

# Un nuovo modello di business per lo sviluppo di tecnologie innovative nel settore dei materiali intelligenti

## Il caso delle innovative schiume polimeriche multistrato

La ricerca e la collaborazione tra il mondo scientifico e quello industriale giocano un ruolo sempre più importante nella produzione di tecnologie innovative in grado di attraversare la cosiddetta "Valle della Morte". La Valle della Morte ha inizio quando una tecnologia si trova nella fase in cui ha ancora bisogno di molte risorse/investimenti per diventare un nuovo prodotto ed andare sul mercato. In questa fase, a causa dell'elevato rischio imprenditoriale, spesso non intervengono né il mondo industriale né i Venture Capital. Inoltre, la Valle della Morte è spesso caratterizzata dal fatto che gli investitori hanno difficoltà a confrontarsi con i ricercatori perché non parlano lo stesso linguaggio. Materias s.r.l. ha sviluppato un nuovo modello di business che prevede la presenza in azienda di:

- componenti scientifiche e industriali
  - capitali privati per il lancio di progetti di industrializzazione
  - un ecosistema di esperti internazionali con competenze complementari
  - gruppi di ricerca multisettoriali.
- Materias è così in grado di fornire un con-

tributo decisivo allo sviluppo e alla valorizzazione delle tecnologie, diventando parte attiva del processo di trasferimento tecnologico e di industrializzazione. I suoi fondatori, infatti, oltre ad essere in prevalenza scienziati, hanno anche una formazione imprenditoriale, e questo le permette di interagire, contemporaneamente, con i ricercatori, utilizzando un approccio scientifico, e con gli investitori, utilizzando un approccio basato sul business.

### IL MODELLO MATERIAS

Materias s.r.l. nasce nel 2016, fondata e presieduta dal prof. Luigi Nicolais, già Presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), con l'obiettivo di sviluppare soluzioni innovative nel settore dei "materiali avanzati" per creare nuove attività imprenditoriali partendo da innovazioni scientifiche. Nei primi due anni Materias ha esplorato oltre 700 idee e tecnologie (fig. 1) nel settore dei materiali innovativi, dal settore life science al settore del cultural heritage, dall'ingegneria civile al settore alimentare, dall'assistenza sanitaria ai trasporti. Questo approccio le ha permesso di costruire un eco-

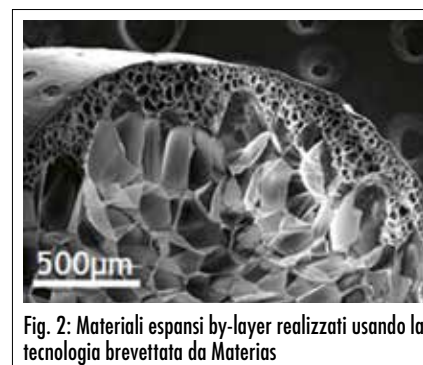


Fig. 2: Materiali espansi by-layer realizzati usando la tecnologia brevettata da Materias

sistema dell'innovazione avviando collaborazioni con eccellenti strutture di ricerca pubblica e privata, sia nazionali che internazionali. Analizzando le tecnologie e dialogando alla pari con i ricercatori, Materias ha creato delle piattaforme tecnologiche, depositando come proprietaria o co-inventore, 19 domande di brevetto nazionali di cui 5 PCT internazionali. Una delle tecnologie più interessanti e promettenti, sviluppata in collaborazione con l'Università degli Studi di Napoli "Federico II", è un processo per realizzare dei sistemi polimerici continui, a gradiente di porosità, con una distribuzione della morfologia delle cellule e delle densità (fig. 2).

### SCHIUME POLIMERICHE MULTISTRATO

I polimeri termoplastici espansi stanno guadagnando un interesse crescente in vari settori applicativi grazie alle loro elevate prestazioni specifiche ed al basso costo. L'ampia disponibilità di polimeri espandibili e la possibilità di controllarne, in fase espansa, le caratteristiche in termini di densità e geometria dei pori, permettono di progettare sistemi in funzione di specifiche esigenze applicative. Al giorno d'oggi le schiume sono ampiamente utilizzate nell'industria del suono e dell'i-

