 \cdot R\% / (100 + R\%)$$

Le fibre tessili, soprattutto quelle igroscopiche, quando sono immerse in un ambiente in determinate condizioni di temperatura ed umidità, possono assorbire o cedere umidità con una determinata velocità, fino a raggiungere un valore costante di contenuto di umidità (stato di equilibrio dinamico). In queste condizioni il numero di molecole di acqua che viene assorbito dalle fibre nel tempo è uguale a quello che è ceduto per evaporazione.

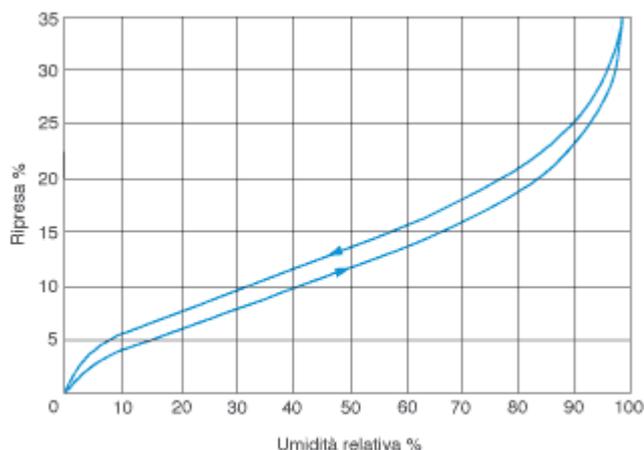
Il fenomeno è reversibile, infatti, se siamo in presenza di una fibra secca, cioè con un contenuto di umidità inferiore rispetto al valore che avrebbe all'equilibrio nelle condizioni di temperatura ed umidità dell'ambiente, la fibra tenderà ad assorbire umidità fino al raggiungimento dell'equilibrio. Contrariamente in presenza di una fibra bagnata.

Risulta evidente che, a temperatura costante, il raggiungimento dell'equilibrio sarà legato all'umidità relativa dell'atmosfera. Il fenomeno è descritto da curve che, a temperatura costante mettono in relazione l'umidità relativa dell'ambiente e la ripresa di umidità delle fibre (**curve isoterme di assorbimento**) (fig. 1)



Isoterme di assorbimento di alcune fibre tessili

Le curve di assorbimento dell'umidità e di cessione (disassorbimento) in teoria dovrebbero essere, per la stessa fibra e per la stessa temperatura perfettamente coincidenti; tutto ciò generalmente non accade, infatti, ponendo un tessile in un'atmosfera ad una determinata temperatura ed umidità, il contenuto di acqua che riesce ad assorbire all'equilibrio è maggiore se partiamo dal materiale umido (curva di disassorbimento) rispetto a quello ottenibile partendo dal materiale secco (curva di assorbimento). Il fenomeno prende il nome di **isteresi** (fig.2)



Isteresi nella curva di assorbimento ed emissione della lana

Il fenomeno dell'isteresi, nel caso delle fibre igroscopiche riveste importanti riscontri pratici:

- nel caso si ritenga importante per motivi tecnologici o commerciali, mantenere nei manufatti tessili un più alto valore di umidità nel passaggio, ad esempio da una lavorazione ad un'altra, conviene partire da materiali più umidi;
- nell'ambito del controllo di qualità, poiché importanti caratteristiche dimensionali (es. finezza) e meccaniche (es. tenacità) delle fibre igroscopiche, sono fortemente influenzate dal contenuto di umidità all'equilibrio, le norme tecniche indicano la direzione da cui deve essere raggiunto l'equilibrio. Poiché è generalmente previsto il raggiungimento dell'equilibrio dal materiale secco si parla di tecnica della rimanenza secca.

Atmosfere standard

Vista l'importanza dell'umidità relativa e della temperatura dell'atmosfera nei confronti delle caratteristiche dei materiali tessili, tutte le principali prove di controllo qualità, siano esse geometriche (lunghezza e finezza fibre, massa, titolo, variazioni dimensionali ai cicli di manutenzione) che fisico meccaniche (resistenza a trazione, pilling, usura, etc), devono essere effettuate in condizioni di atmosfera standard.

