

DYNEEMA

Fibra polietilenica HT

Il polietilene come polimero flessibile per produrre fibre ad alto modulo è stato oggetto di attenzione da parte di ricercatori inglesi dapprima, Andrews-Ward-Capaccio dell'Università di Leeds, che studiarono la filatura da fuso di PE a relativamente alto peso molecolare.

Per questa strada furono prodotte fibre con tenacità di 1,3 GPa, modulo elastico di 60 GPa ed un allungamento a rottura del 5%. Il processo fu licenziato alla Celanese (USA) inizialmente ed alla Snia Fibre (I) successivamente. La Snia costruì un impianto pilota su cui riuscì a produrre monofilamenti e multi filamenti continui. Alla fibra venne dato il nome di Tenfor ma praticamente non è stata mai commercializzata.

Ebbero successo gli studi di Smith e Lemstra alla DSM (NL) che con un processo di gel spinning seguito da stiri elevati, riuscirono ad impiegare PE con pesi molecolari maggiori di 1.000.000.

Il processo prevede la preparazione di una soluzione di PE al 5%; con questa diluizione le molecole di PE si srotolano e tendono ad occupare uno spazio maggiore ed al momento dell'estrusione dalla filiera le molecole vengono forzate ad assumere una forma allungata.

Dopo l'estrusione la soluzione viene raffreddata formando un gel ed il solvente viene rimosso per estrazione o per evaporazione.

Dopo questa fase la fibra consiste di micro cristalli, ortorombici, immersi in un materiale non cristallino.

Le proprietà finali della fibra si ottengono nella fase di ultra-stiro: le fasi precedenti del processo sono funzionali a questa fase; il massimo rapporto di stiro dipende dal peso molecolare e dalla concentrazione della soluzione. Anche la temperatura di stiro è importante ai fini della stirabilità della fibra: non deve essere né troppo bassa, per non limitare la mobilità dei segmenti molecolari, né troppo alta perché una eccessiva mobilità porta ad una caduta notevole della stirabilità. Con questo processo si ottengono fibre con modulo elastico di 100 GPa, una tenacità di 2,5 GPa.

La realizzazione della fibra polietilenica HT è merito dell'olandese DSM che, in collaborazione con la giapponese Toyobo, ha anche sviluppato uno specifico sistema di filatura in gel che ha contribuito al raggiungimento delle eccezionali caratteristiche di resistenza.

Nel campo delle fibre ad alte prestazioni per elevatissime caratteristiche meccaniche, la polietilenica HT (PE HT) occupa un posto di tutto rilievo, se non di preminenza, almeno a livello dei prodotti esistenti sul mercato in quantità industriali. Infatti, un recente tipo di DYNEEMA, (la polietilenica HT di DSM), presenta una tenacità di ben 4 N/tex (equivalenti, nelle vecchie e forse più abituali unità di misura, all'eccezionale livello di circa 45 g/den) che la rende impiegabile nelle situazioni in cui si richiedono ai manufatti prestazioni molto elevate in termini di resistenza meccanica.

Produttori

Oggi, nel mondo, i principali produttori di fibra PE HT sono :

- DSM (Olanda), marchio DYNEEMA;
- DSM-Toyobo in Giappone;
- Mitsui (Giappone) marchio TEKMILOK;
- Allied (USA) marchio SPECTRA (licenza DSM).

Caratteristiche della fibra DYNEEMA

Ponendo a confronto alcune delle caratteristiche fisico-meccaniche più salienti delle fibre PE HT e delle principali altre classi utilizzate per le loro prestazioni di resistenza meccanica, si notano i valori scarsissimi della fibra di carbonio, per la quale del resto, come avviene per la fibra di vetro, nodi ed asole debbono essere assolutamente evitati nelle applicazioni. Di contro, il fatto che la DYNEEMA abbia i livelli più alti rispetto a tutte le altre classi di fibre è una delle ragioni che giustificano la validità dell'impiego di questo materiale nella produzione di cordami ad alte prestazioni.

Si evidenzia anche che la densità della fibre PE HT è inferiore ad 1 kg/dm³, cioè al valore dell'acqua: e proprio questa caratteristica, unita alle resistenze elevatissime, porta ad una tenacità che supera di quasi 15 volte quelle dell'acciaio.

Questo comportamento si traduce, sempre per quello che riguarda le applicazioni, in grandi possibilità di utilizzo della fibra in quei compositi che richiedano, allo stesso tempo resistenza e leggerezza.

Malgrado il modestissimo valore dell'allungamento a rottura, proprio, del resto, di tutte le fibre la cui alta tenacità sia ottenuta mediante lo stiro che allinea e parallelizza le molecole, il valore dell'energia necessaria per portare a rottura la fibra è elevatissimo, in funzione dell'altro parametro che compare nel calcolo di detto lavoro e cioè proprio la tenacità.

