



***Xenia Materials, in collaborazione con lo Sport Technology Lab dell'Università di Bologna, ha sviluppato un innovativo test per analizzare ed ottimizzare le proprietà di rimbalzo e smorzamento dei materiali rinforzati con fibra di carbonio.***

*Il nuovo studio ha dimostrato che è possibile scegliere materiali compositi termoplastici su misura per applicazioni specifiche, con le desiderate caratteristiche di rimbalzo e smorzamento, selezionando la giusta combinazione di fibre (quantità e tipo) e di matrice polimerica.*

I polimeri rinforzati con fibre sono maggiormente utilizzati nelle attrezzature sportive rispetto ai polimeri non rinforzati, grazie alle loro superiori proprietà meccaniche. Inoltre, questa classe di materiali compositi offre vantaggi significativi in termini di lavorazione e riciclabilità rispetto ai compositi a base di termoindurenti.

Un'altra caratteristica piuttosto unica dei polimeri rinforzati con fibre, è la possibilità di utilizzare un'ampia gamma di combinazioni di matrici polimeriche (con proprietà viscoelastiche completamente diverse) e di contenuti e tipi di fibra.

Questo consente di ottenere un numero molto elevato di materiali con una vasta gamma di proprietà meccaniche e viscoelastiche, permettendo quindi di ottimizzare la scelta del materiale per una specifica applicazione.

## **Caratteristiche dei materiali**

Le caratteristiche fisiche fondamentali che determinano la scelta dei materiali adatti alle applicazioni sportive sono:

- Rapporto rigidità/peso
- Sforzo e deformazione alla rottura
- Resistenza agli urti
- Velocità di ritorno elastico (rimbalzo)
- Capacità di smorzamento delle vibrazioni
- Variazione della rigidità in funzione della temperatura

Mentre le prime 3 caratteristiche sono state ampiamente studiate e riportate per i compositi a base polimerica, le ultime 3 sono generalmente poco analizzate. Eppure, queste proprietà hanno effetti significativi sulle prestazioni sportive. Infatti, gli sport vengono praticati con applicazioni cicliche di forze e il rimbalzo ha un impatto rilevante sulle prestazioni sportive, ad esempio nello sci e nella corsa. D'altra parte, lo smorzamento delle vibrazioni influisce notevolmente su controllo, comfort e prestazioni in discipline come il ciclismo e lo sci.

Generalmente si crede che un materiale con un rapido rimbalzo non offra buone proprietà di smorzamento. Questa supposizione non è sempre vera per i materiali compositi, poiché le proprietà di rimbalzo e smorzamento dipendono sia dal tipo di fibra sia dalle caratteristiche della matrice utilizzata. Inoltre, molti sport vengono praticati all'aperto in condizioni di temperatura variabili.

### **Un metodo innovativo per testare proprietà specifiche**

Tutti i materiali a base polimerica aumentano la loro rigidità abbassando la temperatura a causa della ridotta mobilità segmentale delle catene polimeriche. Allo stesso tempo, la relazione rigidità/temperatura dipende dalla struttura chimica e fisica del polimero.

Poiché queste caratteristiche vengono generalmente trascurate, in collaborazione con lo Sport Technology Lab dell'Università di Bologna, Xenia ha sviluppato un metodo innovativo per testare queste proprietà. Inoltre, è stato creato un sistema di classificazione per fornire ai clienti un'indicazione del rimbalzo, dello smorzamento e della dipendenza dalla temperatura dei loro compositi a base polimerica.

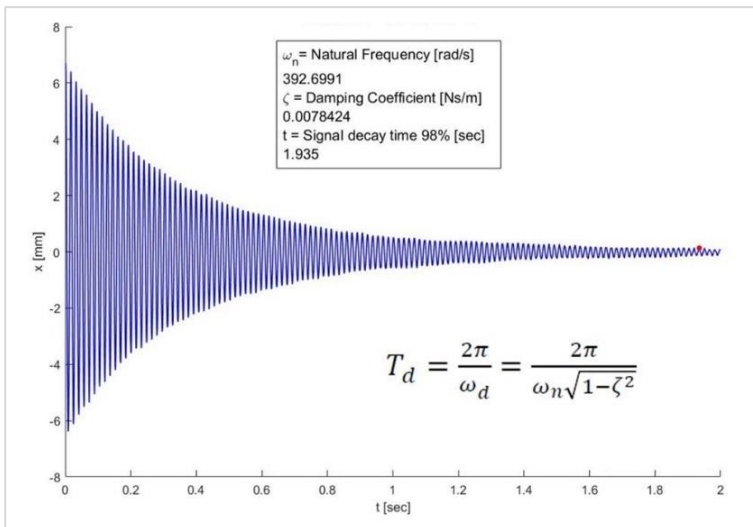
Per questo scopo è stato sviluppato e realizzato un nuovo metodo per misurare le caratteristiche di rimbalzo e smorzamento dei materiali compositi. Il sistema blocca una parte del campione alla base, mentre la parte superiore è piegata con un cavo collegato a una macchina di prova di trazione capace di misurare lo spostamento e la forza applicata. Una volta ottenuta una certa deflessione, il campione viene rilasciato e la curva di smorzamento (posizione vs tempo) viene misurata utilizzando un rilevatore laser che registra a 1 kHz.