I materiali, prima dell'esecuzione delle prove, devono stazionare in un ambiente a temperatura ed umidità relativa costanti e prefissati, al fine di raggiungere l'equilibrio termo-igrometrico (ambientamento dei campioni).

Le condizioni delle atmosfere standard, riportate nelle norme vigenti, sono le seguenti:

atmosfera normale:

- umidità relativa = $65 \% \pm 2 \%$
- temperatura = $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

atmosfera normale in paesi tropicali e sub-tropicali

- umidità relativa = $65 \% \pm 2 \%$
- temperatura = $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Gli strumenti normalmente utilizzati per il controllo dell'umidità relativa nelle camere climatiche a condizioni di temperatura ed umidità controllate sono gli psicrometri e gli igrometri.

Gli psicrometri sono costituiti da un termometro a bulbo asciutto ed uno a bulbo umido (rivestito con una calza di cotone che pesca in una vaschetta contenente acqua distillata).

La differenza di temperatura, riportata in un diagramma psicrometrico permette di ricavare l'umidità relativa.

Gli igrometri "a capello" sono basati sulla proprietà dei capelli umani di variare la propria dimensione longitudinale in funzione del tasso di umidità.

I moderni impianti di condizionamento delle camere climatiche sono dotati di sensori elettronici di controllo delle temperature e dell'umidità per il mantenimento delle condizioni in tutte le zone dell'ambiente.

3. PROPRIETÀ FISICO- MECCANICHE DEI MATERIALI TESSILI

I materiali tessili nel corso delle loro trasformazioni industriali e successivamente nei diversi settori d'impiego sono soggetti a numerose sollecitazioni di tipo fisico-meccanico.

Queste sollecitazioni, "semplici" o "composte", cioè legate all'interazione di un tipo o da più tipi di forze esterne che agiscono contemporaneamente sul manufatto, producono delle deformazioni che variano in funzione dell'intensità, della direzione e del verso con cui vengono applicate, ed anche dalla loro posizione di applicazione.

- Sollecitazioni meccaniche semplici applicate ai materiali tessili

forza applicata	effetto
trazione	<i>i materiali entrano in tensione e tendono ad allungarsi</i>
flessione	<i>i materiali si flettono, incurvando l'asse fibroso</i>
compressione	<i>diminuzione dello spessore del materiale</i>
torsione	<i>due sezioni trasversali parallele e non adiacenti del materiale (es. sezioni di fibra), ruotano di un determinato angolo</i>
taglio	<i>scorrimento di due sezioni parallele e contigue</i>

- Proprietà dei materiali correlate alle sollecitazioni

proprietà	sollecitazione soddisfatta
tenacità	<i>resistenza alla trazione</i>
flessibilità	<i>facilità di assorbimento delle sollecitazioni alla flessione</i>
comprimibilità	<i>facilità di indurre la diminuzione dello spessore del materiale</i>
elasticità	<i>capacità del materiale di recuperare le deformazioni imposte al termine dell'applicazione della forza</i>
resilienza	<i>capacità di assorbire lavoro meccanico senza subire deformazioni permanenti.</i>

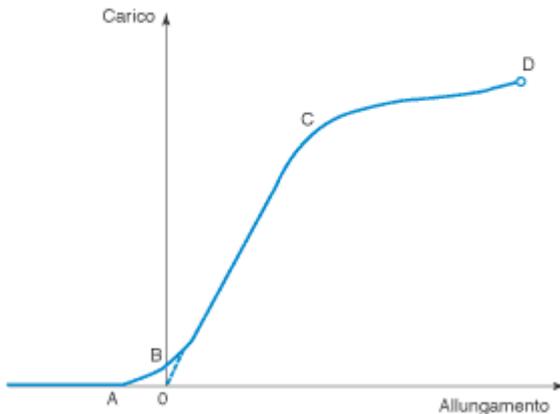
Delle proprietà meccaniche descritte, il comportamento alla trazione dei materiali tessili, siano essi fibre, filato o tessuti, rappresenta il parametro più importante, sia per le implicazioni nei processi produttivi e nelle caratteristiche d'uso, che nelle valutazioni teoriche di correlazione tra la natura chimica e strutturale delle fibre che costituiscono il manufatto ed il comportamento del materiale stesso.

