

# ALP

280

SERIE ORO

# 3



**Kilian**  
Jornet Burgada



**Xavier**  
De Le Rue



**Nicolas**  
Favresse

- C | Griffa
- P | Gugliermi
- J | Lavarda
- R | Luna
- M | Manolo
- P | Migliozi
- S | Moro
- J | Niedorfer
- F | Palma
- M | Panseri
- E | Previtali
- N | Pugno
- V | Stanley
- V | Stefanello
- G | Tartari
- D | Trincheri
- D | Urubko
- A | Valtellina

Ordine n. 6894 del 19/04/2012 - Licenza esclusiva a nicola pugno

[ STORIES ] [ ITW ] [ VISIONS ] [ ENV ] [ SCIENCE ] [ HI-TECH ] [ SHORTS ]

# FUTURO

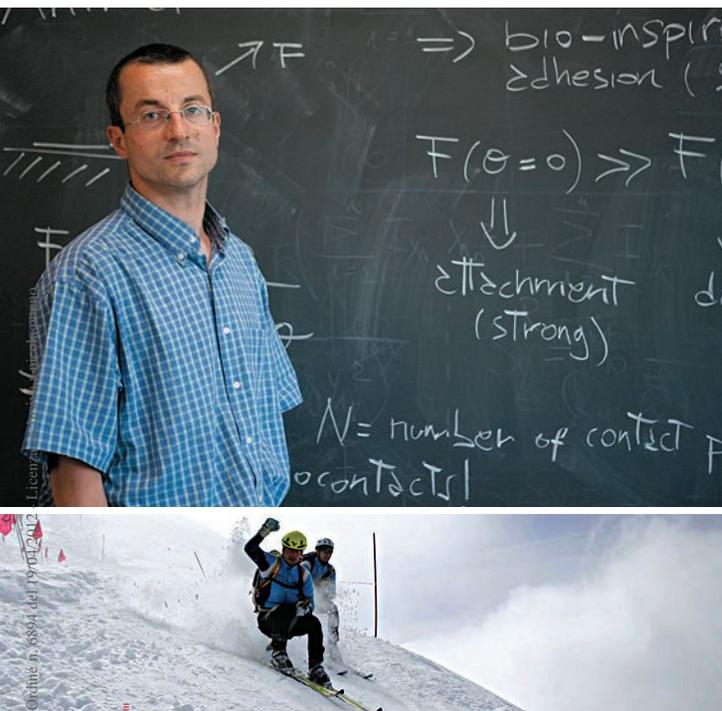
[ STORIES & VALUES ]

Spedizione in A.P. -  
45% - art. 2, comma  
20/B - legge 662/96.  
Contiene I.P. Filiale  
di Torino - n.ro 3/12  
Vivalda Editori, Torino.

MENSILE 280 - 2012 - € 6,50  
20280  
9 771722 782000

# Leggeri, resistenti e tenaci

## La nuova era dei super nanomateriali gerarchici bio-ispirati



di **NICOLA PUGNO**

La scienza dei materiali sta rivoluzionando anche l'attrezzatura sportiva, in particolare quella dell'alpinista. Al **Trofeo Mezzalama** per esempio si centellinano i pesi tanto da presentarsi al via sempre al limite del regolamento. Il motivo è presto detto: un semplice bilancio di potenza mostra che un risparmio di peso si traduce, almeno in prima approssimazione (potenza proporzionale alla massa muscolare), in un ugual risparmio di tempo impiegato nelle salite, in termini percentuali. Cioè, se sono l'**1%** più leggero impiegherò a salire l'**1%** in meno, che su una gara di **4** ore come questa, di cui circa **3** in salita, equivalgono a quasi **2** minuti, sufficienti a far la differenza per la vittoria finale. O a salvarsi la **vita** in alta quota.

