

BACKGROUND SULLE STRUTTURE AUXETICHE

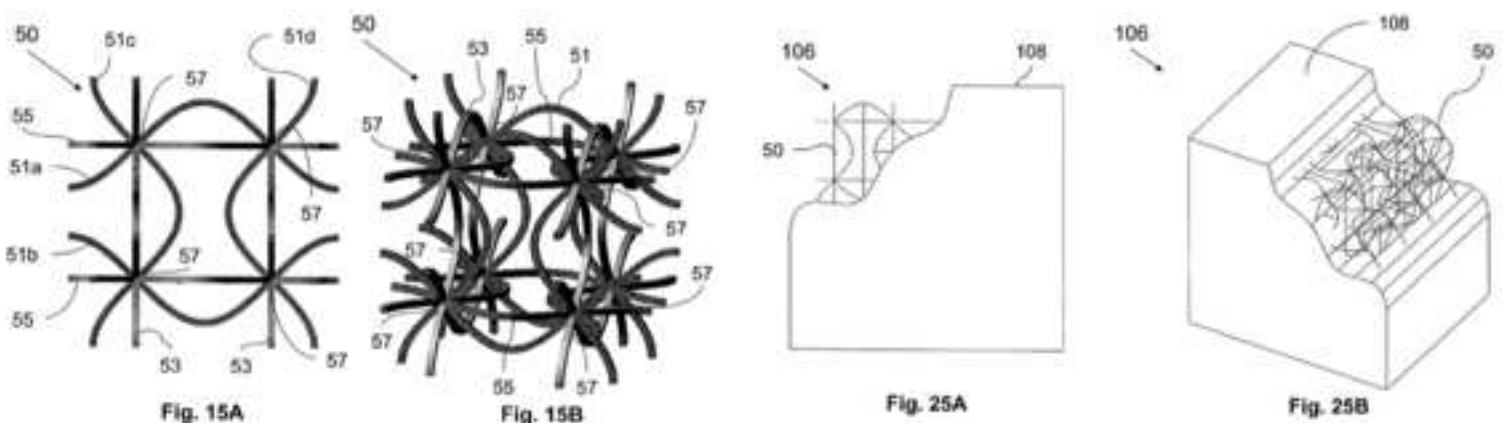
Il coefficiente di Poisson, definito da Siméon-Denis Poisson intorno all'anno 1800, indica il rapporto tra lo sforzo orizzontale e quello longitudinale in una struttura sottoposta a pressione o tensione. In altre parole, mette a rapporto il variare della larghezza con il variare della lunghezza di un elemento sottoposto a compressione o tensione. La maggior parte dei materiali che conosciamo, quindi con un coefficiente di Poisson positivo, tendono ad espandersi quando compressi (es: una colonna di cemento) mentre i materiali col coefficiente di Poisson negativo (NPR) diminuiscono il loro volume. Da quando Poisson definì il modulo non ebbero più pubblicazioni interessanti fino al 1987, quando uno studioso inglese (R.S.Lakes) definì tali strutture dandogli il nome auxetic structures, dal greco: "che tende ad aumentare". Da quell'anno in poi, numerosi ricercatori hanno portato avanti ricerche sempre più interessanti e numerose. Ad oggi le strutture auxetiche vengono applicate soprattutto in campo medico/chirurgico, nella produzione di schiume capaci di assorbire in maniera elevata le vibrazioni (la Nike e la Underarmour produzione in maniera seriale scarpe con soles auxetiche) e nel campo aerospaziale continua la sperimentazione per la produzione di teste di aerei o alettoni di automobili auxetiche. Ad oggi, in campo architettonico, le strutture auxetiche faticano a trovare una applicazione efficace ed innovativa.

STATO DELL'ARTE

Il primo brevetto contenente la parola Auxetic risulta essere pubblicato nell'anno xx.

Nei primi anni novanta la ricerca si è dimostrata molto più speculativa e teorica, mentre dagli anni duemila si possono trovare brevetti più improntati alla produzione ed applicazione di strutture auxetiche in settori commerciali quali quello sportivo e automobilistico. Ad oggi, applicazioni di strutture auxetiche a fini architettonici o strutturali è difficile trovarne e quando questo avviene non delineano una tecnologia costruttiva vera e propria. In seguito, tre brevetti che potrebbero scontrarsi con X-cell sono riassunti e ne sono elencate le rivendicazioni.

