



DALLA CELLULOIDE AL CYBORG

di Luisa Bonolis

È nelle nostre case. È il materiale più comune negli ambienti di lavoro. A volte lo troviamo perfino nel nostro corpo. Navighiamo ormai a vele spiegate nell'epoca dell'informazione, ma è difficile dire che non viviamo in tutto e per tutto nell'era della plastica. Il nome stesso - plastica, dalla parola greca "malleabile" - implica il

concetto di versatilità. Una volta riscaldata la si può piegare, plasmare, modellare, torcere e lavorare in tutti i modi possibili. Il prodotto finito può essere una schiuma morbida e spugnosa oppure un composto duro e resistente, che può competere con le più robuste leghe metalliche. La plastica può sostituire il vetro, la porcellana, il legno, i metalli, le ossa e il corno ed essere spesso più leggera, meno fragile e più facile da lavorare. È composta di molecole giganti, o macromolecole, chiamate polimeri, che spesso formano lunghe catene di migliaia di atomi. Sotto forma di plastica i polimeri ci sono ormai molto familiari, ma essi si trovano dappertutto anche in natura. Il legno, le fibre vegetali e animali, le ossa e il corno sono polimeri, come la membrana che separa una cellula dall'altra.



Hermann Staudinger dimostrò nel 1927 l'esistenza delle macromolecole

È un polimero anche il DNA, l'acido desossiribonucleico che si trova nel nucleo delle cellule e che è formato da due catene collegate l'una all'altra e avvolte ad elica, composte da sottounità chiamate nucleotidi nelle quali è codificato il nostro codice genetico. E in effetti, quando l'industria dei polimeri ha cominciato a svilupparsi nel XIX secolo ha fabbricato materiali che derivavano dai polimeri naturali, come la cellulose artificiale che deriva dalla cellulosa delle piante. L'industria ha cominciato poi a sintetizzare nuovi materiali, come il nylon, che hanno sostituito i materiali naturali e non avevano un precursore naturale. Oggi prodotti che stanno a cavallo tra il vivente e il non vivente, come la pelle artificiale, cominciano a farci intravedere l'eccitante possibilità di



Struttura a doppia elica del DNA



Struttura del polimero della cellulosa

migliorare in modo significativo la nostra salute. Tutte le plastiche vengono fabbricate per mezzo di uno specifico metodo di polimerizzazione, il processo attraverso il quale vengono appunto costruite lunghe catene e reti di molecole. Il materiale grezzo di partenza è in genere il petrolio, ma si possono utilizzare anche il carbone e la cellulosa.

Nel 1870 l'inventore americano John Wesley Hyatt trovò un materiale in grado di sostituire l'avorio per la produzione di palle da biliardo. La celluloida, per esempio, era derivata dalla cellulosa, un polimero che forma le pareti delle cellule delle piante. La celluloida sostituì l'avorio nei pettini e trovò anche largo uso in oggetti per la casa, oltre che servire per realizzare la prima pellicola fotografica flessibile. Era l'inizio dell'industria dei polimeri, seppure derivati da macromolecole naturali. Ma la vera epopea della plastica comincia nei primi anni del secolo XX quando un chimico e industriale americano di origine belga, Leo Baekeland, inventò la bachelite, il primo polimero sintetico. Era una vera e propria rivoluzione: la bachelite, una plastica completamente sintetica, incredibilmente resistente ai prodotti chimici e al calore, materiale perfetto per strumenti di qualsiasi tipo, macchine e oggetti per la casa di ogni genere, era destinata ad invadere il mondo. Il nuovo secolo porterà una vera e propria cascata di conoscenze nel campo della sintesi di nuovi polimeri.



Una grossa spinta propulsiva verrà dai tentativi di produrre il caucciù sintetico. Il caucciù inizialmente proveniva dalla secrezione naturale dell'albero della gomma; negli anni '30 dell'Ottocento Charles Goodyear trovò che la gomma mischiata con lo zolfo e riscaldata (da cui termine "vulcanizzazione") conservava la naturale elasticità della gomma sia alle alte che alle basse temperature. Nel tentativo di sintetizzare la gomma sintetica i chimici impararono molto sui prodotti naturali, sui polimeri e anche sulla struttura delle macromolecole biologiche, come le proteine. Le scoperte casuali non sono un episodio isolato nel campo della chimica. Il materiale che ora chiamiamo PVC (cloruro di

polivinile) era noto come un solido friabile fin dalla metà dell'Ottocento, ma nel fare ricerche per trovare nuovi collanti si scoprì per caso che aggiungendo dei solventi il polimero diventava flessibile.

