

4.6 Caratterizzazione meccanica di schiuma sintattica poliuretanica a medie velocità di deformazione

I test a media velocità di deformazione presentano problematiche che si collocano in posizione intermedia tra quelle inerenti i test quasi statici ed quelle inerenti test eseguiti su Hopkinson Bar ad elevata velocità di deformazione. Infatti, come si osserva per i test ad elevata velocità di deformazione l'effetto di propagazione delle onde e gli effetti dovuti alle vibrazioni non possono essere trascurati. A differenza dei test ad elevato strain rate l'effetto di propagazione delle onde e le vibrazioni insite all'utilizzo degli equipaggiamenti sperimentali non influenzano in maniera sensibile l'uniformità degli stress all'interno del materiale testato per cui può essere accettata l'approssimazione di uniformità degli stress all'interno del provino. I fenomeni vibrazionali e di propagazione delle onde influenzano invece i segnali acquisiti (essenzialmente forza e spostamenti misurati) che risultano sensibilmente meno regolari di quanto non avvenga per i test in regime quasi statico.

Gli equipaggiamenti di norma utilizzati per tale regime di velocità di deformazione sono macchine servo idrauliche ad elevata velocità o "drop towers" che sfruttano l'energia cinetica posseduta da un peso in caduta da una determinata altezza.

Per i test effettuati a tale regime di velocità di deformazione si è utilizzato un equipaggiamento composto da:

- Macchina servo idraulica ad elevata velocità con capacità di carico fino a circa 20 KN
- Faretti di illuminazione
- Talecamera ad elevato frame rate Vision Reserch Phantom caratterizzata da un frame rate massimo pari a 10670 fps
- Centralina di controllo della macchina idraulica utilizzata
- Cella di carico ad elevata sensibilità connessa alla macchina idraulica
- Amplificatore ad elevata frequenza di acquisizione
- Oscilloscopio

La cella di carico è collegata tramite cavo Tuchel a 5 pin all'amplificatore ad elevata frequenza di acquisizione il quale è collegato, tramite cavo coassiale all'oscilloscopio tramite il quale vengono registrati i segnali elettrici misurati dagli estensimetri posti sulla cella di carico.

La centralina di controllo della macchina idraulica utilizzata è composta da due sezioni: una sezione "statica" attraverso la quale è possibile regolare la posizione delle connessioni della macchina stessa con le estremità superiore e inferiore del provino, ed una sezione dinamica attraverso la quale è possibile regolare lo spostamento relativo tra le estremità del provino da compiere ed in quanto tempo tale spostamento deve essere effettuato.

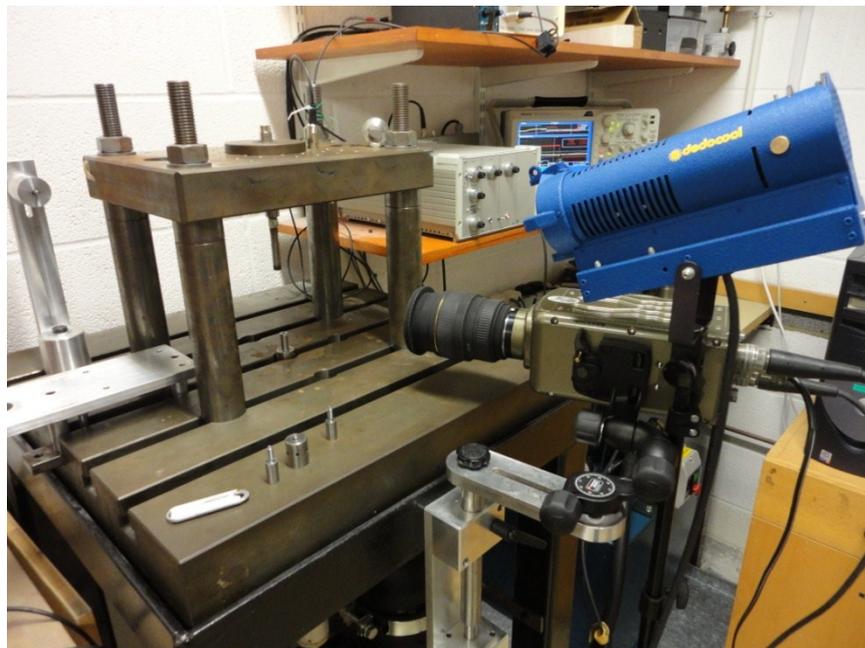


Figura H.23 – macchina idraulica ad elevata velocità e telecamera Vision Research Phantom