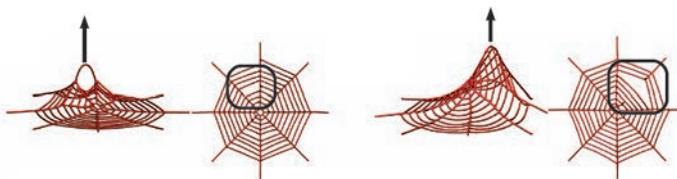


### SCIENCE

#### NICOLA PUGNO

Nato nel 1972, sposato, tre figli, ingegnere, fisico e astrofisico, dottorati in ingegneria e biologia, professore al Politecnico di Torino. Autore di oltre 170 articoli sulle riviste internazionali di strutture e materiali (es. *Nature*, *Nature Materials*, ecc...). Ha ricevuto nel 2011 il premio europeo più ambito per l'eccellenza scientifica, l'*Ideas* dell'European Research Council. Sette volte mezzalamista (2009: 5h 26min), campione sociale Ski Club Torino 2011 e 2012 e vincitore quindi del Trofeo Kind.

SOPRA L'AUTORE NELLE SUE LOCATION PREFERITE: ALLA LAVAGNA E SUGLI SCI.) E ALCUNE IMMAGINI DALLO STUDIO DEL GRUPPO DI NICOLA PUGNO SULLA MECCANICA DELLA RAGNETELA CHE CONQUISTA LA COVER DI NATURE (VOL. 482, 72-76 DOI: 10.1038/NATURE10739, 2 FEBBRAIO 2012)



Il problema maggiore della scienza dei materiali è in effetti rappresentato dalla ricerca di compositi leggeri, resistenti e nel contempo tenaci. Resistenza e tenacità sono caratteristiche in competizione tra di loro, cosicché spesso materiali resistenti risultano troppo fragili o, al contrario, se duttili poco resistenti. Ma tali caratteristiche dipendono anche dalla scala strutturale: ed è così che le navi Liberty (*cruciali per la vittoria degli Alleati nella II Guerra Mondiale, di realizzazione americana, sono state le principali navi logistiche dell'intera storia della marina militare, NdR*), anche se formate da acciaio che risultava duttile alla scala del laboratorio, si sono spezzate in due come biscotti o

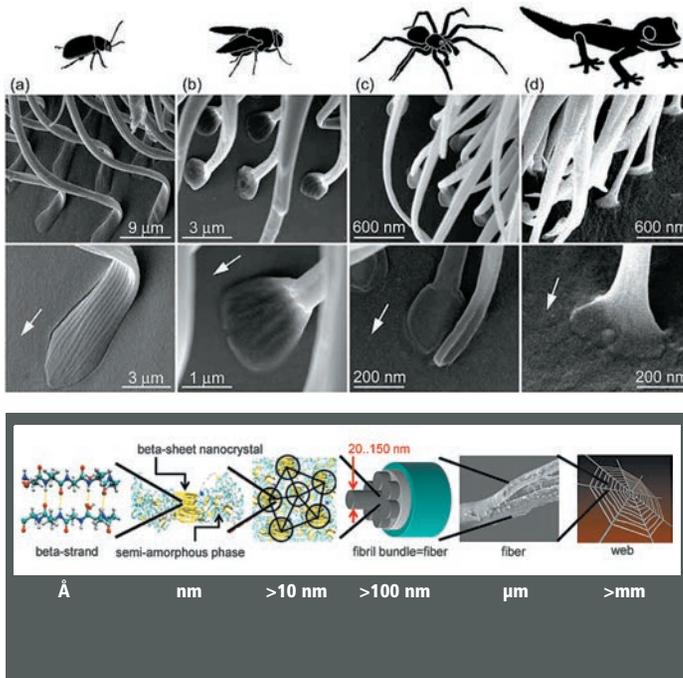
che, viceversa, i *whisker* (letteralmente "baffi" / sottili e filiformi estroflessioni) di vetro (possono essere anche di pietra) sono molto resistenti e flessibili. È proprio accoppiando materiale e struttura, tramite una serie di architetture gerarchiche, che la Natura ha sviluppato dei materiali che riescono a portare alla macroscale le supercaratteristiche proprie della nanoscale. Per esempio una portentosa ottimizzazione di leggerezza, resistenza e tenacità si osserva in natura nella seta del ragno. Se una corda da roccia fosse ugualmente tenace anche qualora tagliata per metà nella sua sezione trasversale continuerebbe ad avere, sostanzialmente, la stessa resistenza. Se fosse poi in grado di