4. COMPORTAMENTO ALLA TRAZIONE DEI MATERIALI TESSILI

Il comportamento alla trazione viene descritto prendendo come elementi di esempio il comportamento delle fibre tessili, questo perché il comportamento delle diverse fibre si

riflette, naturalmente, in maniera direttamente proporzionale sul comportamento meccanico del manufatto ottenuto (filato, tessuto, etc).

La descrizione del comportamento alla trazione di un materiale tessile può essere facilmente illustrato osservando il diagramma che si ottiene riportando in un sistema di assi cartesiani le deformazioni del materiale che si realizzano, a seguito dell'applicazione di carichi (forze) di intensità variabile (**curva carico allungamento**).



Curva carico-allungamento di una fibra arricciata

La curva “standard” della figura precedente può essere descritta suddividendo il tracciato “carico-allungamento”, in quattro distinte zone:

- a. il tratto compreso tra i punti A e B è legato alla distensione dell'eventuale arricciatura presente nelle fibre a seguito dell'applicazione del primo carico. In questo caso non possiamo parlare di vero e proprio comportamento meccanico delle fibre, ma di un effetto “geometrico” di perdita delle ondulazioni che nelle prove di comportamento alla trazione dei materiali viene indicato con il termine di “pre-tensione”.
- b. il tratto del grafico compreso tra i punti O e C viene detto “zona della proporzionalità”, oppure zona delle **deformazioni elastiche**. In questo tratto, per applicazione di carichi (generalmente di modesta entità), si hanno deformazioni della fibre che variano in maniera proporzionale rispetto al carico applicato. In altre parole, il rapporto tra il carico applicato e la deformazione indotta è, in questa zona sempre costante, e viene indicato con il termine di **E modulo elastico o di Young**. In questa zona, dove allo sforzo applicato viene associata una deformazione sempre proporzionale, si ha la validità di una legge generale della meccanica (Legge di Hooke) che spiega la deformazione dei corpi elastici. Le deformazioni indotte nelle fibre in questa zona vengono chiamate “elastiche”, perché una volta tolto il carico applicato, la fibra (o il manufatto tessile) tornano alle dimensioni iniziali senza subire nessuna deformazione permanente (deformazione plastica). Le forze normalmente applicate ai materiali tessili sia durante l'uso che nella fabbricazione sono, rientrano in genere nella zona dei carichi che inducono deformazioni plastiche. Da un punto di vista molecolare in questa fase si produce la rottura di legami intermolecolari deboli e la deformazione di quelli più forti. Alla cessazione del carico i legami intermolecolari forti tendono a riacquistare la loro posizione “naturale”, permettendo anche la riformazione dei legami intermolecolari deboli, nella posizione originale.

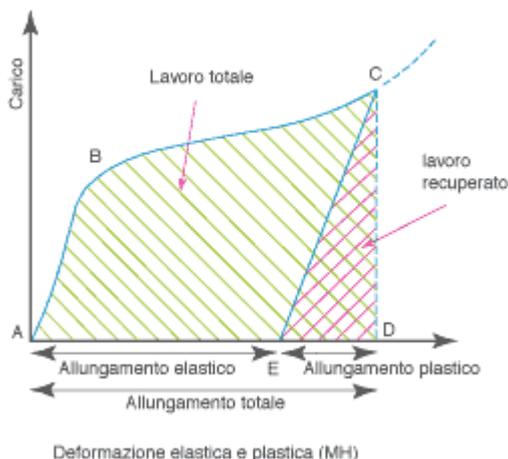
- c. la curva carico allungamento prosegue fino al punto C con un'inclinazione diversa rispetto a quella del primo tratto. Cioè aumentando il carico in maniera proporzionale al primo tratto, avremo deformazioni molto più accentuate (**zona degli snervamenti**). In questo caso piccole cariche provocheranno marcate deformazioni e, una volta cessata l'applicazione della forza, la fibra (o il manufatto) non tornerà completamente alle dimensioni iniziali, ma rimarrà in parte deformata permanentemente (**deformazione plastica**). In molti casi il punto iniziale C rappresenta anche la soglia oltre alla quale le deformazioni tendono a non essere recuperate completamente; la lana rappresenta invece un'interessante eccezione, in quanto, anche deformata al limite della rottura (punto D), cioè con un allungamento rispetto alle dimensioni iniziali di ca. il 30%, una volta tolto il carico, la fibra ritorna alle dimensioni iniziali (fibra facilmente deformabile, con un comportamento totalmente elastico). In questo caso da un punto di vista molecolare abbiamo anche una parziale rottura di legami intermolecolari forti con la riformazione degli stessi in nuove posizioni (deformazioni permanenti "plastiche").
- d. Il punto finale (D) rappresenta il **punto di rottura** e la forza correlata è indicata come **carico di rottura**.

