

*Nuovi orientamenti  
nel campo  
delle fibre sintetiche*

*Prof. Giulio Natta, Premio Nobel 1963 per la chimica*

**S**ebbene le fibre sintetiche siano relativamente giovani (circa venticinque anni) rispetto all'impiego delle fibre naturali già usate da molte decine di secoli, cionondimeno esse si sono già affermate in molti campi; ciò è dovuto ad alcune pregevoli proprietà che le differenziano dalle più note fibre naturali.

Si deve solo al breve tempo intercorso dalla scoperta delle prime di esse se la produzione attuale rappresenta soltanto il 3% circa rispetto alle fibre totali, mentre le corrispondenti percentuali di fibre naturali risultano del 6% per la lana, del 70% per il cotone e del 15% per le fibre cellulosiche man-made.

Si tende ora ad usare anche in Italia la parola man-made, già largamente usata nella letteratura inglese che serve a definire le fibre prodotte dall'uomo diverse da quelle naturali; si vuole evitare in questo modo il nome di sete artificiali che è molto improprio in quanto tali fibre come costituzione chimica differiscono dalla seta e sono costituite da un prodotto naturale: cellulosa di diversa origine. L'opera dell'uomo consiste nell'impiego di processi chimici che trasformano tale cellulosa in fibre tessili speciali. Anche queste ultime fibre presentano caratteristiche particolari, alcune pregevoli, e perciò la parola fibre artificiali non è adatta a caratterizzarle in quanto tale parola potrebbe essere interpretata in antitesi di naturale o come loro surrogato.

E' da tener presente pure che le attuali fibre sintetiche non corrispondono ad una produzione sintetica dei composti contenuti nelle fibre naturali ma sono costituite in genere da prodotti completamente nuovi non esistenti in natura.

Ciò che le fibre sintetiche ed in generale tutte le fibre man-made hanno in comune con le fibre naturali è il fatto che sono costituite chimicamente da macromolecole lineari, parallelamente associate lungo l'asse della fibra. La più o meno marcata cristallinità di tali associazioni rappresenta uno dei fattori più importanti da cui dipendono le proprietà meccaniche e termiche delle fibre stesse. Tra le fibre naturali, alcune cellulosiche (ramie) e lo stesso cotone, presentano una cristallinità assai elevata e la minor cristallinità di alcuni raion ottenuti da cellulosa è la causa delle loro inferiori proprietà meccaniche.

La lana e la seta che hanno una costituzione chimica piuttosto complessa, presentano una bassa cristallinità da cui dipendono le inferiori proprietà meccaniche di queste fibre proteiche.

Tra le fibre sintetiche, di costituzione chimica completamente diversa da quella delle fibre naturali, si osserva una stretta relazione tra proprietà meccaniche (in particolare resistenza alla trazione e cristallinità. Infatti il nylon, il perlon, il terilene, che presentano una notevole cristallinità, presentano pure elevate caratteristiche meccaniche, qualora le macromolecole che le costituiscono vengono orientate.

Alle loro alte caratteristiche meccaniche contribuisce il fatto che le associazioni intermolecolari dovute a gruppi polari ed in particolare a ponti di idrogeno (dovuto alla presenza di gruppi ossidrilici od amminici) favoriscono l'associazione delle macromolecole parallelizzate e ne contrastano gli scorrimenti viscosi che causerebbero deformazioni permanenti con l'uso.

Anche le macromolecole delle fibre naturali presentano tale tipo di associazione chimica.

