REALIZZAZIONE DI UN DISPOSITIVO DI PROVA INNOVATIVO PER LA PROGETTAZIONE “CRASHWORTHINESS” DI AEROMOBILI

CUP E86J20000420005

Partners

Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"

Industria Lavorazioni Meccaniche – I.L.M. di Aprilia (LT)

Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale

Parco Scientifico e Tecnologico del Lazio Meridionale – Pa.L.Mer.

PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO

Background

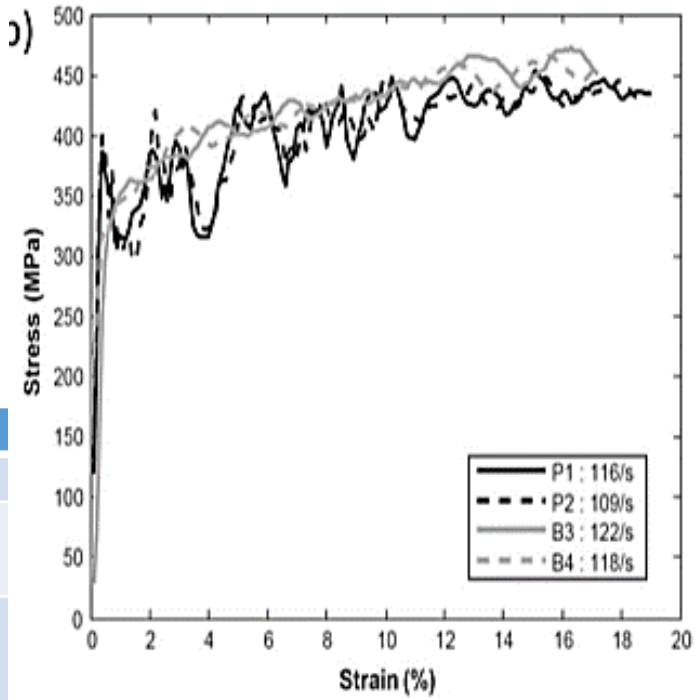
- Crashworthiness è l'abilità di una struttura di resistere ad un impatto
- Nel modo aeronautico: si intende l'abilità di una struttura aeronautica di proteggere gli occupanti dai danni provocati dall'evento di impatto
- I danni possono essere raggruppati in tre gruppi:
  - Eccessive forze di accelerazione;
  - Trauma dovuto all'impatto con superfici pericolose
  - Esposizione a fattori ambientali dannosi (fuoco, sostanze chimiche, fumo, acqua, …)
- Crashworthiness Design è la progettazione di una struttura in modo tale da mitigare il più possibile le cause di danno per un dato evento di impatto
- La Crashworthiness Design riguarda:
  - La progettazione del cabina di pilotaggio e della cabina dei passeggieri
  - La progettazione dei seggiolini e dei sistemi di ritenuta
  - La progettazione di adeguati sistemi di ritenuta dell'energia
  - ….

Background

- Per quanto concerne l'abito strutturale gli eventi di impatti, rispetto ai quali è necessario la Crashworthiness Design, richiedono la conoscenza della resistenza dei materiali a velocità di deformazione comprese tra 1 e 500/s
- In questo intervallo di velocità di deformazione gli effetti inerziali e di propagazione delle onde di sforzo non possono essere trascurati