**Figure 1:** particular of the test bench used for the test

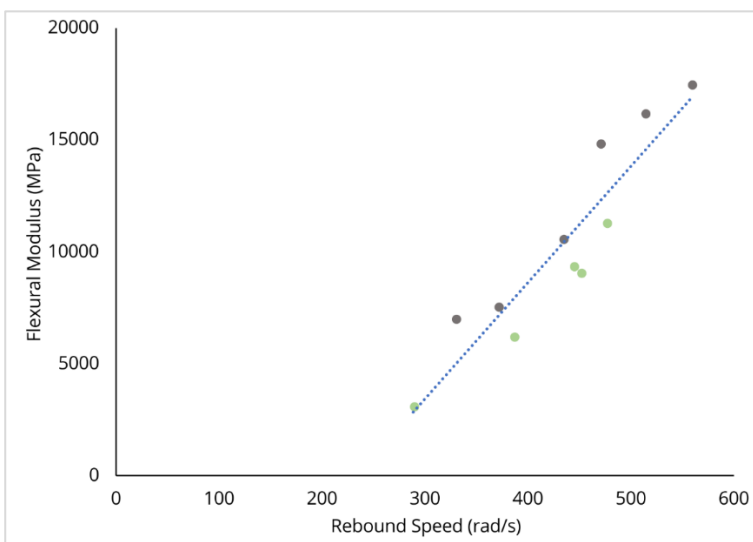
## Risultati dei test

Le curve di smorzamento sono state interpolate utilizzando un modello di secondo ordine con una risposta sinusoidale, che permette di ottenere il coefficiente di smorzamento e la frequenza naturale (Figura 2).



**Figura 2:** Curva tempo/spostamento di un materiale composito in fibra di carbonio con la formula utilizzata per determinare la frequenza naturale e il coefficiente di smorzamento.

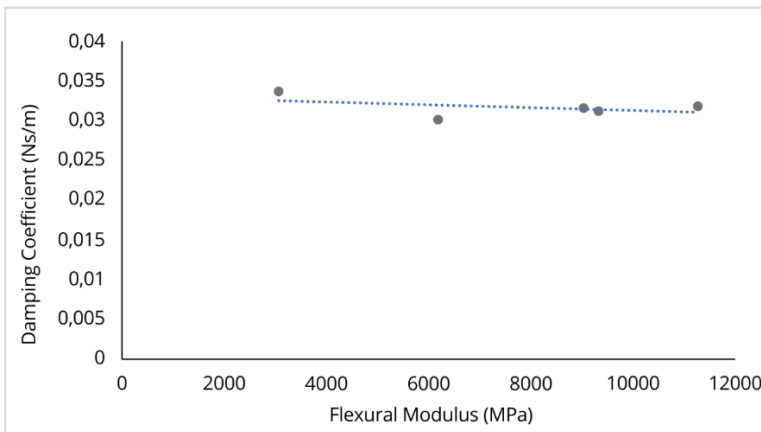
La velocità di ritorno elastico (rimbalzo) è stata valutata sulla base della frequenza naturale misurata durante il test. La Figura 3 mostra l'effetto del modulo di flessione sulla velocità di rimbalzo. È possibile osservare una correlazione lineare tra rigidità e velocità di rimbalzo, che non dipende dalla matrice polimerica del composito.



**Figura 3:** Modulo di flessione vs velocità di rimbalzo dei compositi a base di PA6 (verde) e PEBA (grigio).

Questo ci permette di affermare che la velocità di rimbalzo desiderata può essere ottenuta modulando la rigidità, che può essere raggiunta variando la quantità e il tipo di fibre nel composito.