Comportamento elastico e lavoro

Con il termine di **fibra elastica** si intende la capacità di un materiale di recuperare completamente la deformazione imposta da un carico al momento dell'eliminazione del carico stesso. Il comportamento opposto viene indicato con il termine di **plasticità**.

Dall'osservazione del diagramma carico – allungamento non si riesce a valutare se una fibra presenta un comportamento elastico o plastico (chiaramente riferito alla zona delle deformazioni non proporzionali [tratto CD]).

Per valutare il suddetto comportamento si deve verificare cosa succede in un ciclo di applicazione ed eliminazione del carico.



Osservando la figura precedente si osserva che una fibra sottoposta al carico relativo alla curva ABC, si deforma fino al punto D (allungamento AD). Cessata l'applicazione della forza la fibra tende a recuperare la deformazione fino al punto E, evidenziando così una deformazione elastica pari al tratto ED ed una deformazione permanente (plastica) pari all'intervallo AE. Nella fattispecie siamo di fronte ad una fibra non elastica, in quanto si ha un recupero elastico molto piccolo.

L'area racchiusa tra la curva ABCD, rappresenta l'energia necessaria per provocare

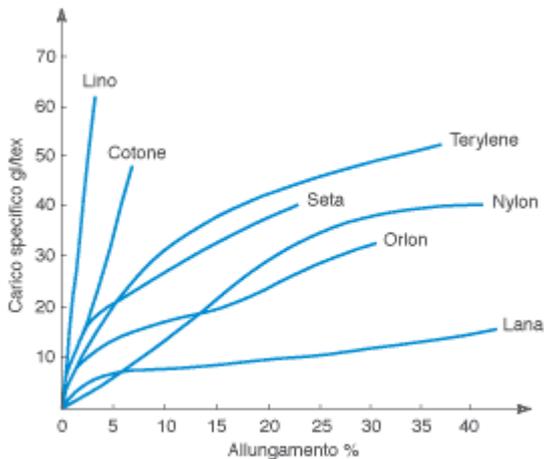
l'allungamento della fibra (**lavoro totale**). Si parla di **lavoro a rottura** se il punto C rappresenta il carico di rottura.

L'area sottesa dalla curva CDE costituisce il lavoro recuperato elasticamente, mentre quella racchiusa dalla curva ABCE costituisce il lavoro non recuperato elasticamente ed indica l'energia dissipata sotto forma di calore in un ciclo di deformazione di una fibra.

Grandezze fisiche e comportamento alla trazione

- Carico – tenacità: rappresenta la forza assoluta applicata al provino (carico) e si esprime in cN; se invece viene espressa in relazione alla sezione, o al titolo di una fibra si parla di tenacità (cN/dtex - gf/den). La tenacità di un materiale tessile è utile nella descrizione delle caratteristiche legate all'applicazione di forze statiche (es. tenacità di una corda).
- Allungamento: può essere espresso in termini assoluti (es. cm, mm, etc), o relativi come rapporto tra la lunghezza del provini deformato e quella iniziale. Può essere espresso come numero puro o in percentuale. La deformabilità viene impiegata nel descrivere, ad esempio, il comportamento di un filato in fase di tessitura e di roccatura, per verificare la deformabilità di un tessuto in fase di cucitura, etc. Molte volte la deformabilità viene confusa con l'elasticità, che come già descritto tiene conto non solo della facilità con cui si può allungare un manufatto, ma anche delle capacità di recupero di detta deformazione.
- Modulo elastico: rappresenta il rapporto tra la forza applicata e la deformazione indotta nella zona delle proporzionalità; viene espresso con le stesse grandezze del carico e della tenacità, visto che l'allungamento relativo è un numero puro.
- Lavoro: lavoro totale, a rottura, recuperato elasticamente, etc, si esprime generalmente in termini di N/tex. Il lavoro a rottura si utilizza per descrivere la capacità di una fibra o di un materiale tessile ad assorbire lavoro in conseguenza di trazioni improvvise (es. apertura di un paracadute). E' ovvio che tanto più grande è l'area racchiusa dalla curva carico allungamento di una fibra e tanto maggiore è il lavoro a rottura che un manufatto può sopportare. Non a caso, le fibre di nylon, pur presentando una tenacità (carico di rottura specifico) inferiore rispetto al poliestere, ma possedendo una maggiore deformabilità, presentano una maggiore area di lavoro a rottura, e per tale motivo vengono impiegate ad esempio nella costruzione di paracaduti.