Allo scopo di effettuare il trigger della telecamera Vision Research Phantom utilizzata e visualizzare il momento in cui il trigger avviene si è connessa, attraverso cavo coassiale, la sezione dinamica della centralina all'oscilloscopio inviando a quest'ultimo il segnale di spostamento dell'estremità inferiore del provino ed effettuando l'azionamento della telecamera rispetto a questo. Per visualizzare il

momento in cui avviene l'azionamento si è inoltre connessa l'uscita ausiliaria dell'oscilloscopio con uno dei canali dell'oscilloscopio inviando contemporaneamente (attraverso giunzione a T) il segnale alla fotocamera Vision Research Phantom.

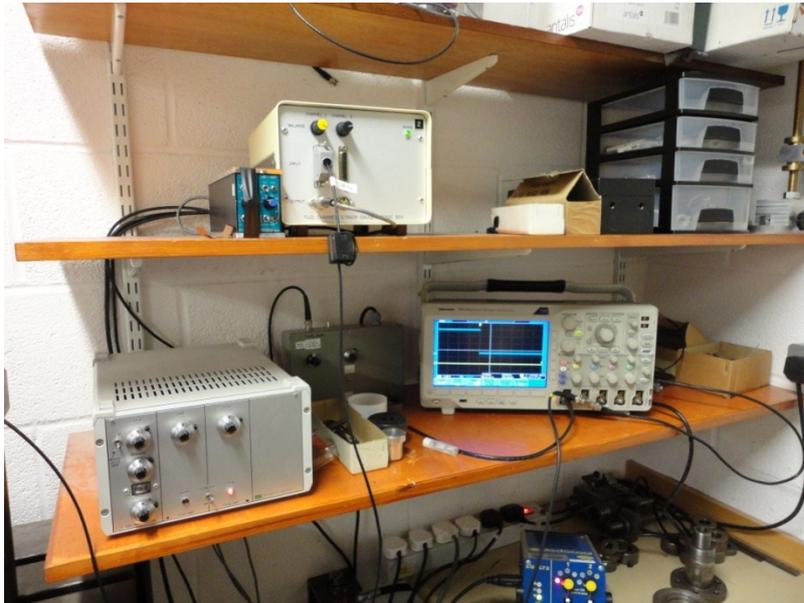


Figura H.24 – Catena di misura utilizzata durante i test effettuati a media velocità di deformazione

I fattori di amplificazione e calibrazione che caratterizzano la cella di carico utilizzata sono:

- fattore di amplificazione: 1000
- fattore di calibrazione: $6.19 * 10^{-7}$ V/N

Si sono utilizzati, per i test in compressione provini cilindrici di diametro pari a 4 mm ed altezza pari a 6 mm mentre (1 dei test è stato effettuato su provino di diametro pari a 6 mm ed altezza pari a 5 mm per verificare l'indipendenza del comportamento del materiale dalle dimensioni) mentre per i provini in trazione si sono utilizzati provini ad osso di cane analoghi a quelli utilizzati nel corso dei test in regime quasi statico (vedi appendice: APP_01) aventi diametro pari a 4 mm, gauge

length pari a 8 mm, filettature di tipo metrico M10 e raggio di raccordo tra la gauge length e le estremità filettate pari a 10 mm.

I parametri dinamici tempo e spostamento imposto per i test in trazione ed in compressione valgono rispettivamente:

- spostamento compressione: 3 mm
- tempo di spostamento compressione: 50 ms
- spostamento trazione: 3.5 mm
- tempo di spostamento trazione: 35 ms

Per cui le gli strain rate impostati secondo le due direzioni di carico valgono, secondo la:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\Delta l}{l} \frac{1}{t} \quad (\text{H.2})$$

(In cui Δl rappresenta lo spostamento imposto, l rappresenta l'estensione della gauge length e t il tempo in cui avvengono gli spostamenti) rispettivamente 7.14 s^{-1} per i test in compressione e 12.5 s^{-1} per i test in trazione:

Si riportano di seguito le caratteristiche tensione – deformazione ingegneristiche ed alcuni frame relativi alle sequenze fotografiche effettuate durante i test. Ognuna delle curve riportate è stata ottenuta sincronizzando i segnali elettrici provenienti dalla cella di carico utilizzata (trasformate in termini di forze e quindi in tensioni attraverso il coefficiente di calibrazione riportato) con le deformazioni calcolate attraverso l'analisi delle immagini registrate, i cui istanti di scatto sono riportati in ciascuna di queste ultime.