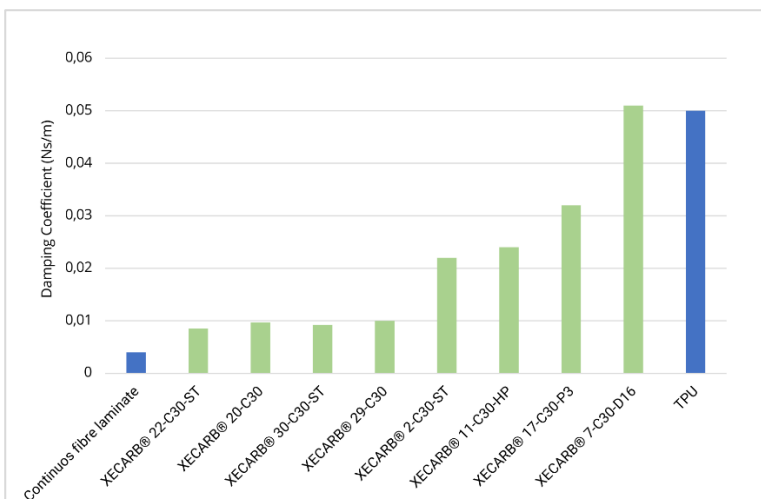
La capacità di smorzamento vibratorio è stata valutata sulla base del coefficiente di smorzamento determinato dalle curve tempo/spostamento (Figura 4).



**Figura 4:** Coefficiente di smorzamento vs modulo di flessione dei compositi a base di PEBA.

È stato riscontrato che lo smorzamento dipende dal tipo di matrice e non è influenzato dalla rigidità del materiale per tutti i tipi di matrici analizzate.

Sono state osservate differenze significative cambiando la matrice (Figura 5), con caratteristiche di smorzamento che possono variare tra quelle di un TPU standard (con elevato smorzamento delle vibrazioni) e quelle di un laminato di fibre continue (con basso smorzamento delle vibrazioni).

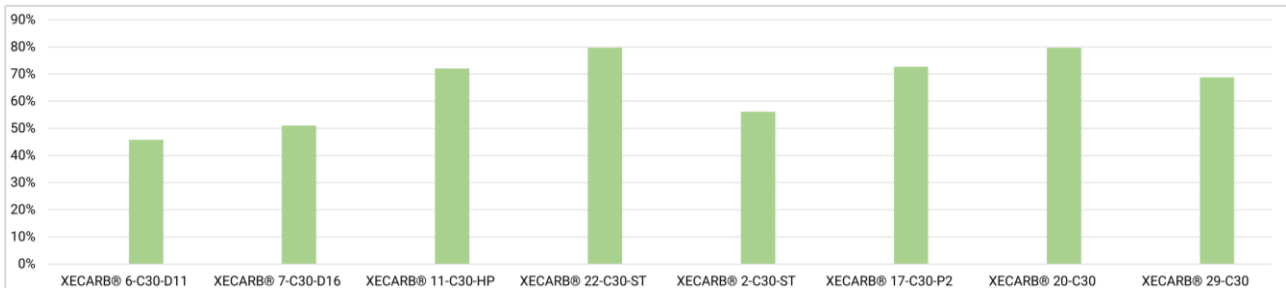


**Figura 5:** Coefficiente di smorzamento per compositi con il 30% di contenuto di fibra di carbonio e diverse matrici polimeriche.

Gli sport all'aperto vengono praticati a temperature molto diverse. Tutti i materiali diventano progressivamente più rigidi a mano a mano che la temperatura diminuisce, ma con ampiezze diverse. Per valutare la rigidità in funzione della temperatura, sono state eseguite analisi DMTA in un intervallo che va da -40°C a 80°C. Abbiamo scoperto che il comportamento rigidità vs temperatura dipende quasi

completamente dal tipo di matrice polimerica utilizzata e solo in misura molto minore dal tipo e dalla quantità di fibra utilizzata.

Come esempio, la Figura 6 mostra la variazione della rigidità tra -10°C e +23°C, dimostrando che una differenza del 35% può essere ottenuta cambiando la matrice polimerica. Questo è un chiaro segnale che, utilizzando l'analisi DMTA, è possibile scegliere il materiale con la variazione desiderata della rigidità nell'intervallo di temperatura di utilizzo.



**Figura 6:** Confronto tra il modulo di trazione a 23°C e a -10°C per compositi con il 30% di fibre di carbonio e diverse matrici polimeriche.

## Conclusioni

Questo studio, realizzato dalla collaborazione tra lo Sport Technology Lab dell'Università di Bologna e Xenia, ha dimostrato il grande potenziale dei compositi a base di polimeri termoplastici nella produzione di attrezzature sportive.

Si tratta di un'applicazione in cui sono richieste caratteristiche specifiche di rimbalzo, smorzamento e rigidità che variano con la temperatura. Per questo motivo, Xenia ha iniziato a fornire questi dati per aiutare i clienti a selezionare i migliori materiali per le loro applicazioni specifiche.

I risultati ottenuti dimostrano chiaramente che è possibile progettare materiali per applicazioni specifiche, con le caratteristiche di rimbalzo e smorzamento desiderate, scegliendo il tipo e la quantità corretti di fibre combinati con la matrice adeguata. Questo perché il rimbalzo è regolato dalla rigidità del materiale composito, mentre lo smorzamento è determinato dal tipo di matrice polimerica utilizzata.