Ma lavoro di rottura elevato e allungamento contenuto significano, in pratica, alta capacità di assorbire energia con deformazioni modeste; è per questo che si può impiegare questa fibra per gli indumenti di protezione balistica o dagli urti in genere (ad esempio parastinchi per sport a grave rischio di colpi, tipo hockey, pattinaggio, ecc.).

Inoltre la fibra PE HT ha un coefficiente d'attrito molto basso, come del resto avviene anche per le plastiche di questa famiglia, e ne costituisce un grosso punto di forza e conseguentemente la loro resistenza all'abrasione è notevolmente superiore a quella delle principali fibre ad alte prestazioni e si avvicina molto a quelle del nylon e del poliestere .

Anche per quanto riguarda la sensibilità ai raggi UV la fibra DYNEEMA si trova in posizione di vantaggio e infatti la sua perdita percentuale di tenacità per esposizione alla luce è inferiore a quella delle aramidiche. Infine, dal punto di vista della resistenza ai prodotti chimici, la struttura particolarmente semplice del polietilene (che ha solo legami C-C e C-H) rende questa fibra praticamente inattaccabile agli acidi e alle basi, anche concentrati. Ciò si traduce nel fatto che il pH dell'ambiente di esercizio, in tutto il campo da 0 a 14, non influenza la resistenza del materiale, che tale caratteristica abilita perciò alla produzione sia di cordami marini che di tele per filtraggio di prodotti chimici.

Un punto di debolezza della fibra è invece costituito dalla sua temperatura di fusione che è di soli 150°C; in pratica ciò significa che la temperatura operativa massima mantenibile per lunghi periodi in operazioni industriali dove si usino manufatti in PE HT deve essere tenuta prudenzialmente a non più di 130°C circa.

Contrariamente all'aramidica, la PE HT presenta una retrazione di qualche per cento quando venga sottoposta all'azione del calore. Inoltre, come sempre avviene per le fibre la cui tenacità è realizzata mediante stiri in fase di filatura, questa retrazione cresce al crescere della temperatura.

Applicazioni

Cavi e cordami, in particolare per l'industria navale, dove fanno premio le qualità della fibra tipo leggerezza, isolamento elettrico e resistenza all'abrasione che accompagnano la sua eccezionale tenacità.

Un indice delle prestazioni di questi articoli è fornito, anzitutto, dalla cosiddetta lunghezza libera di rottura intesa come la lunghezza in chilometri di filo appeso, che arriva a rottura per effetto del peso proprio; questa vale per le più recenti versioni di DYNEEMA ben 400

chilometri.

Quando poi si tenga conto che in acqua, per il fatto che la densità della PE HT è $< 1 \text{ g/cm}^3$, il cavo realizzato con questa fibra galleggia il valore della lunghezza libera di rottura diventa infinito e costituisce un altro punto di forza per il materiale nell'impiego specifico.

Giubbotti antiproiettile ed altri articoli per protezione dagli urti dove, oltre all'elevatissima capacità di assorbire i colpi, risultano d'interesse anche la leggerezza, il modesto assorbimento di umidità e la resistenza ai raggi UV.

Indumenti protettivi resistenti al taglio o alla rottura, tipo guanti e divise per la scherma.

Articoli sportivi, dalla struttura delle racchette da tennis ai bastoni da hockey, agli sci, alle canoe, alle vele, ecc.

Tele per filtrazioni in ambienti corrosivi.

Compositi nei quali la presenza della fibra PE HT apporta riduzione di peso, miglioramento della resistenza agli urti, buone proprietà di smorzamento delle vibrazioni, isolamento elettrico e trasparenza ai raggi X.

Tabella 1
Caratteristiche di confronto del Dyneema con alcune fibre HP

	Dyneema	Aramide	Carbonio	PET HT
Densità (g/cm^3)	0,97	1,44	1,8	1,38
Tenacità(g/den)	max 45	20-28	17-22	8-9
Modulo (g/den)	< 1 200	500	> 1 000	50-100
Allungamento(%)	2,5	3-4	1,3	15
Comportamento al calore ($^{\circ}\text{C}$)	fonde	degrada	resiste	fonde

Tabella 2
Caratteristiche di confronto del Dyneema con alcune fibre HP

	Resistenza all'asola		Resistenza al nodo	
	N/tex	%	N/tex	%
Dyneema	1,3-2	40-65	1,1-1,7	35-55
Aramidiche	0,9-1,5	40-75	0,6-0,8	30-40
Carbonio	0,01	1	0	0
PET	0,6-0,7	70-75	0,4-0,5	50-60
PA6	0,6-0,7	70-75	0,5-0,6	60-65

Tabella 3
Tenacità di vari tipi di Dyneema

Tipo	Tenacità N/tex	Modulo N/tex	Allungamento %
SK60	2.8	91	3.5
SK65	3.1	97	3.6
SK66	3.3	101	3.7
SK75	3.5	120	3.7

Mag@zines On-Line

Questo articolo è pubblicato sulla rivista **NF Nuove Fibre**, consulta il [sommario](#).