



UNITRENTOMAG

l'informazione dell'Università di Trento

18 Ottobre 2022

STORIE RICERCA FORMAZIONE INTERNAZIONALE VITA UNIVERSITARIA
EVENTI SPORT INNOVAZIONE ORIENTAMENTO

RICERCA

L'elasticità impossibile

"Beyond" è il progetto del team di Davide Bigoni per sviluppare materiali che sembrano infrangere le leggi della termodinamica

17 ottobre 2022



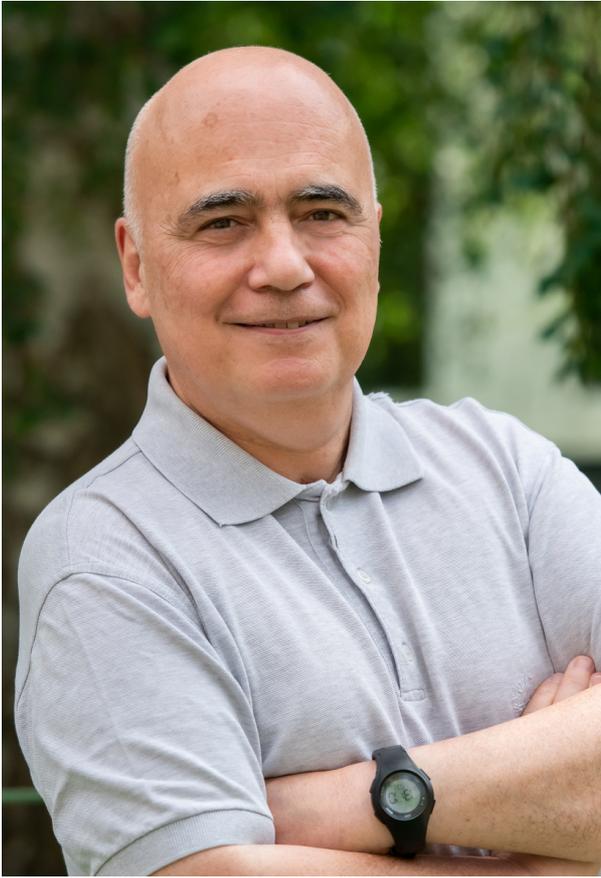
di Elisabetta Brunelli

Ufficio Stampa e Relazioni esterne

[English version](#)

Un materiale elastico assomiglia a una molla: sottoposto a un carico e poi liberato riacquista la forma iniziale. Ma non solo, come una molla, **un materiale elastico non può produrre energia**. Nell'Ottocento queste semplici osservazioni hanno permesso di formulare la **teoria dell'elasticità**, che ha aperto la strada a conquiste tecnologiche senza precedenti: la realizzazione delle macchine moderne, incluse le automobili, gli aeroplani, le astronavi e le grandi strutture civili.

La teoria della elasticità è diventata un **paradigma inviolabile con teoremi e dimostrazioni cristallizzate**. In questo contesto, il gruppo di ricerca guidato da **Davide Bigoni** ha sviluppato un percorso di revisione critica di concetti fondamentali, che ha portato a una serie di risultati di rilievo anche per tecnologie di uso quotidiano. La **bilancia elastica**, l'**attuatore torsionale**, il **braccio robotico flessibile** e lo **studio dei materiali microstrutturati** sono applicazioni meccaniche che hanno trovato anche importanti riconoscimenti internazionali, tra cui il primo progetto assegnato a Davide Bigoni dall'**European Research Council Advanced Grant "Instabilities"**, che si è concluso con successo nel 2019.



Di recente il gruppo di ricerca guidato da Davide Bigoni ha messo in discussione un caposaldo in apparenza inviolabile della teoria classica della elasticità: l'**esistenza di un potenziale**, senza il quale un materiale elastico sarebbe in grado di produrre energia, apparentemente falsificando le leggi fondamentali della termodinamica. Il modo di superare questo ostacolo a prima vista insormontabile è **immaginare di progettare un materiale che possa assorbire energia dall'ambiente circostante**, per poi restituirla in condizioni opportune.