US08652602



RIASSUNTO

"Rotational Expansion Auxetic Structures" è stato registrato negli Stati Uniti nel 2014. Gli autori definiscono una struttura auxetica bidimensionale basata su geometrie ondulatorie (waveforms) e ne mostrano possibili varianti in configurazione tridimensionale (Fig.24B sotto). Nella sezione "Detailed description of the invention" la struttura viene ampiamente chiarita tramite l'uso di immagini. Viene definita una struttura auxetica bidimensionale molto semplice e ne vengono definiti gli ele-

menti costituenti. Vengono quindi presentate delle variazioni, sempre bidimensionali, di tale struttura auxetica. Successivamente viene mostrato come una struttura delle sopracitate possa evolvere in maniera volumetrica (Fig. 15A e B) esponendo anche la creazione di un pannello sandwich formato dalla matrice auxetica (Fig.25A e B), costituita da un materiale tipo plastica, metallo, vetro. Successivamente viene utilizzata una struttura planare precedentemente definita per creare un elemento sferico (i possibili usi del quale non vengono definiti) ed uno cilindrico (utilizzabile come stent).

CLAIMS

Vengono rivendicate:

- La struttura mostrata in Fig.15A, descritta come una successione di curve oscillanti lungo assi paralleli ad X ed Y, che si congiungono nei nodi. Vengono rivendicate nei punti 2, 3, 4 variazioni di questa struttura, dove le precedentemente descritte curve sono di tipo triangolare, sinusoidale o ellittico;
- le stesse strutture con aggiunta di connettori, come in Fig. 24B;
- le stesse strutture sviluppate in conformazione cilindrica o sferica;
- punto 9: un materiale composito comprendente un materiale plastico avvolto alla sopracitata struttura auxetica (punto 9);
- punto 13: una struttura auxetica tridimensionale, generata dalla ripetizione sui piani XZ e YZ, della struttura esplicitata nel punto 9;
- punto 14: un materiale composito comprendente un materiale plastico sviluppato attorno alla struttura reclamata nel punto 13;
- variazioni geometrica della struttura di base di questa struttura tridimensionale.

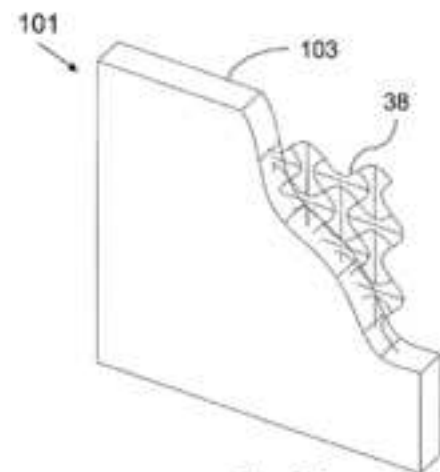


Fig. 24B

Nelle rivendicazioni di questo brevetto, è importante tenere sotto controllo il punto 13 e 14, nonché i punti seguenti che descrivono variazioni di queste. Interessante è che non ci sono rivendicazioni riguardo ad una struttura formata dalle strutture rivendicate che possa variare nello spazio, in maniera più o meno graduale. Vengono rivendicate infatti solo strutture che si ripetono in maniera periodica alla loro cellula di base.

US20100119792

RIASSUNTO

Un secondo interessante brevetto è intitolato "Three-dimensional Auxetic Structures and Applications Thereof". Qui viene definita una struttura auxetica tridimensionale "pyramid based" (Figure 2) e vengono proposte alcune varianti; interessante è la variante dove ogni layer della struttura ha un differente modulo di Poisson (Fig. 9B, sotto). Le barrette che compongono la struttura vengono suddivise in due tipologie: gli stuffers ed i tendons. Gli Stuffers (in Fig-5 consistono nelle 4 barre che uniscono i punto ABCD al punto E) lavorano a compressione e devono essere più rigidi, i tendons (In Fig-5 consistono nelle 4 barre che uniscono i punto ABCD al punto F) lavorano