Come è possibile notare le curve caratteristiche in tensione presentano una visibile dispersione ed un andamento non completamente regolare, ciò è dovuto alla natura stessa del materiale ai bassi regimi di velocità di deformazione (anche in regime quasi statico le curve caratteristiche ottenute presentano una certa dispersione) ed alle vibrazioni cui la macchina di prova è soggetta durante il funzionamento che determina la non perfetta regolarità dei risultati ottenuti.

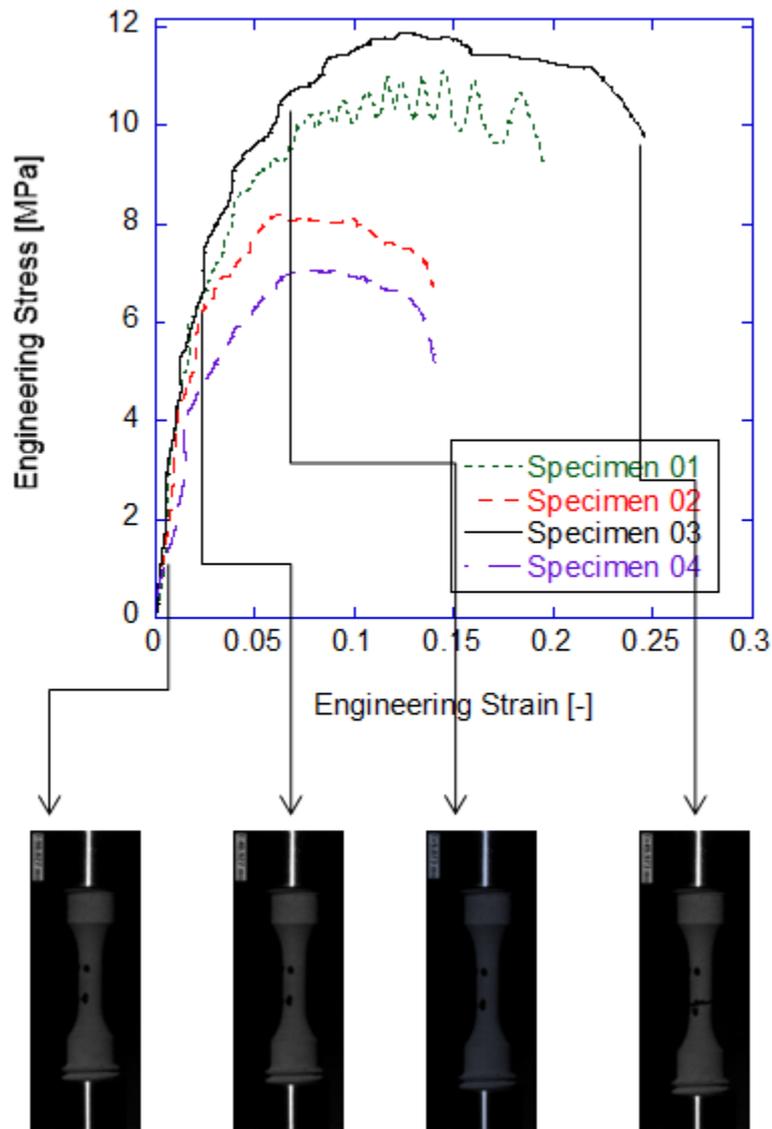


Figura H.25: caratteristiche tensione deformazione in tensione a media velocità di deformazione della schiuma sintattica oggetto di studio

Le caratteristiche in compressione, come già visto per i test in regime quasi statico, sono caratterizzate da una maggiore ripetibilità seppur presentando un andamento leggermente frastagliato connesso ai fenomeni vibrazionali legati alla macchina di prova utilizzata.