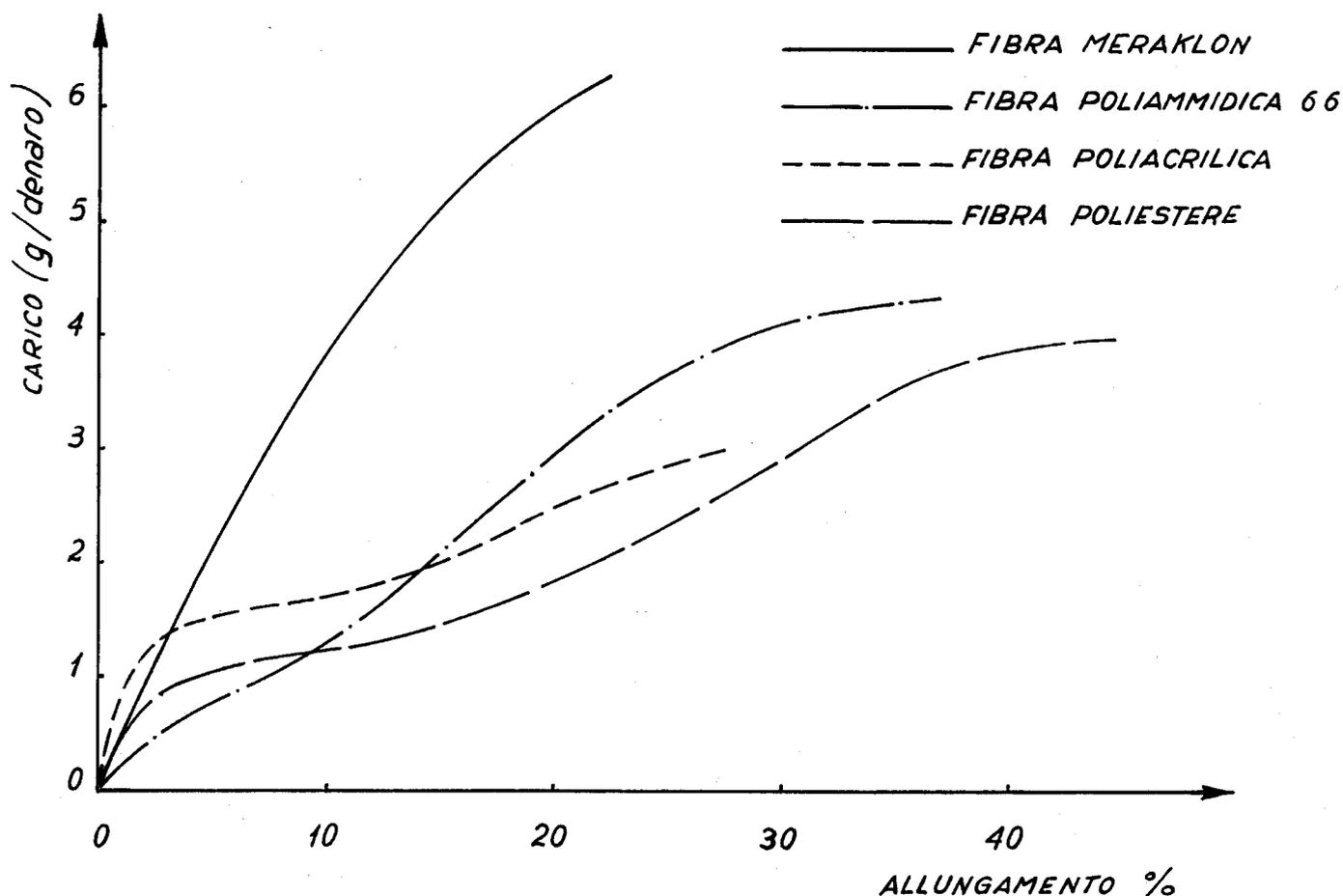
Tra le macromolecole sintetiche, quelle acriliche e cloroviniliche devono le loro possibilità di impiego

come fibre, a tali associazioni tra le macromolecole, orientate nelle operazioni di filatura e di stiro. Esse presentano però proprietà meccaniche non molto elevate a causa della loro bassa cristallinità dovuta alla mancanza di regolarità di natura sterica che, oltre alla regolarità chimica è un fattore necessario per ottenere una ripetizione di elementi costitutivi geometricamente e stericamente equivalenti, condizione questa necessaria per l'ottenimento di prodotti macromolecolari cristallini.