Le diverse fibre tessili ed i relativi manufatti da esse ottenuti, presentano curve carico allungamento molto diversi, con conseguenti marcate differenze nelle loro caratteristiche meccaniche alla trazione.



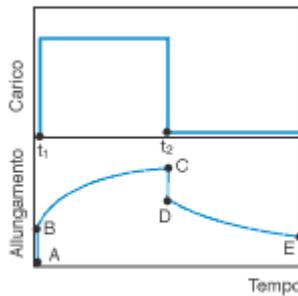
Curve carico-allungamento delle principali fibre tessili

Tre diversi gruppi di fibre possono essere individuati con comportamenti alla trazione omogenei:

1. fibre con curva carico/allungamento ad inclinazione praticamente costante dal punto iniziale fino alla rottura (es. lino e cotone). Il lino caratterizzato dalla maggiore inclinazione della curva nella zona delle proporzionalità è, ovviamente, anche più rigido del cotone.
2. Fibre con marcato punto di snervamento (C), che può manifestarsi anche a carichi relativamente bassi e raggiungibili durante l'uso e le lavorazioni (es. lana ed acrilico). L'acrilico è naturalmente più tenace della lana (maggior carico di rottura), mentre la lana compensa la sua scarsa tenacità con un'elevata deformabilità ed elasticità (grande recupero elastico ed accettabile valore di lavoro a rottura).
3. La poliammide presenta un diagramma carico/allungamento caratterizzato da un punto di snervamento ben definito, ma posizionato a carichi sicuramente superiori a quelli normalmente raggiunti durante l'uso e le lavorazioni. Nel nylon la prima parte della curva (zona delle proporzionalità), contrariamente alle altre fibre, presenta un modulo abbastanza basso (curva poco inclinata); questo accompagnato da un'elevata elasticità può portare ai difetti talvolta osservati nell'avvolgimento delle bave di nylon su supporti (rocche o subbi). In queste condizioni, infatti, si può osservare una facile deformazione delle bave per bassi valori di trazione ed un successivo recupero delle dimensioni iniziali al termine dell'applicazione della forza con la conseguente induzione della difettosità che si manifesta nella deformazione del supporto (es. tubetto della rocca) oppure nella formazione di tensioni nei tessuti (es. tensioni non omogenee in orditi di nylon a bava continua).

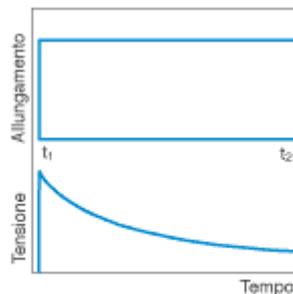
Comportamento visco-elastico delle fibre

Per valutare compiutamente il comportamento di una fibra ad una sollecitazione di trazione e di rilassamento, non dobbiamo limitarci a valutare esclusivamente le reazioni istantanee di allungamento e di recupero, ma dobbiamo anche tener conto che i suddetti fenomeni sono influenzati dalla variabile tempo.



Comportamento viscoelastico: allungamento differito

Allungamento differito: se mettiamo sotto carico una fibra al tempo t_1 avremo la deformazione istantanea AB, mantenendo il carico fino al tempo t_2 osserveremo un incremento dell'allungamento fino al punto C. La differenza tra il segmento CA e AB rappresenta l'allungamento differito (*creep*). Togliendo il carico al tempo t_2 si avrà un recupero immediato (CD - praticamente uguale alla deformazione istantanea), ed un successivo recupero chiamato primario (DE) che, al momento del suo arresto avrà generato una deformazione permanente chiamata allungamento differito secondario.