Fino alla fabbricazione del nylon negli anni '30 la produzione dei polimeri rimarrà tuttavia molto empirica, essenzialmente fondata su delle "ricette" che i chimici utilizzavano senza avere delle conoscenze scientifiche approfondite. Il rapido successo della bachelite aveva tuttavia messo in moto una serie di ricerche sia negli Stati Uniti, sia in Europa. La figura dell'inventore che aveva dominato l'industria fino ad allora fu sostituita da sforzi più sistematici e soprattutto gli scienziati iniziarono una ricerca di base con lo scopo di capire la struttura molecolare dei polimeri. Verso la fine degli anni '20 il colosso americano Du Pont entrò trionfalmente nel settore con le ricerche fondamentali portate avanti da Wallace Hume Carother. Nella primavera del 1930, Carothers e i suoi collaboratori inventarono due polimeri molto promettenti. Si trattava del neoprene, o caucciù sintetico, e del nylon. Frutto di una ricerca di punta condotta da uno dei più brillanti



Wallace Hume Carothers scoprì nel 1935 la poliammide 6.6, nota come nylon



chimici del secolo, assistito da eccellenti collaboratori, l'invenzione del nylon e del neoprene costituirono una vera e propria rivoluzione nella storia della chimica americana. Il caucciù sintetico permise la fabbricazione di pneumatici per le jeep e per i

bombardieri, per le suole degli scarponi dei soldati e per una quantità di altri prodotti essenziali agli sforzi della guerra.

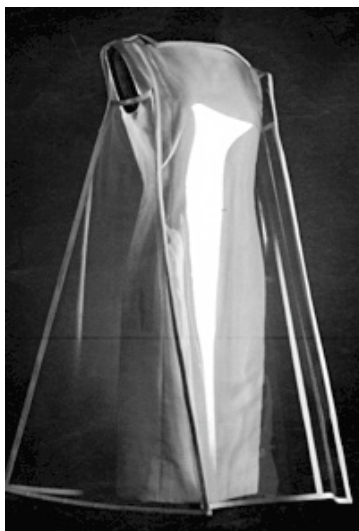
Nel 1939 il nylon fa sensazione all'esposizione universale di New York. La prima vendita a livello nazionale ha luogo il 15 maggio 1940, giorno memorabile che sarà

soprannominato "N-Day": 4 milioni di paia di calze di nylon vengono vendute in

poche ore a New York, ma quasi subito il materiale fu requisito per la fabbricazione di paracadute. Dopo la guerra il consumo di nylon salirà alle stelle. Il clamoroso successo di una fibra utile sintetizzata chimicamente attraverso composti facilmente disponibili a partire da aria, acqua e carbone o petrolio, stimolò l'espansione della ricerca sui polimeri, portando con sé una rapida proliferazione della famiglia delle fibre sintetiche. Gli anni '30 furono anni gloriosi per lo sviluppo di una vera e propria cornucopia di polimeri sintetici, come il Dacron, il PVC (Cloruro di polivinile), il poliuretano, il Teflon (Politetrafluoroetilene) e il polistirene. Anche il plexiglass risale agli anni '30 del Novecento; grazie alle sue eccellenti proprietà ottiche fu impiegato come materiale leggero per i finestrini degli aerei da guerra. Nell'immediato dopoguerra l'uso più



La corsa per l'acquisto delle calze di nylon



Abito di nylon

diffuso venne fatto nei juke-boxes. Senza alcuna somiglianza con i materiali da cui provenivano (in genere petrolio o gas naturale) tutti questi polimeri vennero apprezzati proprio per la loro "artificialità". Sebbene scienza e tecnologia dei polimeri fossero divenute enormemente avanzate nel successivo decennio, nei primi anni '50 restavano ancora formidabili sfide da superare. I polimeri a base di idrocarburi, monomeri contenenti soltanto Carbonio e Idrogeno, derivati del petrolio, e quindi abbondanti e a basso costo, avrebbero ovviamente rappresentato una classe di sostanze di grandi potenzialità. Obiettivi particolarmente attraenti sarebbero stati i polimeri formati dai più piccoli e più abbondanti di questi monomeri, l'etilene e il propilene (contenenti rispettivamente due e tre atomi di carbonio).

La capacità di tali molecole contenenti coppie di atomi di carbonio collegati fra loro da legami doppi fino a formare lunghe catene era già stata da tempo riconosciuta (un esempio familiare è rappresentato dal polistirene). Tuttavia, nel caso dell'etilene e del propilene tutto ciò non era banale. La polimerizzazione del propilene era ancora tutta da scoprire, mentre un certo tipo di polietilene era stato ottenuto da un chimico inglese poco prima della II guerra mondiale, ma soltanto a prezzo di temperature e pressioni troppo alte. Le proprietà del "polietilene ad alta pressione" lasciavano molto a desiderare, in particolare presentava l'inconveniente di avere un punto di fusione relativamente basso perché bolliva al di sotto dei 100°C, il che lo escludeva da tutta una serie di utilizzazioni. Si scoprì che questo difetto era dovuto alla mancanza di linearità delle macromolecole. Si pose quindi il problema di sapere come impedire o ridurre le ramificazioni delle catene di polietilene. Il caso, come già in altre occasioni, intervenne a dare una mano allo scienziato. Verso la fine del 1952, il chimico tedesco Karl Ziegler dell'Istituto Max Planck di Mühlheim stava cercando di preparare degli alcoli grassi (a catena lineare) a partire