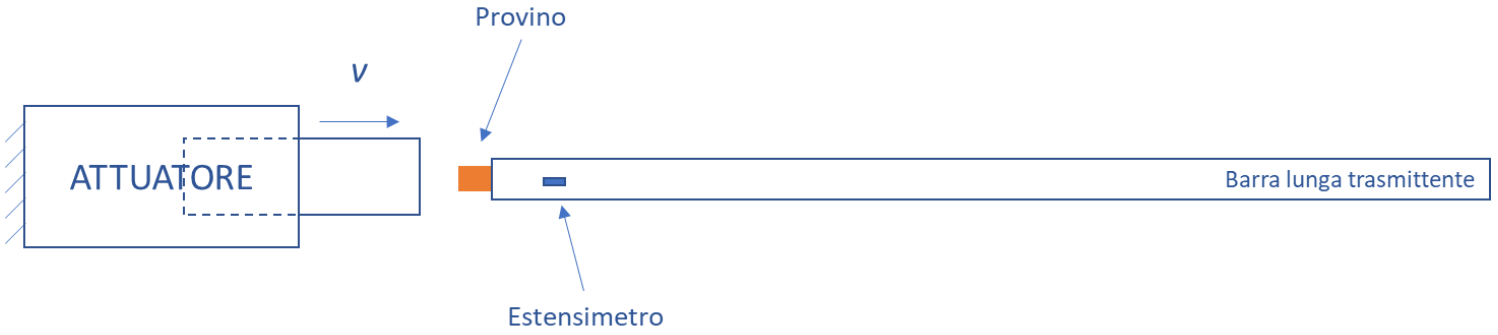
- Dispositivi di prova comunemente utilizzati:

Tipologia di prova	Velocità di deformazione applicata (1/s)		
	Bassa (<10/s)	Intermedio (10-10^3/s)	Alto >10^3
Compressione	Macchine di prova convenzionali universali	MTS, Shimadzu, Instron, etc., Special Servo hydraulic load frames, drop tower, Flywheel device	Split Hopkinson pressure bar, Gas gun, Taylor impact test
Trazione			Split Hopkinson bar in tension, Flyer plate, expanding ring
Taglio	Macchine per prova di torsione sevoidrauliche tradizionali	-	Compressive/tensile shear apparatus, Hopkinson Klosky bar in torsion



Scopo del progetto

- Progettare e realizzare un dispositivo che permetta di eseguire prove di compressione tra 10 e 100/s eliminando i riverberi dovuti alla sovrapposizione delle onde di sforzo
  - Facilità di controllo del test
  - Affidabilità e accuratezza delle grandezze misurate (Forza e spostamento nel tempo)
- Costruire un database di proprietà per una selezione di materiali di interesse aeronautico comprensivo di materiali ottenuti con tecniche di manifattura additiva;
- Sviluppare una modellazione, basata sull'uso combinato di test sperimentali e simulazione numerica, per la previsione dell'effetto della velocità di deformazione sulla risposta del materiale nel campo di applicazione di interesse aeronautico a supporto al Crashworthiness Design

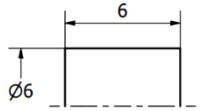


Criticità

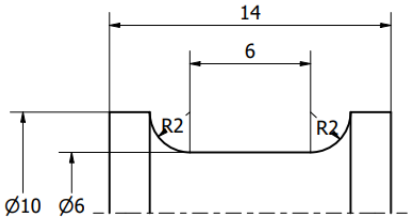
- Geometria del provino:
  - Carico massimo richiesto per lo schiacciamento
  - Attrito all'interfaccia tra provino e dispositivo
  - Sistema di sospensione del provino tra le barre del dispositivo
- Applicazione del carico
  - Velocità e forza massime raggiungibili
  - Transitorio elettrico
- Sistema di acquisizione della prova
  - Sistema di misura del carico e dello schiacciamento del provino

Geometria del provino

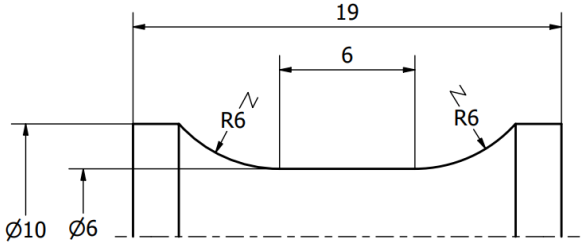
- Analisi in ambiente virtuale dell'effetto della geometria sulla risposta
- Determinazione della curva di resistenza del materiale
- Rapporti geometrici fissato
- Diametri del provini in funzione del materiale:
  - Ti6Al4V d=4 mm
  - Cu d=6 mm