In entrambe le direzioni di carico è già possibile l'effetto dello strain rate in termini di incremento di resistenza del materiale sia in trazione che in compressione. I valori della tensione di picco in tensione passano infatti da valori compresi tra 4 e 7 MPa ri

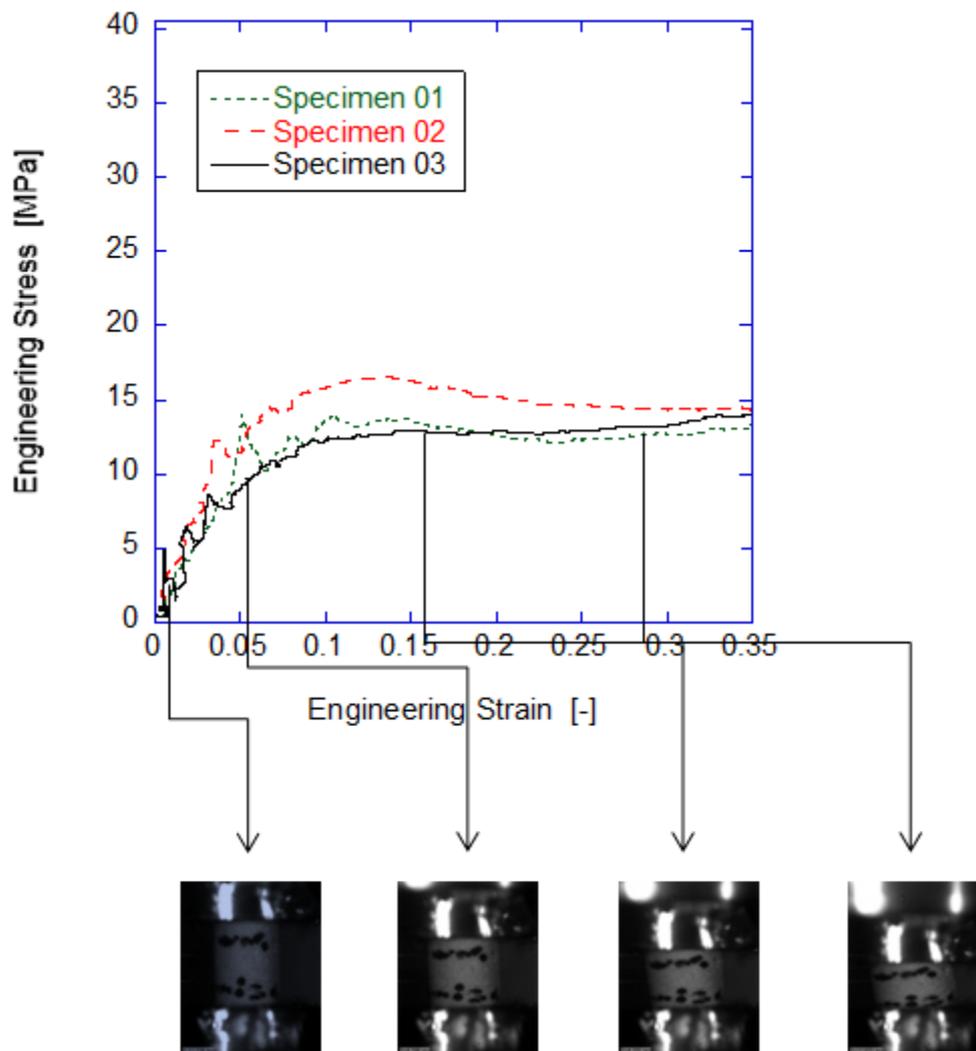


Figura H.26: caratteristiche tensione deformazione in compressione a media velocità di deformazione della schiuma sintattica oggetto di studio

a valori compresi tra 7 ed i 12 MPa mentre la tensione di cedimento plastico in compressione si porta da valori compresi tra 10 e 10,56 MPa a valori compresi tra i 13 ed i 16,5 MPa.