autoripararsi, come un tessuto biologico, la ritroveremo nuovamente integra. Grazie all'avvento delle nanoscienze e nanotecnologie, stiamo incominciando a progettare e a realizzare dei super nanomateriali gerarchici bio-ispirati, tolleranti alla presenza del difetto, in grado di autoripararsi e anche super-resistenti. Per esempio, una corda da roccia in composito a base di **grafene** (è uno strato singolo di atomi di carbonio disposti a forma esagonale, per la sua scoperta è stato assegnato il premio Nobel nel 2010; se avvolto a cilindro forma il cosiddetto nanotubo), almeno in termini di resistenza, potrebbe teoricamente raggiungere una leggerezza estrema, fino a 3g/m contro gli 80 attuali (il filo avrebbe una sezione di solo un terzo di mm<sup>2</sup>, sarebbe quindi un "gomitolo" da roccia). La resistenza teorica del grafene è infatti elevatissima (100 gigapascals), molto maggiore di quella dell'acciaio "ad alta resistenza" (1 gigapascal). La tenacità, in termini di energia dissipabile per unità di massa, risulterebbe anche maggiore (570 joule al grammo) di quella già eccezionale della seta del ragno (160 joule al grammo).

Ma i ragni, e non solo quelli di Lecco, richiamano all'alpinismo soprattutto per le loro capacità adesive. Le zampette di questi animali, così come quelle dei gechi, sono composte da peli principali da cui diramano peletti secondari più piccoli e così via. Ancora una volta ritroviamo una struttura gerarchica. Essendo la forza adesiva (conseguenza principalmente delle interazioni elettrostatiche deboli dovute a piccoli sbilanciamenti di carica in molecole neutre, ovvero di van der Waals) direttamente proporzionale al raggio del peletto (e non al raggio al quadrato, avvero non all'area della sua sezione trasversale), dividendo un pelo in 100 peletti la forza adesiva risulta 10 volte maggiore. Per tale principio un ragno possiede milioni di peletti in presa, che lo portano ad avere una resistenza adesiva estrema: per staccarlo occorre una forza 170 volte maggiore del suo peso. Superfici bio-ispirate incominciano a essere in grado di replicare la capacità adesiva dei ragni e dei gechi. Per esempio, pelli di foca senza colla che cercano di mimare questo principio già esistono. Per contro, copiando la gerarchia della foglia del loto possiamo progettare oggi materiali super-idrofobi, anti-adesivi e autopulenti.

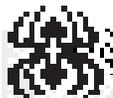
Per i materiali è l'avvento di una nuova era. ■



QUI A FIANCO IMMAGINI AL MICROSCOPIO DEI PELETTI RESPONSABILI DELLA GRANDE ADESIONE DI DIVERSI ANIMALI

UNO SPACCATO CHE MOSTRA SU DIVERSE SCALE LA NATURA GERARCHICA DELLA RAGNETELA

SOTTO RAFFIGURAZIONE DEL MONSTRATO DI ATOMI DI CARBONIO CHE FORMA IL GRAFENE, ALCUNE TIPOLOGIE DI NANOTUBI DI GRAFENE, E LA COPERTINA DI *SOFT MATTER* SU CUI È COMPARSO LO STUDIO SULL'ADESIONE DELLE ZAMPETTE DEI GECHI



## NEL 2017 SAREMO SPIDER-MAN?

È in cantiere, grazie al lavoro di **Nicola Pugno** e del suo staff, la "tuta di Spider-Man" che potrebbe essere pronta entro il 2017. Prendendo esempio da ragni e gechi, il tutto sarebbe possibile realizzando una struttura di nanotubi di carbonio ramificati in grado di aderire a qualsiasi superficie e staccarsi con facilità. La sfida risiede nel riuscire a combinare efficacemente l'aderenza dovuta alle forze di van der Waals e alle forze capillari con una strategia per poter modulare "a piacere" l'adesione e muoversi con agilità. E la ragnatela? Anch'essa non pare impossibile. I nanotubi possono risultare invisibili, infatti il loro diametro (per esempio 50 nm) può tranquillamente essere inferiore alla lunghezza d'onda della luce visibile (da 400 a 700 nm). Se combinati in una macro struttura con distanze adeguate potrebbero quindi costituire una tela super leggera, super resistente e invisibile! **G.C.**