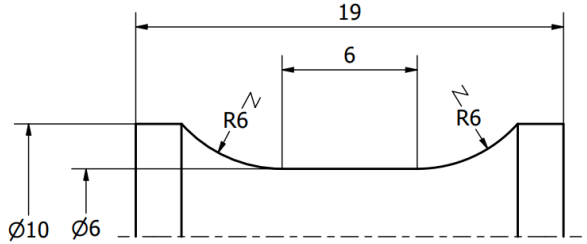
P0



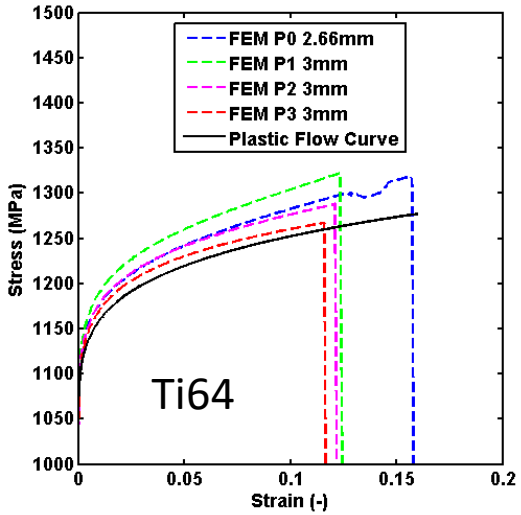
P1

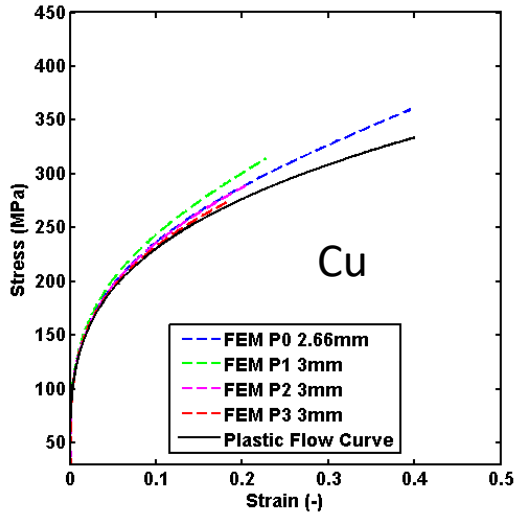


P2



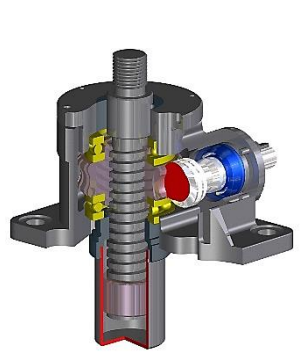
P3

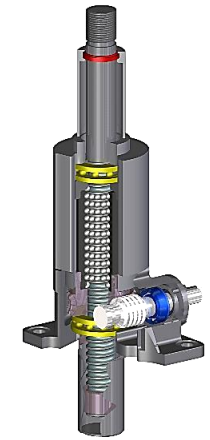


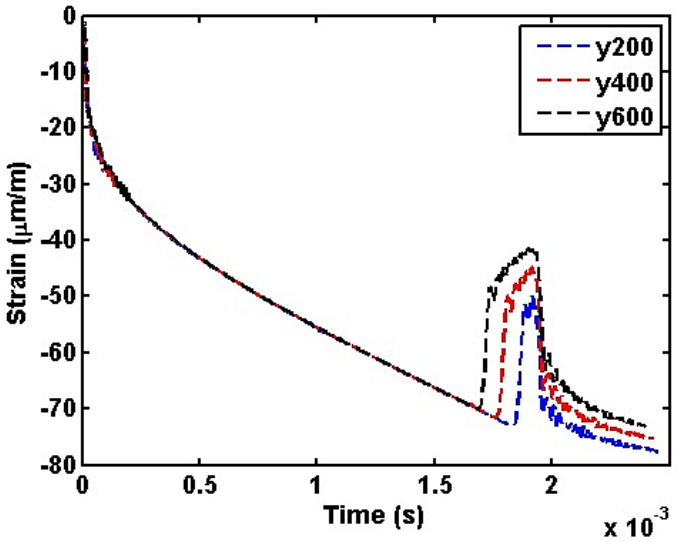