L'elevata regolarità chimica accompagnata dall'assenza di strutture che possano determinare fenomeni di isomeria sterica, è la causa principale dell'alta cristallinità e quindi delle ottime proprietà meccaniche del nylon, del perlon, e del terilene ecc. Tali proprietà meccaniche venivano però attribuite alla presenza di gruppi polari che, come si è accennato sopra, si oppongono agli scorrimenti viscosi. Era infatti ritenuto che tali associazioni fossero condizioni indispensabili per la produzione di fibre pregiate di ottima qualità.

Solo recentemente, dopo l'ottenimento di polimeri idrocarburi aventi struttura chimicamente e stericamente regolare, che non contengono quindi gruppi polari, si è vista la possibilità di ottenere fibre

Fig. 1 - Curva carico-allungamento.



sintetiche di ottime caratteristiche meccaniche; la elevata regolarità delle macromolecole ed il loro elevato peso molecolare sono la causa di un'alta cristallinità del prodotto orientato. La cristallinità elevata e l'alto peso molecolare sono sufficienti ad assicurare un impedimento agli scorrimenti viscosi e a determinare quindi elevate proprietà meccaniche.

La scoperta recente dei processi di polimerizzazione stereospecifica ha consentito di ottenere, partendo da materie prime di bassissimo costo (quali le alfaolefine, prodotte per piroschissione di frazioni del petrolio) macromolecole di altissimo peso molecolare aventi una elevata regolarità di struttura chimica e sterica e relativamente alta temperatura di fusione.

Il polimero può essere filato molto economicamente con processi di filatura analoghi a quelli usati per il nylon, per le fibre poliestere, mediante estrusione del polimero fuso e per stiro appropriato dei filamenti così ottenuti. Tale operazione di stiro provoca una parallelizzazione delle macromolecole e la successiva ricristallizzazione per ricottura determina la formazione di cristalli con l'asse delle macromolecole parallelo all'asse della fibra.

delle fibre cloroviniliche e polietileniche possono sopportare temperature alquanto superiori ai 100° C senza deformarsi in modo irreversibile. Nelle Tabelle I e II vengono riportate le principali caratteristiche fisiche delle fibre polipropileniche. Nella fig. 1 sono riportate le curve sforzo-deformazione delle fibre di polipropilene in confronto a quelle di altre fibre sintetiche.

Il grande interesse di tali fibre è dovuto al basso costo delle materie prime (50-60 L./Kg.), alla semplicità dei processi di polimerizzazione e di filatura ed alla grande leggerezza di tali fibre.

Esse risultano le più leggere sinora conosciute. Nella tabella III sono confrontati i pesi specifici delle più comuni fibre naturali e sintetiche. La bassa densità rappresenta un vantaggio per l'utilizzazione di tali fibre che vengono pagate a peso mentre i tessuti da esse ottenuti vengono venduti a misura. Con un chilo di fibra di polipropilene si ottiene, a parità di dimensioni il 65% in più di tessuto rispetto al cotone ed il 25% in più rispetto al nylon. La leggerezza della fibra di polipropilene unita alle sue elevate caratteristiche meccaniche la rendono particolarmente interessante per molte applicazioni (Fig. 2). Anche le proprietà di coibenza termica, di resi-

**Tabella I**

Proprietà della fibra polipropilenica (fiocco)

Proprietà	Unità di misura	Valore
Densità	g/cm <sup>3</sup>	0,91
Tenacità	g/den	5-6,5
Allungamento alla rottura	%	18-25
Tenacità ad umido	g/den	5-6,5
Modulo elastico iniziale	g/den	50-65
Resistenza al nodo	%	
	della tenacità	85
Assorbimento di umidità	%	0,05
Stabilità termica (ritiro a 130° x 30')	%	2,5
Resistenza ai solventi	—	inattaccabile dai comuni solventi