Questa idea innovativa ha ricevuto il massimo riconoscimento dalla Research Council della Comunità Europea, **un secondo ERC Advanced Grant per Davide Bigoni**, "Beyond hyperelasticity: a virgin land of extreme materials", un finanziamento del valore di due milioni e mezzo di

euro per cinque anni di attività, a partire dal primo ottobre 2022.

Il primo risultato della ricerca consiste nell'ideazione di un **materiale progettato (architected) per essere in grado di sviluppare comportamenti meccanici inesplorati quando soggetto a sollecitazioni di compressione e di trazione**. L'esito dello studio ha conquistato la copertina della rivista scientifica *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, storico giornale internazionale di scienza e tecnica pubblicato sin dal 1665.

Professor Bigoni, perché avete pensato di superare alcuni concetti dell'ingegneria classica?

«Perché solo in questo modo è possibile **sviluppare idee finora completamente inesplorate**, che possono aprire nuovi campi applicativi in grado di avere un forte impatto su diverse tecnologie, e quindi portare a un avanzamento della nostra società».

Qual è la strada per ottenere questi materiali innovativi?

«Occorre **fondere i concetti della meccanica strutturale con i principi della meccanica dei solidi** per ottenere materiali con proprietà superiori a quelle attualmente disponibili e realizzare così macchine più leggere e resistenti».

Da quali basi partite?

«Nell'ingegneria si conoscono da tempo grandi strutture che sono in grado di raccogliere energia per esempio dal vento o da un fluido. Se immaginiamo di dotare un materiale di una microstruttura sufficientemente complessa, possiamo pensare di **fargli assorbire energia**

interagendo con l'ambiente circostante. Questa energia potrà poi essere restituita, provocando una apparente violazione delle leggi della termodinamica».

Avete già ottenuto dei risultati?

«Sì, recentemente abbiamo dimostrato come sia possibile **progettare un materiale che evidenzia una instabilità di flutter** (cioè una vibrazione causata da un'oscillazione flessionale di ampiezza crescente), simile a quella che ha portato al collasso il famoso ponte di Tacoma negli Stati Uniti nel 1940. In un materiale, questa instabilità è tipica di un comportamento possibile solo in assenza di potenziale elastico».

Per una volta l'instabilità non viene considerata un difetto, ma diventa una caratteristica positiva. È così?

«Questa infatti è una tendenza recente nella progettazione di nuovi materiali, già in uso tra i gruppi di ricerca più importanti. Noi abbiamo in mente tipi di instabilità molto particolari, che potrebbero contribuire per esempio alla **amplificazione di un segnale meccanico durante la sua propagazione in un materiale**, contrariamente a quello che si osserva in tutti i materiali finora noti».

Perché è così promettente la ricerca sui materiali architected?

«Perché si tratta di un campo di ricerca che si apre su importanti settori inesplorati, settori high-risk/high-gain ove una avventura scientifica può portare a scoperte importanti e inaspettate».

Quali sono le applicazioni più importanti?

«Questi materiali possono **facilitare l'interazione dell'uomo con le macchine**, che usualmente sono dotate di componenti rigide, robot inclusi, attraverso la progettazione di dispositivi flessibili. Questi dispositivi trovano già applicazioni in ambito medicale, per esempio gli stent, o nella soft robotics. Noi pensiamo che si possa fare molto di più».

L'articolo "Tensile material instabilities in elastic beam lattices lead to a closed stability domain" (Philosophical Transactions of the Royal Society A, 380, 20210388) è [disponibile a questa pagina](#).

I riferimenti social del Solid and Structural Mechanics Group del professor Bigoni: [Facebook](#), [YouTube](#), [Twitter](#).

The impossible elasticity

Davide Bigoni and his research team start the "Beyond" project, a 2.5 million euro ERC Advanced Grant, to develop materials that seem to break the laws of thermodynamics by Elisabetta Brunelli

Elastic materials behave like springs: when they are loaded and later disengaged, return to their original shape. Moreover, just like springs, **elastic materials are incapable of producing energy**. In the 19th century, these simple observations led to the formulation of **the elasticity theory**, which

opened the way to unprecedented technological advancements: the creation of modern machines, including automobiles, airplanes, spacecrafts, and large civil infrastructures.