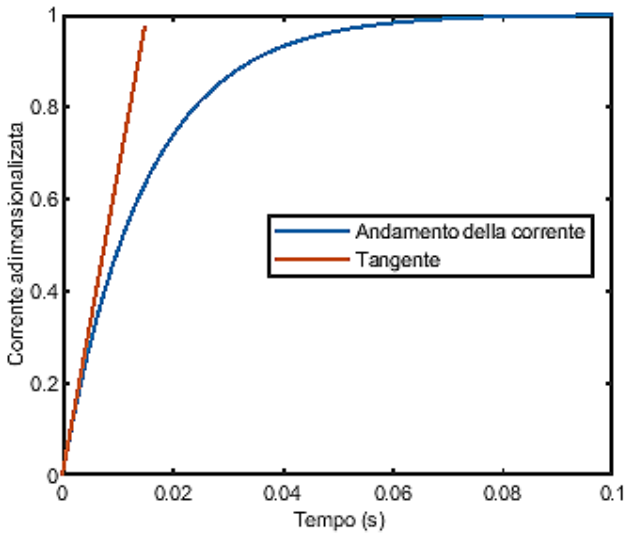
Sistema di applicazione del carico

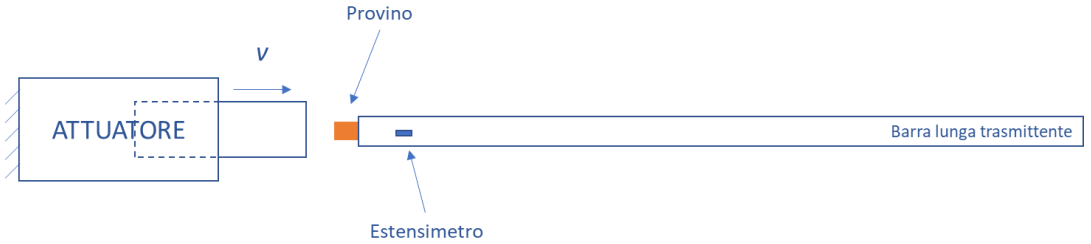
- Utilizzo di un sistema elettromeccanico
  - I sistemi a rulli satelliti permettono di raggiungere velocità di 1 m/s