Comportamento viscoelastico: rilassamento della tensione

Rilassamento della tensione: se allunghiamo una fibra al tempo t_1 , manteniamo costante il suo allungamento fino al tempo t_2 , e contemporaneamente monitoriamo il variare della tensione in funzione del tempo, possiamo notare che la forza a cui viene sottoposto il provino al tempo t_1 tende a diminuire nel tempo. Questo fenomeno è chiamato rilassamento della tensione ed è legato agli scorrimenti molecolari che si manifestano nel tempo, conseguentemente allo stato di tensione indotto dall'allungamento, e che riducono nel tempo la forza necessaria per mantenere l'allungamento costante imposto al tempo t_1 .

Prove dinamometriche

Le prove di comportamento alla trazione molto utilizzate nel controllo qualità tessile, soprattutto per i filati e tessuti, vengono effettuate con attrezzature chiamate dinamometri. Le grandezze rilevate nelle suddette prove (carico di rottura - tenacità, allungamento, elasticità, etc) sono influenzate da due importanti fattori:

- condizioni ambientali: si rammenta l'influenza soprattutto su manufatti ottenuti da fibre igroscopiche, e la conseguente importanza del condizionamento dei materiali da sottoporre alle prove;
- comportamenti visco-elastici dei materiali: in questo caso, come già descritto, una rilevante importanza è legata al fattore tempo ed al conseguente principio operativo dello strumento di misura.

I **dinamometri** normalmente utilizzati possono essere suddivisi nelle seguenti classi:

- **CRE** (*constant rate elongation*): apparecchi a velocità di allungamento costante.

Rappresentano la classe di strumenti compresa nelle più importanti norme nazionali ed internazionali;

- **CRL** (*constant rate load*): apparecchi a velocità costante di incremento di carico, la cui utilizzazione non viene generalmente considerata nelle normative di controllo qualità.
- **Dinamometri a incremento di carico ed allungamento non costanti**: costituiti dai dinamometri a pendolo che, allo stato attuale, costituiscono una curiosità di tipo storico.

5. ALTRE PROPRIETÀ FISICHE DELLE FIBRE TESSILI

Proprietà dielettriche

Considerando le fibre tessili come il dielettrico compreso tra le due armature (area: A – distanza: d) di un condensatore, la capacità (C) del sistema può essere espressa come:

$$C = \varepsilon A / d$$

La costante dielettrica (ε_r) può essere definita come il rapporto tra ε (permittività), ed il suo valore nel vuoto (ε_0).

$$\varepsilon_r = \varepsilon / \varepsilon_0$$

I valori delle costanti dielettriche associati alle singole fibre sono soprattutto influenzati dal contenuto di umidità delle fibre stesse.

La costante dielettrica dell'acqua è circa 80 volte superiore alle costanti dielettriche delle diverse fibre. Per tale motivo la misura delle caratteristiche dielettriche delle fibre viene utilizzata a livello di controllo qualità industriale, esclusivamente per la misura del contenuto di umidità delle fibre tessili o dei filati mediante un cosiddetto "metodo indiretto". Considerato che la costante dielettrica dei materiali tessili è praticamente sovrastata dal valore di ε_r dell'acqua, si sfrutta la sua determinazione al fine di calcolare il tenore di umidità contenuto nella massa fibrosa compressa come dielettrico tra le armature del condensatore di misura.

Proprietà elettriche (misura della resistenza elettrica)

Per le fibre tessili si considera generalmente la misura della resistenza specifica R_s , considerata come la resistenza (Ohm) di un elemento di lunghezza di 1 m e di peso di 1 kg avente densità δ .

$$R_s = \sigma \cdot \delta \qquad \sigma = \text{resistività}$$

La resistenza specifica delle fibre tessili varia anch'essa in maniera vistosissima al variare del contenuto di umidità (passando dal 90% al 10% di umidità, la resistenza elettrica di una fibra diminuisce di ca un milione di volte).

Anche in questo caso la misura della resistenza specifica viene utilizzata per determinare il contenuto di umidità delle fibre, e nel caso di tessuti per abbigliamento da lavoro, o per usi tecnici, ed in alcuni pavimenti tessili (es. moquettes per centri elaborazione dati), la misura della resistenza specifica viene eseguita per verificare la capacità di dissipazione delle cariche elettrostatiche dei manufatti.

