

# “Spiderman, non hai più segreti”

**Tecnologia.** Nascono nuove sostanze elastiche e indistruttibili, arricchite da metalli, ispirate a quelle degli insetti. Ricerca di un team tedesco: diventeranno fili operatori e tessuti da reimpianto, come ossa, tendini, vene e arterie

STEFANIA DI PIETRO

Unire le proprietà della natura alla tecnologia, dando vita a polimeri artificiali combinati con sostanze organiche. Siamo nell'era della super-materia capace di tante metamorfosi e applicazioni, dalla medicina all'industria, fino al settore aerospaziale. Ultima della serie è l'invenzione di un team del dipartimento di fisica delle microstrutture del Max Planck Institute tedesco: guidato da Seung-Mo Lee, ha «svelato» la formula della ragnatela.

Alla struttura biologica della tela sono state aggiunte piccole quantità di proteine, combinate con atomi di titanio, zinco e alluminio, e il risultato è una rete 3 volte più resistente di quella naturale. Per la «super-web» Seung-Mo Lee si è ispirato alla capa-

## La super-materia

combina i polimeri artificiali e le strutture di origine organica

cità di alcuni insetti di tessere sostanze elastiche e robuste, arricchite con i metalli presenti nei loro tessuti. Un esempio sono le mascelle delle locuste, che posseggono elevate quantità di zinco. E' nata così in laboratorio una ragnatela duttile e indistruttibile, un mix di seta e metalli utile sia per i progettisti che per i bioingegneri.

Per le sue straordinarie qualità l'invenzione del Max Planck Institute, ottenuta con una tecnica di deposizione di strati atomici, assomiglia alla famosa tela di «Spiderman». Nella prima fase i ricercatori hanno esposto alcuni filamenti a vapori di zinco e acqua, ricoprendola con il metallo. Poi il materiale è stato vaporizzato con alluminio e titanio, ottenendone uno ancora più resistente. La tecnica non permette solo agli atomi metallici di ricoprire la «base», ma provoca una reazione chimico-fisica tra le molecole, con la penetrazione di alcuni ioni metallici all'interno del tessuto. Solo così la ragnatela acquista una nuova struttura, diventando 10 volte più resistente.

Ma dopo la bio-ragnatela il Max Planck Institute sta già pensando ad altri materiali, fatti di collagene e derivati dalle uova di alcuni uccelli. «Gli atomi dei metalli si legano più facilmente alle catene organiche e proteiche: questa sostanza servirà ad aumentare la resistenza delle funi usate dagli alpinisti - spiega uno degli studiosi, Mato Knez -. Ma sarà utile anche in campo medico-chirurgico per produrre fili operatori e tessuti da reimpiantare, come ossa, tendini e pareti di vene e arterie, e per rafforzare le fibre di collagene, la proteina di ossa e pelle».

Cambiare l'«abito» ai materiali tradizionali sta diventando così un'attività di ricerca dalle prospettive entusiasmanti. Si va dai nuovi acciai inossidabili, dei quali si incrementa la robustezza con l'aggiunta di nichel e si evita la corrosione con un pizzico di



**LA RAGNETELA DI SPIDERMAN**

Elastica e resistente è ottenuta con una tecnica di deposizione di strati atomici: diventerà un filo multiuso



## Dalla fantascienza alla realtà

**PLASTICA INTELLIGENTE**

Creata con l'inserimento di molecole organiche segnala in diretta le condizioni di stress a cui è sottoposta

**IL VETRO METALLICO**

Combinando le qualità dei metalli e del vetro la sostanza permette di creare nuove strutture per microchip



**I MIRACOLI DEL GRAFENE**

Da questo cristallo si creano speciali spirali con applicazioni diverse: dai nanovettori per il rilascio dei farmaci allo stoccaggio di idrogeno in nanoserbatoi

# L'energia parte dalla matita

Scoperta in Italia una straordinaria proprietà del grafene

NICOLA M. PUGNO  
POLITECNICO DI TORINO

Il grafene è il materiale che sta destando il maggiore interesse nella comunità scientifica.