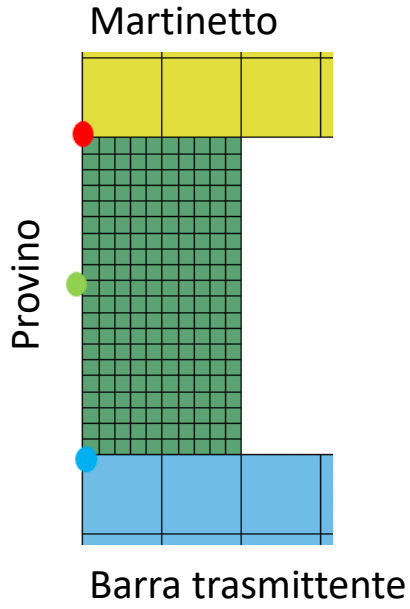


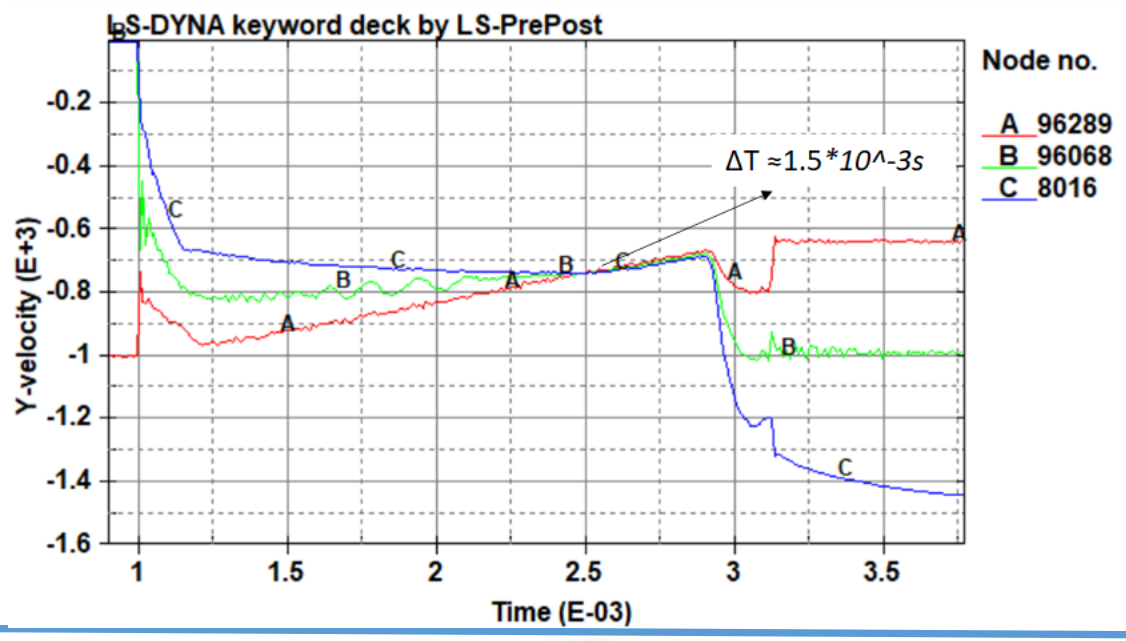


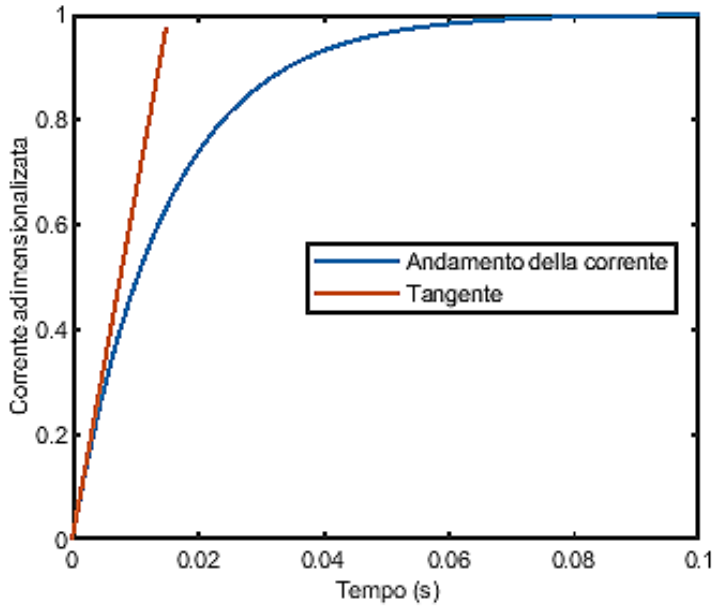


Sistema di applicazione del carico

- Uso di masse per aumentare l'energia cinetica
  - 1, 2 , 50 e 100 kg
  - Analisi della risposta libera del sistema dopo impatto con velocità iniziale di 1 m/s