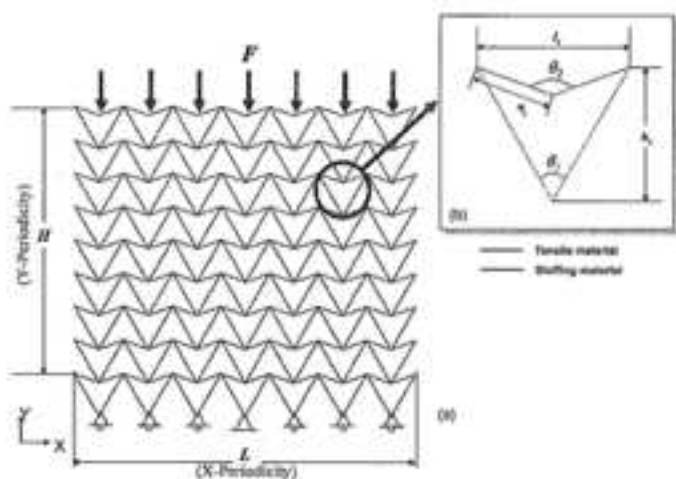


Figure 2

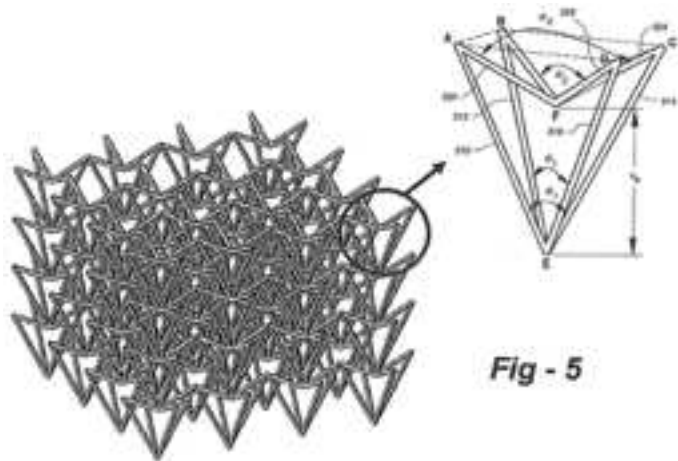


Fig - 5

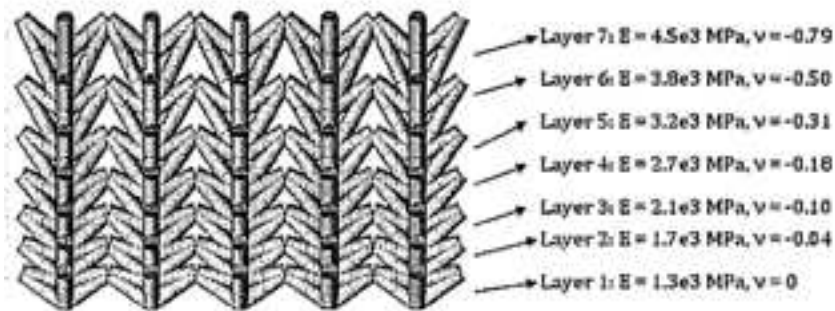


Figure 9B

a tensione, come delle funi, e devono essere più elastici e snelli. Viene proposto, nella configurazione ottimale, di creare i due elementi con lo stesso materiale (acciaio) variandone la sezione: questa idea è, anche se consolidata in campo architettonico/computazionale, molto interessante. Nel brevetto vengono reclamate molte variazioni di forma e materiale.

Come si vede dalla Figure 2 la struttura utilizzata è del tipo planar arrow-heads. Molto interessante è anche il paragrafo [0033] dove gli autori confrontano due maglie composte entrambe dallo stesso numero di cellule, ordinate una volta parallelamente (fig - 5 qui sotto) e un'altra diagonalmente. Una tabella riassume le differenze tra le due orditure e mostra come, al variare della semplice disposizione, la densità ed il modulo elastico dell'insieme varino sensibilmente.