Malgrado sia un parente stretto della grafite delle nostre matite, ha moltissime peculiarità: per esempio conduce l'elettricità meglio del silicio ed è molto più resistente dell'acciaio. E' in sostanza un cristallo puramente bidimensionale, composto da atomi di carbonio disposti a maglia esagonale. Sfatando gli studi teorici, che lo vedevano instabile in quanto bidimensionale, di recente è stato isolato.

Immaginiamo ora di manipolare una strisciolina di grafene e di deformarla a forma di circonferenza. Questa operazione richiede una certa energia, perché il grafene, pur essendo bidimensionale, possiede una rigidità flessionale non nulla. Lo stesso avverrebbe macroscopicamente, lavorando per esempio con una striscia di carta. Alla nanoscala, tuttavia, si osserva un fenomeno che non ha controparte macroscopica: il grafene, a differenza di ciò che farebbe la carta, tende ad arrotolarsi su se stesso, formando una spirale, un po' come fa su altre scale spazio-temporali la nostra galassia. Succede perché alla nanoscala esiste una forza di adesione non trascurabile. Tuttavia, dato che per formare la spirale occorre spendere sem-

pre più energia, il sistema raggiunge una configurazione di equilibrio non appena l'energia di adesione smette di prevalere su quella di flessione.

Il fatto che si raggiunga un equilibrio, però, non significa che non si possa controllare la dimensione del canale. Mentre la rigidità flessionale non è modificabile, l'energia superficiale, o di adesione, può essere controllata grazie all'applicazione di un campo elettrico: caricare la spirale, con cariche dello stesso segno e dunque repulsive, porterà a una diminuzione della forza di adesione tra i vari strati. Così si può variare la dimensione del cuore della spirale, creando canali a sezione controllata per applicazioni nanofluidiche.

In linea di principio, con un campo elettrico, si potrebbe anche aprire del tutto la spirale. Ma i campi elettrici e

le pressioni da applicare potrebbero essere irraggiungibili nella pratica. E' un problema che suggerisce la necessità di trovare un metodo più intelligente: è un processo di

grande interesse, per esempio nel caso si voglia utilizzare la spirale in nanomedicina, come nanovettore per il rilascio del farmaco nel punto desiderato, o per produrre forme di energie alternative, come nello stoccaggio di idrogeno in nanoserbatoi.

Ma se il vetro metallizzato potrà sostituire i tradizionali supporti per prestazioni elettroniche ad alta precisione, anche la plastica cambia veste e inizia a comunicare automaticamente le proprie condizioni.

cromo in più, fino ai polimeri e alle bioceramiche per la realizzazione di protesi e di «veicoli biologici» a prova di rigetto, capaci di trasportare farmaci nell'organismo. Grazie alle caratteristiche di porosità e malleabilità dei componenti, questi prodotti ibridi sono bioattivi e possono quindi essere totalmente riassorbiti dal corpo.

Ma le catene di biopolimeri sono una miniera di possibilità, per esempio nella progettazione degli edifici e nello studio dei nuovi rivestimenti per jet e veicoli spaziali. E anche l'elettronica trae vantaggi. Eccezionale è l'invenzione di Jan Schroers, professore di ingegneria e scienze applicate alla Yale School (Usa): ha «mimato» il processo inverso di trasformazione di un metallo in una sostanza morbida e gelatinosa, simile al silicone. Ecco così apparire una sostanza «amorfa», perfetta per produrre ed e microchip, per i quali è necessario l'impiego di stampi ad altissima definizione.

I materiali per creare questi sofisticati strumenti presentano diversi limiti. Gli stampi morbidi permettono solo di delineare i particolari, ma risultano troppo fragili, mentre gli stampi di metallo «hard» hanno una grana troppo spessa e poco definita. A risolvere gli inconvenienti del rapporto definizione-resistenza saranno proprio i nuovi metalli «amorfi». «Sono stati chiamati anche «vetri metallici»: la massa fusa viene raffreddata rapidamente, impedendo così la formazione di cristalli e facendoli somigliare a un liquido denso - spiega Schroers -. E' una nano-trasformazione, che permette la nascita di strutture prima impensabili». Il risultato è una maggiore duttilità, derivante dalla natura metallica, con l'aggiunta della trasparenza tipica del vetro.