Karl Ziegler (1898-1973)

dall'etilene. Per fare ciò doveva polimerizzare da 6 a 10 molecole circa utilizzando dei composti organometallici come catalizzatori per interrompere la reazione. Nel preparare composti contenenti catene con legami Alluminio-Carbonio Ziegler osservò che una quantità molto maggiore di etilene veniva fissata sul catalizzatore e ottenne un solido che fondeva a circa 140°C. Senza volere Ziegler era riuscito a fabbricare un "polietilene a bassa pressione", la cui catena lineare, senza, o quasi, ramificazioni, permetteva la formazione di un reticolo molto più regolare rispetto al "polietilene ad alta pressione". Ziegler comprese subito l'importanza della scoperta e si lanciò nel campo delle macromolecole studiando un gran numero di catalizzatori organometallici in particolare quelli

a base di Titanio e Zirconio, altamente attivi, che riuscivano a controllare la reazione di polimerizzazione dell'etilene. I polimeri formati con questo procedimento avevano proprietà enormemente superiori: erano composti resistenti, duri e chimicamente inerti, utilissimi per una serie di applicazioni. La proliferazione delle materie plastiche deve moltissimo a Ziegler: partendo dalla sua scoperta il chimico italiano Giulio Natta, che lavorava al Politecnico di Milano, dimostrò che catalizzatori analoghi funzionavano per la polimerizzazione del propilene. Natta e i suoi collaboratori al Politecnico di Milano e alla Montecatini ottennero una classe di polimeri altamente cristallini - la cui struttura era cioè molto regolare - che vennero chiamati isotattici, perché erano fatti da lunghe sequenze di monomeri caratterizzati dalla stessa identica configurazione nello spazio. Uno di questi fu il Moplen, che cominciò a essere prodotto industrialmente nel 1957 dalla Montedison a Ferrara. Utilizzando i catalizzatori "Ziegler-Natta" fu possibile acquisire un controllo perfetto della lunghezza della catena e delle strutture dei polimeri così ottenuti e quindi delle loro proprietà. Fra le altre realizzazioni di questa classe di catalizzatori c'era la sintesi di un polimero identico alla gomma naturale. Le applicazioni industriali dei catalizzatori "Ziegler-Natta" furono comprese quasi immediatamente e sono tuttora in espansione. Il polipropilene risultò essere un polimero molto importante a livello industriale e la sua produzione aumentò rapidamente in tutto il mondo

particolarmente negli Stati Uniti, Giappone, Gran Bretagna, Giappone e, naturalmente, in Italia. Oggi si misura in milioni di tonnellate e il suo tasso di crescita è il più alto fra le termoplastiche più diffuse e insieme al polipropilene costituisce circa la metà dell'attuale produzione negli USA di plastiche e resine. Gli usi di questi due polimeri si estende virtualmente a ogni ramo dell'industria e della vita quotidiana, inclusi i materiali da costruzione, recipienti di ogni tipo, giocattoli, articoli sportivi, applicazioni elettroniche, tessuti, tappeti e prodotti medici. In molte di queste applicazioni i polimeri sostituiscono altre sostanze come il vetro e i metalli, ma le loro proprietà caratteristiche stanno dando vita ad applicazioni del tutto nuove, inclusi usi medici. Nel 1963, il premio Nobel per la Chimica fu attribuito a Ziegler e Natta "per le loro scoperte nel campo della chimica e tecnologia dei superpolimeri". Alcuni ricercatori si sono chiesti se, in virtù delle loro singolari proprietà, i polimeri non potessero essere utilizzati anche per riparare o sostituire i tessuti o le cartilagini del corpo umano. Tessuti artificiali di ogni genere vengono fatti crescere in laboratorio su una impalcatura formata da lunghe catene di polimeri, l'ingegneria dei tessuti umani artificiali sta procedendo a passi da gigante. Oggi i prodotti che si trovano a cavallo tra vivente e non vivente cominciano a fornire delle eccitanti prospettive per migliorare la salute dell'uomo. Dietro questi sviluppi ci sono più di 150 anni di progressi nella ricerca sui polimeri condotta da centinaia di scienziati e oltre un secolo di biologia delle cellule e di trapianti di organi. Il successo dei polimeri ha dato vita a una scienza completamente nuova: la chimica dei polimeri. Per coloro che si siedono su sedie di plastica dentro case accoglienti isolate con schiume isolanti, che leggono libri con lenti di plastica, i benefici offerti dalla chimica dei polimeri sembrano ovvi. Ma ci sono aspetti più sottili che vanno al di là degli aspetti applicativi più immediati. Attraverso la comprensione dei polimeri naturali e sintetici è stato possibile mettere in luce la struttura e la funzionalità di macromolecole e polimeri biologicamente importanti. Dal caucciù naturale al teflon, al moplén, passando per il DNA, fino ad arrivare alle frontiere dell'ingegneria dei tessuti la strada è stata lunga e irta di difficoltà, un itinerario che ha modificato per sempre il panorama degli oggetti e dei manufatti che ci circondano e ha cambiato a fondo il nostro modo di vivere.



Giulio Natta accompagnato dal figlio riceve nel 1963 il premio Nobel per la chimica