CLAIMS

La struttura mostrata in Figure 2 viene descritta come composta da 4 stuffers, che sono elementi di collegamento tra ABCD ed E, e quattro Tendons, che collegano ABCD ed il punto F. Quando unite su diversi layers, le cellule si collegano in verticale unendo il punto F col punto E, ed in orizzontale accostando AB a CD.

Vengono rivendicate:

- variazioni degli angoli tra stuffers (S) e tendonds (T);
- variazione della lunghezza di S e T;
- variazione della sezione di S e T;
- variazione di accostamento, parallelo o diagonale, della struttura descritta;
- variazione di dimensione delle cellule e di materiale delle cellule;
- la struttura posta tra due pannelli metallici o polimero rinforzato (così da formare un sandwich);
- variazione della geometria o composizione di S e T per migliorare il Modulo di Young dell'insieme, in maniera isotropica o anisotropica;
- la struttura che varia di densità per ogni layer.

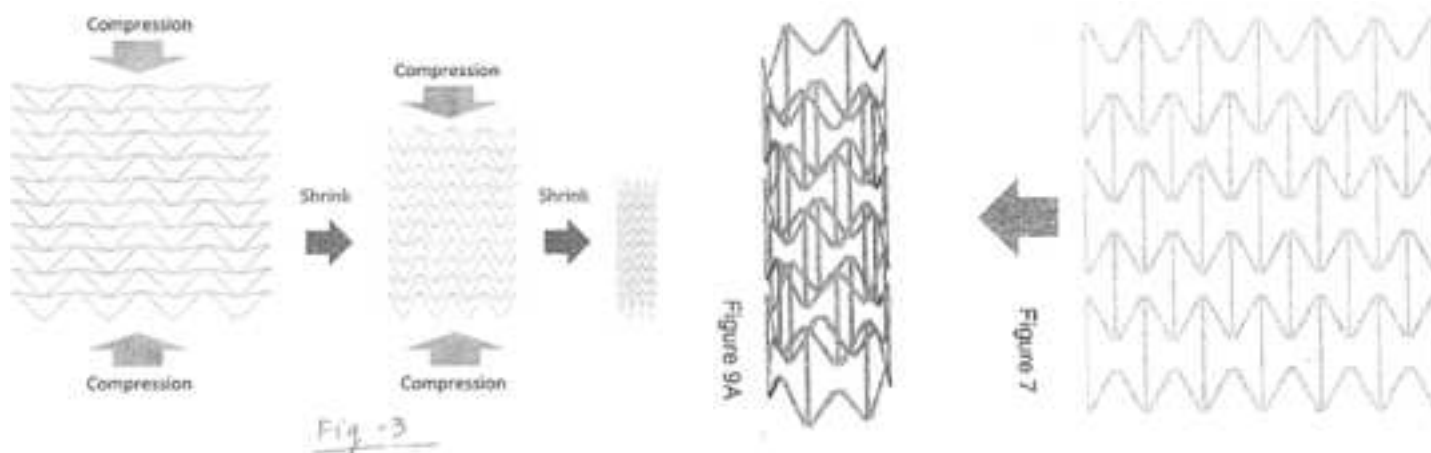
US20110168313



Questo brevetto è stato registrato negli USA nel 2013 e definisce una ruota auxetica senza camera d'aria per vetture. Questa si dice avrebbe migliori caratteristiche tecniche rispetto ad una più tradizionale con la camera d'aria in gomma vulcanizzata. Un miglioramento sarebbe che, grazie alla struttura alveolare auxetica (immagine a sinistra), peserebbe ben la metà.

Sempre Zheng-Dong Ma registra, nel 2011, un altro brevetto intitolato "Auxetic stents" [US20110029063](#) dove usa la stessa struttura di base per defi-

nire delle stents auxetiche. L'invenzione si inserisce quindi nel campo medico/chirurgico, ma viene scritto che la stessa struttura, variandone anche in modo significativo le dimensioni, potrebbe essere usata in nano-strutture, in ganci tubolari e in oleo/gasdotti. Vengono proposte due varianti, una definita V-type ed una X-type.