Ma se il vetro metallizzato potrà sostituire i tradizionali supporti per prestazioni elettroniche ad alta precisione, anche la plastica cambia veste e inizia a comunicare automaticamente le proprie condizioni.

Un team di esperti in materiali alternativi dell'Università dell'Illinois, guidato da Jeffrey Moore e Nancy Sottos, docenti di ingegneria e scienza dei materiali, ha realizzato un materiale che cambia colore quando è sottoposto a stress meccanico. «E' il primo esempio di bio-plastica mecano-sensibile, capace di segnalare una trasformazione fisica», spiegano i ricercatori. La geniale intuizione potrebbe rivelarsi importante per testare la resistenza di tanti oggetti solidi: se nel caso di molti metalli e del cemento a fornire validi indizi sullo stato d'usura sono piccole fratture, quando è la plastica a essere sul punto di rompersi non ci sono segni premonitori. «Attraverso il cambio cromatico, invece, si indica con anticipo la presenza di sollecitazioni eccessive». Un'invenzione che potrà essere applicata in cam-

Dal vetro metallico alla plastica mutante applicazioni a catena dalla medicina all'auto

po ingegneristico e per la diagnostica di auto, aerei, ponti.

Per creare la plastica sensibile allo stress Moore e Sottos hanno inserito al centro della catena polimerica alcune molecole organiche a forma d'anello - i mecano-fori - che si trasformano grazie a un'interferenza chimica con la plastica stessa. E' stato un successo. Durante i test di laboratorio, dopo alcuni cicli d'allungamento e di tensione, la plastica «comunicava» con anticipo ai ricercatori le sue trasformazioni. «Il materiale diventa rosso se è stirato, viola se è sottoposto a schiacciamento. Sono variazioni visibili a occhio nudo, mentre, inducendo una deformazione più leggera, si avverte un ulteriore cambiamento di colore. Poco prima di spaccarsi, la plastica assume una tinta porpora brillante», dice Nancy Sottos.

I biomateriali non ci abbandoneranno più.

Questa apertura intelligente si può realizzare mandando in risonanza la spirale, vale a dire facendola vibrare attorno alla sua frequenza naturale, un po' come un bambino riesce a spingere anche molto in alto un amichetto su un'altalena, grazie a spinte ridotte, ma date alla frequenza di oscillazione dell'altalena stessa. Così, è possibile aprire e chiudere la spirale miliardi di volte in un secondo, suggerendo applicazioni ancora diverse: per esempio risonatori o interruttori in grado di raggiungere densità di integrazione nell'ordine dei 1000 miliardi di elementi per centimetro quadrato e capaci di frequenze di lavoro di miliardi di cicli al secondo.

I nostri calcoli, confermati da una serie di simulazioni atomistiche, sono stati eseguiti in collaborazione con uno dei massimi esperti mondiali di meccanica, il prof. H. Gao, e il lavoro è apparso sulla rivista «Applied Physics Letters». Spero che possa avere un qualche ruolo nel migliorare la qualità della vita dei nostri figli.

**Chi è Nicola M. Pugno Ingegnere**

RUOLO: E' PROFESSORE DI SCIENZA DELLE COSTRUZIONI E DI SCIENZA DELLE BIO E NANO COSTRUZIONI AL POLITECNICO DI TORINO  
IL SITO: HTTP://STAFF.POLITO.IT/NICOLA.PUGNO/

grande interesse, per esempio nel caso si voglia utilizzare la spirale in nanomedicina, come nanovettore per il rilascio del farmaco nel punto desiderato, o per produrre forme di energie alternative, come nello stoccaggio di idrogeno in nanoserbatoi.