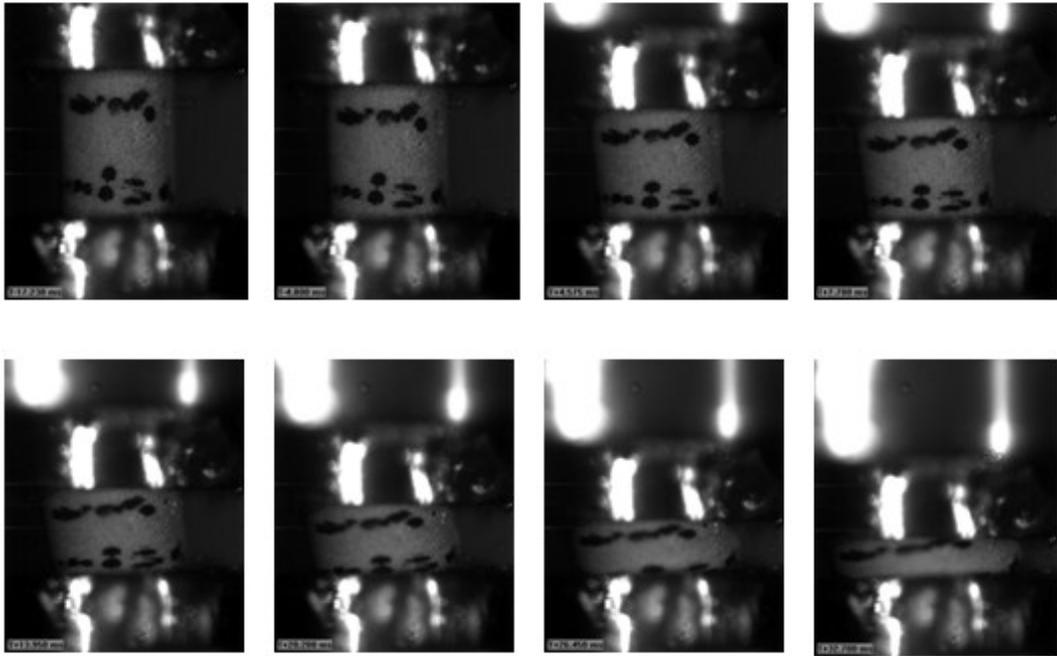


Figura H.27: sequenza di alcuni frame significativi eseguiti durante un test di compressione a media velocità di deformazione sulla schiuma sintattica oggetto di interesse

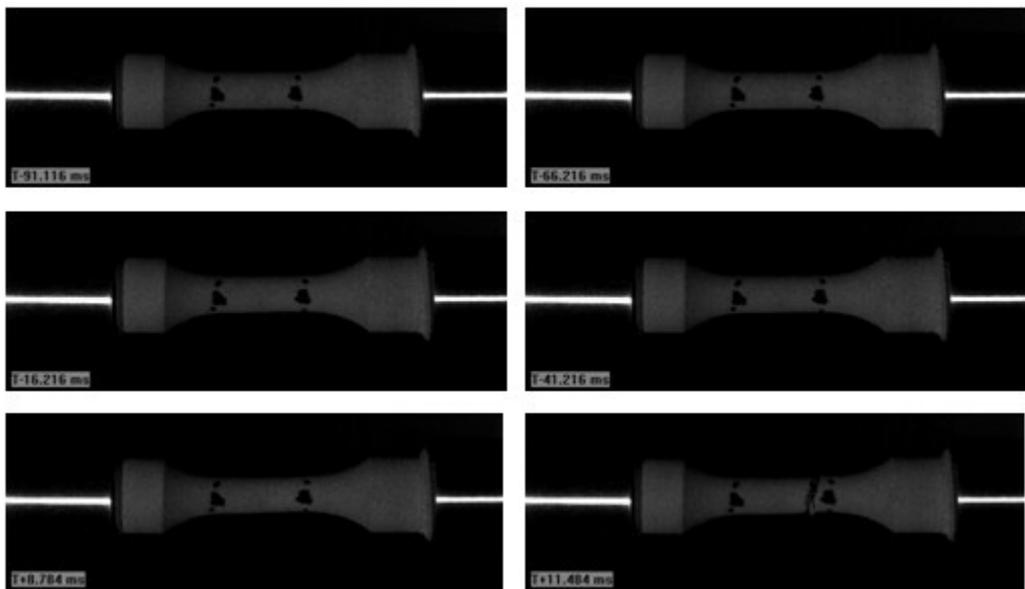


Figura H.28: sequenza di alcuni frame significativi eseguiti durante un test in trazione a media velocità di deformazione sulla schiuma sintattica oggetto di interesse