Proprietà elettrostatiche

La capacità delle fibre di sviluppare ed accumulare cariche elettrostatiche è legato alla

presenza di due corpi di diversa natura soggetti a sfregamento reciproco. L'incapacità dell'elemento caricato di elettricità statica, di condurre e conseguentemente di scaricare le cariche, genera il fenomeno del loro accumulo con le note conseguenze pratiche (es. tendenza delle fibre sciolte ad attaccarsi alle parti di macchinari non messi a terra; forte accumulo di particelle di sporco; formazioni di scintille per dissipazione delle cariche attraverso l'atmosfera).

Come per le caratteristiche elettriche precedentemente descritte, anche in questo caso una grande influenza nella capacità di dissipazione delle cariche elettrostatiche è legata alla capacità delle fibre ad assorbire umidità (aumento della conducibilità). Per tale motivo i problemi di accumulo dell'elettricità statica è maggiore nelle fibre sintetiche non igroscopiche che nelle fibre naturali.

La capacità di dissipazione delle cariche viene misurata nei manufatti tessili, sia mediante misure di tempi di scarica di un condensatore che utilizza il materiale tessile come dielettrico, che per mezzo della misura della resistenza elettrica del tessile.

Proprietà termiche delle fibre tessili

Il comportamento al calore delle fibre tessili e dei relativi manufatti, può interessare il controllo qualità tessile nei seguenti frangenti:

- determinazione dell'intervallo di fusione: la verifica del punto di fusione delle fibre tessili, o la loro degradazione termica senza fusione (es. acrilico, lana, cotone, etc) viene utilizzato ai fini analitici per determinare la natura di alcune fibre sintetiche. Ad esempio, la differenziazione del nylon 6 dal 6.6, difficilmente eseguibile con metodi chimici di dissoluzione, può avvenire mediante determinazione del punto di fusione (nylon 6 = 215°C – nylon 6.6 = 255°C).
- Resistenza, resistività e conduttività termica: sono grandezze talvolta misurate per definire le proprietà di confort termico dei manufatti tessili. In termini pratici le proprietà termiche specifiche delle fibre rappresentano un fattore nettamente secondario rispetto alle analoghe proprietà dell'aria inglobata nei manufatti. Per tale motivo grande importanza è legata alle capacità del substrato tessile e delle fibre che lo compongono ad "intrappolare" la maggiore quantità di aria possibile. E' anche utile ricordare il particolare comportamento delle fibre di lana che, grazie alla propria struttura molecolare, tendono a liberare una grande quantità di calore (calore di assorbimento) nel momento dell'assorbimento di umidità. Questo fenomeno, legato alla reazione chimica di idratazione, processo che genera calore (reazione esotermica), da spiegazione dell'utilizzazione e del grande confort dei manufatti in lana alle basse temperature ed alte umidità (l'assorbimento di umidità da parte di una fibra igroscopica aumenta al diminuire della temperatura ed all'aumentare dell'umidità relativa dell'ambiente).
- Comportamento al fuoco delle fibre tessili: un'indicazione del comportamento alla fiamma delle fibre tessili viene acquisita tramite la misura del **L.O.I. (Limit Oxygen Index)**. Il LOI viene definito come l'indice della percentuale minima di ossigeno necessaria per il mantenimento della combustione della fibra tessile. Poiché il contenuto di ossigeno nell'aria è di circa il 21% in volume, possiamo considerare le fibre facilmente combustibili in condizioni atmosferiche "normali". fibre che possiedono un indice LOI inferiore al 21%. Viceversa le fibre che possiedono indici LOI superiori si dimostrano sempre più difficilmente combustibili all'aumentare del LOI stesso (fibre

flame-retardant), fino ad arrivare a fibre praticamente incombustibili (fibre di carbonio), caratterizzate da valori di LOI superiori al 95%.