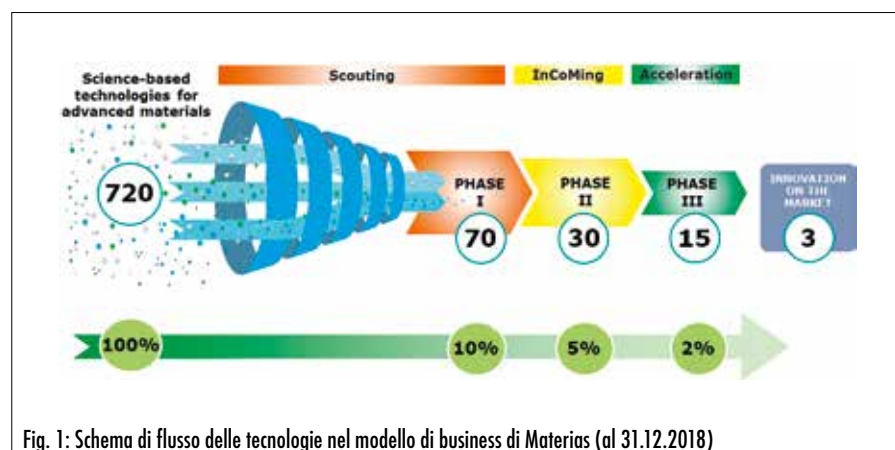


Fig. 1: Schema di flusso delle tecnologie nel modello di business di Materias (al 31.12.2018)

solamento termico, nonché nel packaging e nella protezione da impatti, dove hanno dimostrato prestazioni ineguagliabili rispetto ad altri materiali. In queste applicazioni, lo stress di natura termica, acustica o meccanica ha una direzione preferenziale [1], il che significa che quando raggiunge strutture non uniformi (graduate, stratificate o multistrato) in termini di densità e/o morfologia dei pori, si possono ottenere migliori performance rispetto ai sistemi espansi tradizionali [2-6]. La natura, ad esempio, ha sviluppato diversi tipi di materiali con porosità variabili: le conchiglie dei molluschi, il legno, i denti e le ossa, sono tutti materiali porosi che sono stati ottimizzati nell'arco delle centinaia di milioni di anni di evoluzione [7] e hanno una porosità complessa, con pori orientati nella direzione di carico e pareti più spesse dove le condizioni di carico sono più severe. Imitare queste strutture rappresenta un grande potenziale, ma la produzione di tali strutture leggere e rigide è ostacolata da problemi pratici e tecnologici. Negli ultimi anni, infatti, sono stati introdotti diversi metodi per ottenere schiume a gradiente di porosità: l'incollaggio di strati a diversa porosità, la manifattura additiva e la stampa 3D [8-9] si sono rivelati utili per lo studio e la caratterizzazione di sistemi porosi multi-graded, ma il loro scale-up industriale è difficile a causa della complessità del processo, adatto, al momento, solo per la produzione di piccoli lotti.

In questo contesto, Materias ha recentemente introdotto e brevettato (PCT/IB2019/050068) un nuovo metodo per la produzione di schiume multistrato mediante alcune semplici modifiche della tradizionale tecnologia di espansione del gas, già utilizzata da decenni nelle grandi produzioni di schiume omogenee standard. La procedura prevede pochi semplici passaggi: la temperatura viene aumentata fino ad arrivare alla fusione del polimero e, con la pressurizzazione dell'agente schiumogeno (tipicamente un gas come l'azoto o l'anidride carbonica, preferiti per la loro non tossicità e basso costo) e la diffusione del gas nel polimero, si produce un sistema polimero/gas. In questo processo, il tempo di assorbimento necessario affinché si raggiunga l'equilibrio termodinamico e la completa saturazione della soluzione (raggiungimento di una concentrazione di gas spazialmente uniforme),  $T_d$ , dipende dalla diffusività della fase gassosa nella matrice polimerica ( $D$ ) e dalla dimensione caratteristica del pezzo ( $L$ ):  $T_d = L^2/D$ . Successivamente, la pressione del gas viene rilasciata provocando la nucleazione e successivamente la crescita delle bolle. Il numero e la dimensione delle bolle dipendono dalla concentrazione del gas, dalla temperatura di schiumatura e dalla velocità di evacuazione del gas. Per produrre

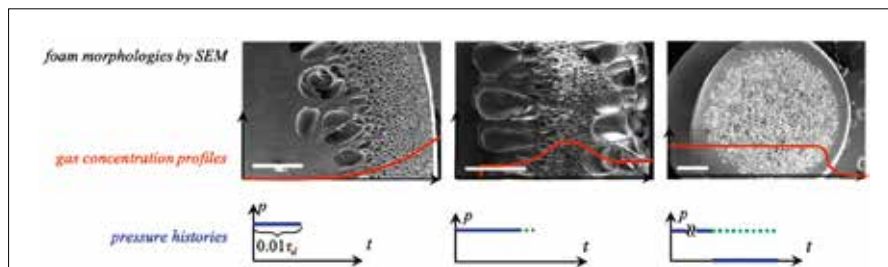


Fig. 3: Confronto tra sistemi espansi a gradiente di porosità ottenuti con i profili di concentrazione e pressione riportati