La prima (qui sopra, Fig-3) non è altro che una struttura ad “arrow-head” (a testa di freccia) bidimensionale; mentre la x-type non è altro che una struttura re-entrant honeycomb bidimensionale (figure 9A e Figure 7). Propongono diverse varianti ottenute intrecciando tra loro le due cellule base e variando, anche in maniera significativa, la geometria di partenza. Come si vede in figura 9A, la struttura avvolta in forma cilindrica definisce uno stent auxetico. Vengono elencati come ipotetici materiali di costruzione l'acciaio inossidabile, leghe metalliche placcate in oro, leghe di titanio, silicone, polietilene, poliuretano, materiali biodegradabili e bio-assorbibili, ecc ecc.

CLAIMS

Non ci sono rivendicazioni interessanti visto che non viene reclamata la struttura auxetica di per se quanto la ruota come elemento composto da più materiali differenti, tra i quali il layer auxetico.

INTENZIONI

Rispetto ad una struttura di tamponamento più tradizionale, xcell deve:

- avere il 90% in meno di materiale;
- avere una resistenza 100 superiore ad un tradizionale elemento architettonico (pannello sandwich);
- permettere più versatilità nelle forme senza aumentare i costi di produzione;
-

XCELL

Introduzione

In potenza, esistono infinite strutture auxetiche in quanto nessuno ha finora dimostrato che queste sono invece limitate. Negli ultimi anni sono state definite un numero di strutture autentiche che si aggira ben al di sotto del centinaio, e nella letteratura esistente sull'argomento si possono trovare

raccolte che cercano di dare una visione d'insieme di questa tipologie di strutture (Liu Y. et Hu H. - 2010).

Una fondamentale distinzione delle strutture auxetiche è sicuramente quella che le ripartisce secondo la geometria, ovvero:

- I. strutture rientranti 2D e 3D;
- II. strutture chirali 2D e 3D;
- III. polimeri e schiume;
- IV. strutture molecolari;
- V. strutture pieghevoli (tipo origami).

X-cell si installa nel campo delle (I) strutture rientranti 3D e/o (V) strutture pieghevoli.

Vista l'importanza del fattore di resistenza di x-cell, ovvero della sua capacità di assorbire e ripartire le forze di carico, si può prendere ispirazioni da precedenti studi e cercare di definire una struttura, grazie a questi, che non sia ancora stata brevettata, o una variante di questa.

Punti forti e deboli delle strutture auxetiche

Le strutture auxetiche hanno diverse caratteristiche (definite in diverse pubblicazioni) tra le quali:

- resistenza alle forze di compressione ed di taglio;
- assorbimento e dissipazione dell'energia;
- resistenza alla deformazione;
- tendenza a creare una curvatura sinclastica quando manipolati.

Se l'ultima caratteristica potrà tornare utile in una successiva fase di progetto, le prime tre caratteristiche elencate sono essenziali nella definizione di X-cell, e vanno massimizzate nella creazione della geometria. Queste tre caratteristiche sono in massima parte dovute al fatto che le strutture auxetiche, dato l'elevato numero di componenti, offrono una elevata capacità di movimento; sono infatti strutture dinamiche (nel campo dei micro-deformazioni) e proprio questa loro capacità le rende così abili nel lavoro di ripartizione e carico delle forze.

Queste loro caratteristica lascia comunque delle perplessità riguardo la reale capacità di queste strutture si sopperire ad elevati carichi, come può essere il carico di un solaio o della struttura stessa quando viene utilizzata nella costruzione di un edificio a più piani. Si potrà sopperire a questo «deficit » in due modi:

- un attento studio sul dimensionamento della sezione delle cellule auxetiche;
- l'utilizzo di cellule non-auxetiche nel punto in cui la struttura richiede maggior carico, che si possano interfacciare in maniera ottimale con le cellule auxetiche, le quali avranno la funzione principale di ripartire le forze e fungere da controventatura.

Sarebbe molto interessante riuscire a trovare il modo di utilizzare solamente cellule auxetiche in X-cell, tuttavia è vero che è anche interessante l'idea di prendere il meglio dalle strutture autentiche e non auxetiche.

Struttura

RIVENDICAZIONI