The theory of elasticity has become **an untouchable paradigm, with crystallized theorems and demonstrations**. In contrast with this setting, the research group led by **Davide Bigoni** has started a critical review of several fundamental concepts, which yielded significant results, sometimes involving technologies of everyday use. The **elastic arm scale, the torsional actuator, the flexible robotic arm, and micro-structured materials** are mechanical applications that have received international recognition, including the first Advanced Grant awarded to Davide Bigoni by the **European Research Council for his project “Instabilities”**, which finished in 2019.

Recently, his research group has challenged an “untouchable” cornerstone of classical elasticity theory: **the existence of the elastic potential**, without which an elastic material can generate energy, in contradiction to the fundamental laws of thermodynamics. To overcome this apparently insuperable obstacle, we envisage the design of **a material that can absorb energy from the surrounding environment and release it upon request**.

The European Research Council has decided to invest in this innovative idea by awarding Davide Bigoni **a second ERC Advanced Grant** for the research project “Beyond hyper-elasticity: a virgin land of extreme materials”, 2.5 million funding over 5 years, starting from October 2022.

A first outcome of the above-mentioned research work is **the creation of an architected material that can exhibit surprisingly unstable mechanical behaviours when subject to both compressive and tensile stresses**. The study was featured on the cover of *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, a prestigious and internationally renowned scientific journal that has been published since 1665.

Professor Bigoni, what made you think of challenging the principles of classical engineering?

“Well, that is the only way **to develop ideas that have not been so far explored**, ideas that can lead to new fields of application, producing a significant impact on various technologies and therefore contributing to the progress of society”.

How are these innovative materials obtained?

“To create materials with superior properties compared to those currently available, and thus to create lighter and more resistant elastic machines, **we combine concepts of structural mechanics with principles of solid mechanics**”.

What was your starting point?

“Large structures that can store energy, for example from wind or fluid interaction, have long been known in engineering. If we imagine enhancing a material with a sufficiently complex microstructure, we can make it **absorbing energy through interaction with the surrounding environment**. This energy can subsequently be returned, which appears as a violation of the laws of thermodynamics”.

Have you already achieved some results?

“Yes. Recently, we have demonstrated that **we can design a material displaying flutter instability** (that is, a flexural oscillation of increasing amplitude), like the one that caused the collapse of the famous Tacoma bridge in the United States in 1940. In a material, this instability occurs only in the absence of an elastic potential”.

In this case, instability is not a weakness but a positive characteristic. Is it so?

“Yes indeed. Instability has been a recent trend in new materials design, that the most important research groups are analyzing. We have in mind some specific types of instability that, for example, **could amplify a mechanical signal when it propagates inside a material**, contrary to what has been observed so far”.

Why is research on architected materials so promising?

“Because this is a research field that involves largely unexplored areas, high-risk/high-gain sectors where a science can lead to unexpected and ground-breaking discoveries.

What are the most important applications of the materials that you have in mind?

“Through the design of flexible devices, the materials that we have in mind **can facilitate human-machine interaction**, because until now machines, including robots, usually have stiff components. These devices are already in use in the medical sector, stents for example, and in soft robotics. We believe that a lot more can be achieved in this field”.

The article "Tensile material instabilities in elastic beam lattices lead to a closed stability domain" (Philosophical Transactions of the Royal Society A, 380, 20210388) is [available on this page](#).
The Solid and Structural Mechanics Group is on [Facebook](#), [YouTube](#), [Twitter](#).

PHOTOGALLERY



ULTIMO ARTICOLO



RICERCA

Libertà d'espressione, nuovi media e intelligenza artificiale

Con Carla Maria Reale e Marta Tomasi alla ricerca di un nuovo ecosistema costituzionale

TUTTI GLI ARTICOLI



UNITRENTOMAG

Periodico online dell'Università di Trento

mag@unitn.it

Direttore: Claudio Giunta

Direttrice responsabile: Alessandra Saletti

Redazione: Monica Agostini, Paola Bonadiman, Elisabetta Brunelli, Paolo Fisichella, Johnny Gretter, Daniele Santuliana

Ufficio Stampa e Relazioni Esterne | Direzione Comunicazione e Relazioni Esterne

via Calepina, 14 - I-38122 Trento

Iscrizione n. 1005 Registro Stampe Tribunale di Trento