**Tabella II**

Proprietà della fibra polipropilenica (filamento continuo)

Proprietà	Unità di misura	Valore
Densità	g/cm <sup>3</sup>	0,91
Tenacità	g/den	6-8
Allungamento alla rottura	%	15-20
Tenacità ad umido	g/den	6-8
Modulo elastico iniziale	g/den	55-65
Resistenza al nodo	%	
	della tenacità	85
Assorbimento di umidità	%	0,05
Stabilità termica (ritiro a 130° x 30')	%	2,5

Il polipropilene isotattico pur essendo un idrocarburo e pur non contenendo gruppi polari presenta, a causa della sua alta cristallinità e dell'orientamento delle macromolecole e dei cristalli, elevate caratteristiche meccaniche dello stesso valore di quelle del nylon. Le fibre così ottenute sono messe in commercio con il nome di Meraklon e sono costituite da polipropilene isotattico. La loro temperatura di fusione è di circa 170-180° C per cui a differenza

stenza all'abrasione, allo sgualcimento risultano più soddisfacenti. L'unico inconveniente iniziale presentato dal Meraklon era dovuto alla sua scarsa reattività (caratteristica favorevole per certe altre proprietà) che ne rendeva difficile la tintura con i processi normali usati per le fibre naturali.

Tale difficoltà può essere superata per diverse vie, alcune molto semplici quali la tintura in pasta. Più interessanti sono i processi di modifica della fibra

Tabella III

Fibra	Densità
Cotone	1,72
Saran (polivinilidencloruro)	1,50-1,55
Canapa, juta, lino	1,48-1,50
Seta greggia	1,33-1,34
Lana	1,30-1,32
Terilene, terital, dacron	1,38-1,39
Movil (cloruro di polivinile)	1,35-1,38
Nailon	1,14
Polipropilene	0,90-0,92

che ne consentono la miscela con le fibre naturali, sebbene richiedano una modificazione chimica nella composizione delle fibre stesse.

Numerosi metodi sono stati proposti in Italia ed all'estero, per rendere tingibili le fibre polipropilene ma è prematuro dare dei giudizi comparativi sui diversi procedimenti e stabilire quale sia preferibile. Probabilmente la scelta sarà determinata da un compromesso tra il costo e le proprietà raggiunte. Altre fibre possono essere ottenute da monomeri idrocarburici diversi: il polietilene ottenuto con i processi a bassa e media pressione (processo Ziegler e processo Phillips) presenta una più elevata cristallinità rispetto al polietilene convenzionale ottenuto ad altissime pressioni (processo I.C.I.) e fornisce fibre conseguentemente di caratteristiche meccaniche migliori.

A causa però della bassa temperatura di fusione non sopporta senza deformarsi la temperatura di 100° C. Rispetto al polipropilene presenta un peso specifico leggermente più alto e minori caratteristiche meccaniche, in particolare a temperatura superiore a quella ambiente.

Alcuni polimeri isotattici ottenuti da monomeri vinilici idrocarburici presentano temperatura di fusione più alta del polipropilene, ma in genere presentano pure una più elevata temperatura di transizione vetrosa che ne rende difficile lo stiro rendendo le fibre piuttosto fragili, cosicché esse non hanno avuto lo sviluppo che qualcuno inizialmente prevedeva.

Tutte le fibre poliidrocarburiche non presentano liofilità per l'acqua, a differenza delle fibre naturali e di quelle cellulosiche man-made.