L.O.I. DI ALCUNI TIPI DI FIBRE	
ACETATO	18
POLIPROPILENE	18
ACRILICA	18
COTONE - LINO	19
RAION VISCOSA	19
POLIAMMIDICA 6/6.6	20
POLIVINILALCOLICA	20
POLIESTERE	22
LANA	25
FACILMENTE INFIAMMABILE	
ARAMIDICA	28
COTONE IGNIFUGATO	28
POLIESTERE FR.	29
VISCOSA FR.	29
MODACRILICA	30
LANA IGNIFUGATA - ZIRPRO	28
POLIAMMIDE-IMMIDE	32
CLOROVINILICA	42
ACRILICA PRE-OX	55
POLIVINILIDENCLORURO (PVDC)	60
POLITETRAFLUOROETILENE	95
PTFE (TEFLON)	
FIBRA DI VETRO	
FIBRA CERAMICA	
FIBRA DI CARBONIO	
FIBRA DI AMIANTO	
MEDIAMENTE INFIAMMABILE	
FLAME RETARDANT	
FLAME RESISTANT	

Si deve precisare che l'indice LOI fornisce esclusivamente una misura delle proprietà ignifughe intrinseche delle fibre tessili e non dei manufatti tessili da esse derivati. Infatti il comportamento al fuoco dei materiali tessili non è solo influenzato dalla tipologia di fibra utilizzato, ma è legato anche a numerosi fattori interni (es. tipo di tessuto, presenza di ausiliari) ed esterni (tipo di utilizzazione e relative modalità di innesco [es. tendaggi: possibilità di essere investiti dalle fiamme su due lati – moquettes: da una sola parte, ecc.]).

Per questo motivo la reazione al fuoco dei materiali tessili viene effettuata, non sulle fibre tessili, ma sul prodotto finito, che viene testato con prove che tendono a riprodurre le reali condizioni di utilizzazione.

6. ATTRITI E FIBRE TESSILI

La misura degli attriti nel controllo di qualità industriale si effettua quasi esclusivamente sui filati in movimento (attrito cinetico). Il fenomeno dell'attrito è influenzato da numerosi fattori; tra i principali si ricordano:

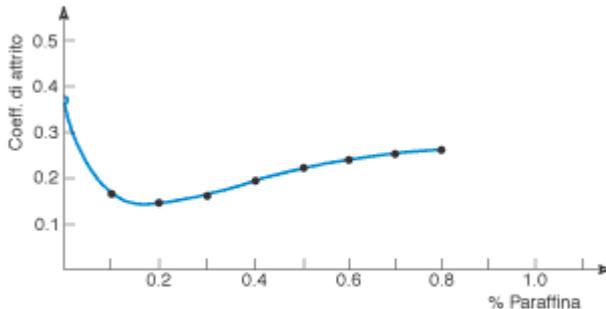
- l'influenza dell'assorbimento di umidità; nella lana il coefficiente di attrito aumenta del 50% passando dalla fibra allo stato secco a quello umido (25% umidità);
- influenza del tipo di materiale che costituisce la superficie di contatto dell'attrezzatura sulla quale striscia la fibra (ceramica, metallo, ecc.);
- importanza dei lubrificanti utilizzati per diminuire il coefficiente di attrito nelle lavorazioni (oleanti in filatura, cere in fase di orditura, paraffine nella tessitura con filati per maglieria).

L'aggiunta di lubrificanti nelle fibre tessili per diminuire gli attriti interfibrosi, non esplicano

l'abbattimento massivo del coefficiente di attrito, così come succede negli attriti tra metalli. Infatti raramente l'aggiunta del lubrificante riesce a formare un film continuo che separa le varie fibre, e ne permette lo scorrimento sullo strato monomolecolare del lubrificante; le asperità morfologiche delle fibre non sono mai completamente compensate dallo strato di lubrificante.

Aumentando il livello quantitativo del lubrificante, si cambiano le "condizioni" di attrito, passando da un attrito secco (proporzionale alla forza perpendicolare esercitata sugli elementi striscianti) ad un attrito fluidodinamico dove il fenomeno è regolato dalla viscosità del lubrificante.

La combinazione dei due fenomeni giustifica la diminuzione dell'efficacia lubrificante che si ha eccedendo nell'uso della paraffinatura nei filati per maglieria.



Prova di paraffina

La misura del coefficiente d'attrito si effettua generalmente sui filati per maglieria per verificare l'omogeneità dei trattamenti di paraffinatura, al fine di garantire una regolare alimentazione dei telai per tessuti a maglia.