una schiuma non omogenea è sufficiente non raggiungere l'equilibrio, vale a dire una concentrazione di gas costante, e rilasciare la pressione prima del raggiungimento di  $T_d$ , oppure, ed è questo il nostro elemento di innovazione, si può agire variando la pressione del gas durante lo stadio di assorbimento. Infatti, progettando ingegnosamente la cronologia della pressione del gas, è possibile ottenere qualsiasi profilo di concentrazione del gas [10]. La figura 3 mostra un confronto tra una schiuma omogenea e a gradiente, risultante da diversi profili di concentrazione di gas (anch'essi presenti in figura) evidenziando la stretta correlazione tra la morfologia della schiuma e la concentrazione locale di gas. In figura sono riportate anche le storie di pressione che provocano i corrispondenti profili di concentrazione. Naturalmente, è possibile modellare e progettare in modo specifico le strutture multi-graded, poiché il processo di assorbimento è caratterizzato da un singolo numero adimensionale,  $\Pi = DT/L^2 = L/\delta$ , che è il rapporto tra il periodo di variazione di pressione,  $T$  e  $T_d$ , equivalentemente, il rapporto tra la dimensione caratteristica del campione ( $L$ ) e la profondità di penetrazione del gas ( $\delta = \sqrt{DT}$ ). Tralasciando il gradevole aspetto estetico di tali morfologie, la struttura multigradiente conferisce alla schiuma proprietà non banali se, ad esempio, viene sottoposta ad un carico di compressione. La figura 4 riporta il comportamento a compressione di una schiuma omogenea e di due schiume multi-graded, in termini di curve sforzo-deformazione, tutti caratterizzati dalla stessa densità media dei pori: una schiuma omogenea (linea nera), una schiuma a gradiente in cui passando dal nucleo alle superfici si riduce la dimensione dei pori (linea rossa) e una schiuma a gradiente con porosità unidirezionale lungo lo spessore del campione (linea blu). I risultati dei test a compressione dimostrano che le schiume con morfologie diverse hanno risposte diverse quando compresse e che è possibile, quindi, progettando opportunamente la struttura, controllarne le proprietà meccaniche finali per specifiche esigenze applicative. In conclusione, il metodo appena descritto permette di produrre schiume a gradiente di porosità, variando la pressione durante la fase di assorbimento del gas ed ottenendo così una serie di profili di concentrazione del gas, che al rilascio della pressione restituiscono una serie di morfologie di schiume multistrato e, infine, una serie di proprietà meccaniche (non scontate).

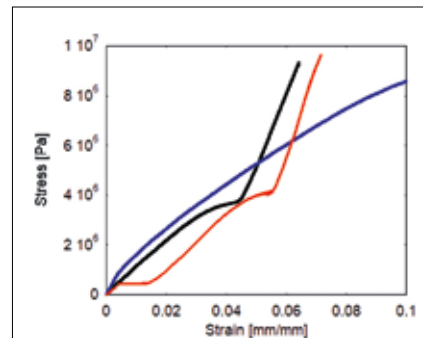


Fig. 4: Proprietà a compressione di una schiuma omogenea (linea nera) e di due schiume multi-graded (linea rossa e blu)

#### BIBLIOGRAFIA/REFERENCES

- [1] Davoud Jahani, Aboutaleb Ameli, Mehdi Saniei, Weidan Ding, Chul B. Park, Hani E. Nagaib Characterization of the Structure, Acoustic Property, Thermal Conductivity, and Mechanical Property of Highly Expanded Open-Cell Polycarbonate Foams, *Macromol. Mater. Eng.* 2015, 300, 48–56
- [2] Cui et al., Designing the energy absorption capacity of functionally graded foam materials, *Materials Science and Engineering: A*, 2009, 507, 215-225
- [3] Kiernan et al., Propagation of a stress wave through a virtual functionally graded foam, *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 2009, 44, 456-468
- [4] Mosanenzadeh et al., Design and development of novel bio-based functionally graded foams for enhanced acoustic capabilities, *Journal of Materials Science*, 2015, 50, 1248–1256
- [5] Limmahakhun et al., Stiffness and strength tailoring of cobalt chromium graded cellular structures for stress-shielding reduction, *Materials & Design*, 2017, 114, 633-641
- [6] Venkataraman et al., Optimal Functionally Graded Metallic Foam Thermal Insulation, *AIAA Journal*, 2004, 42, 2355-2363.
- [7] M.A. Meyers, J. McKittrick, P. J. Chen, Structural biological materials: critical mechanics-materials connections, *Science*, 2013, 339, 773–779.
- [8] Behrad Koohbor, Addis Kidane. Design optimization of continuously and discretely graded foam materials for efficient energy absorption, *Materials and Design*, 2016, 102:151-161
- [9] Ian Maskery, Alexandra Hussey, Ajit Parnesar, Adedeji Aremu, Christopher Tuck, Ian Ashcroft and Richard Hague, An investigation into reinforced and functionally graded lattice structures, *Cellular Plastics*, 2017, 53, 151-165.
- [10] M. Trofa, E. Di Maio, P.L. Maffettone 'Multi-graded foams upon time-dependent exposition to blowing agent', *Chemical Engineering Journal*, 2019, 362, 812-817