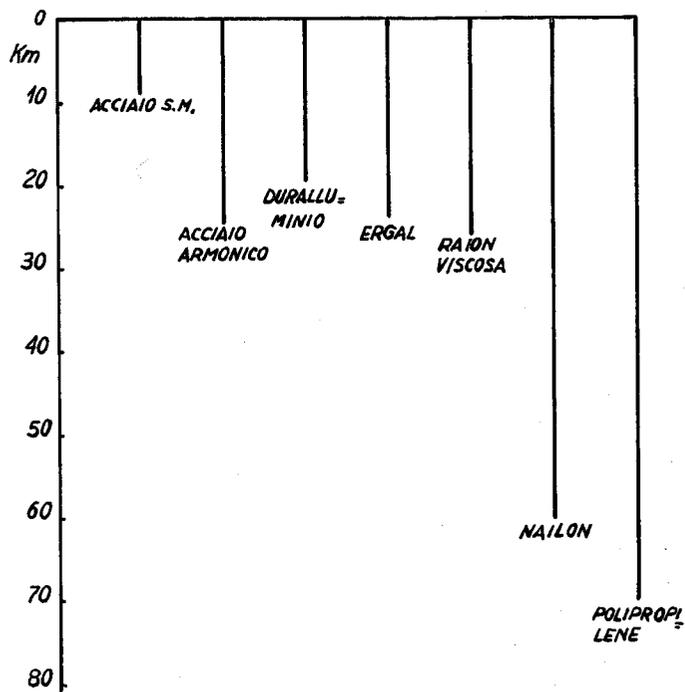


Fig. 2 - Confronto tra le lunghezze massime capaci di sostenere il peso proprio di fili di materiali diversi.

Trattamenti superficiali consentono di aumentare tale bassa liofilità qualora essa venga desiderata per impieghi speciali. L'unica fibra sintetica, ottenuta a partire da intermedi derivati dal petrolio, che presenta una liofilità per l'acqua paragonabile a quella delle fibre naturali è il polivinilalcol, la cui produzione industriale è stata sviluppata in Giappone. Il suo alto costo e la difficoltà di ottenerlo con una struttura sterica regolare che consenta una alta cristallinità e quindi elevate proprietà meccaniche, sono un notevole handicap per uno sviluppo importante di queste fibre.

Sebbene sia difficile fare delle previsioni nel futuro, cionondimeno sono convinto che la scoperta e la produzione di fibre tessili sintetiche di ottime caratteristiche e di basso costo porteranno ad un notevole aumento nel consumo di prodotti sintetici che modificheranno interamente i rapporti quantitativi tra l'impiego di fibre sintetiche e quello delle fibre naturali e delle altre fibre man-made.

Ciò potrà contribuire a risolvere dei problemi preoccupanti in relazione all'aumento di popolazione nel mondo. Poiché si prevede che la popolazione supererà alla fine del secolo i 7 miliardi, e poiché già sin d'ora vi sono estese plaghe nel mondo nelle quali la popolazione è sotto nutrita e non dispone del minimo indispensabile di abiti per una vita civile, la possibilità di produrre a basso costo e in quantitativi si può dire illimitati, tessili sintetici e dei prodotti macromolecolari (gomma sintetica), consentirà di destinare alla produzione di alimenti vaste aree attualmente occupate per la produzione di fibre tessili e di gomma naturale.

Giulio Natta

**Natta Prof. Giulio** nato il 26 febbraio 1903. Laureato in ingegneria industriale chimica presso il Politecnico di Milano nel 1924. Dal 1924 assistente presso l'Istituto di Chimica Generale del Politecnico di Milano, e dal 1925 professore incaricato.

**1933** - nominato professore di ruolo di chimica generale, Università di Pavia.

Chiamato nel 1935 all'Università di Roma, come professore di ruolo di chimica fisica.

**1937-38** - professore di chimica industriale al Politecnico di Torino.

**1938** - professore di chimica industriale del Politecnico di Milano e direttore di tale Istituto.

### Ricerche scientifiche

Iniziate già da studente nel 1923 nel campo della struttura reticolare dei cristalli determinata con i raggi X su sostanze inorganiche e organiche, e loro impiego per la risoluzione di problemi chimici.

**1928** - studio sulla catalisi, in particolare sulla sintesi del metanolo da  $\text{CO} + \text{H}_2$  che portò a diverse realizzazioni industriali in Italia e all'estero.

**1931** - studio sulla struttura degli alti polimeri mediante l'impiego di raggi X e raggi elettroni.

**1938** - ricerche nel campo della gomma sintetica, in particolare su processi originali di separazione difficile di idrocarburi per assorbimento frazionato, che portarono a una realizzazione pratica dell'impianto di Ferrara di gomma sintetica.

Studio sulle sintesi organiche di importanza industriale, a partire da olefine di origine petrolchimica: ossosintesi e carbonilazione con produzioni di aldeidi, esteri e di acidi.

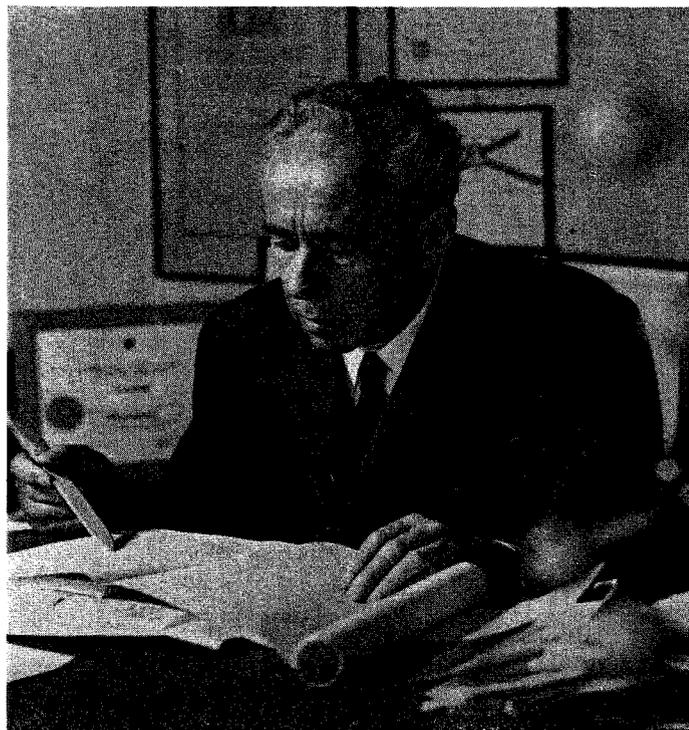
**1954** - polimerizzazione delle alfa olefine e sintesi di polimeri stereoregolari.

Scoperta dei polimeri stereoregolari isotattici, sindiotattici e politattici.

Scoperta di nuove classi di alti polimeri sintetici, interessanti il campo delle materie plastiche, delle fibre sintetiche e delle gomme sintetiche, applicati in Italia nell'impianto di Ferrara e Brindisi della Soc. Montecatini, ed in impianti in diversi paesi esteri (Europa, America ed Asia).

Un'estensione delle polimerizzazioni stereospecifiche di notevole interesse scientifico, è stata la scoperta di processi di sintesi asimmetrica con formazione di macromolecole otticamente attive partendo da monomeri che non lo sono.

Tali ricerche possono presentare interesse anche biologico sull'origine della vita, in quanto la massima parte delle sostanze macromolecolari naturali (proteine, zuccheri, ecc.) sono prodotti dalla natura per sintesi asimmetrica.



### Bibliografia

- 1) **G. Natta** - *Experientia Suppl.* VII, 21 (1957)  
*Materie Plastiche* 24, 3 (1958)
- 2) **G. Natta** - *Chimica e Industria* 41, 647 (1958)
- 3) **G. Natta** - *Österreich Chem. Zeit.* 62, 205 (1961)
- 4) **G. Natta** - *SPE Transaction*, April 1963, p. 59
- 5) **V. Cappuccio, A. Coen, F. Bertinotti, W. Conti**, *Chimica e Industria* 44, 463 (1962)
- 6) **M. Compostella, A. Coen, F. Bertinotti**, *Angew., Chemie* 74, 618 (1962)