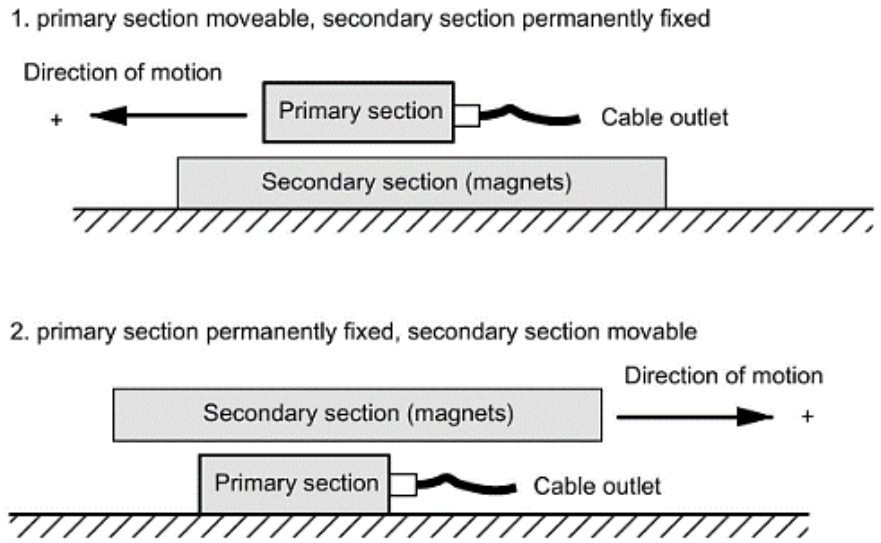


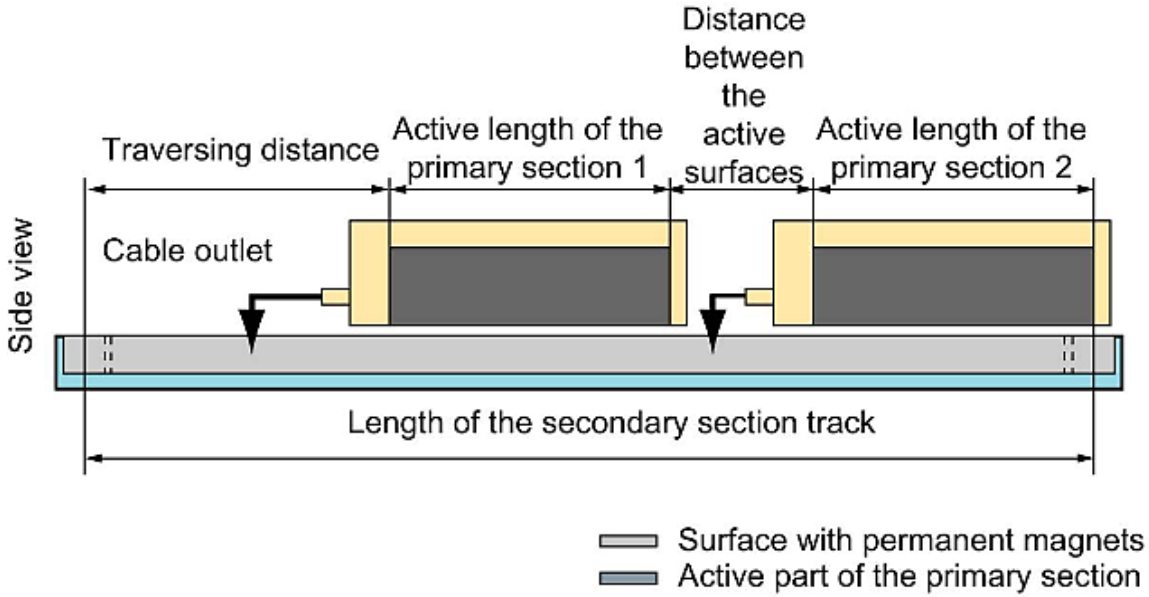




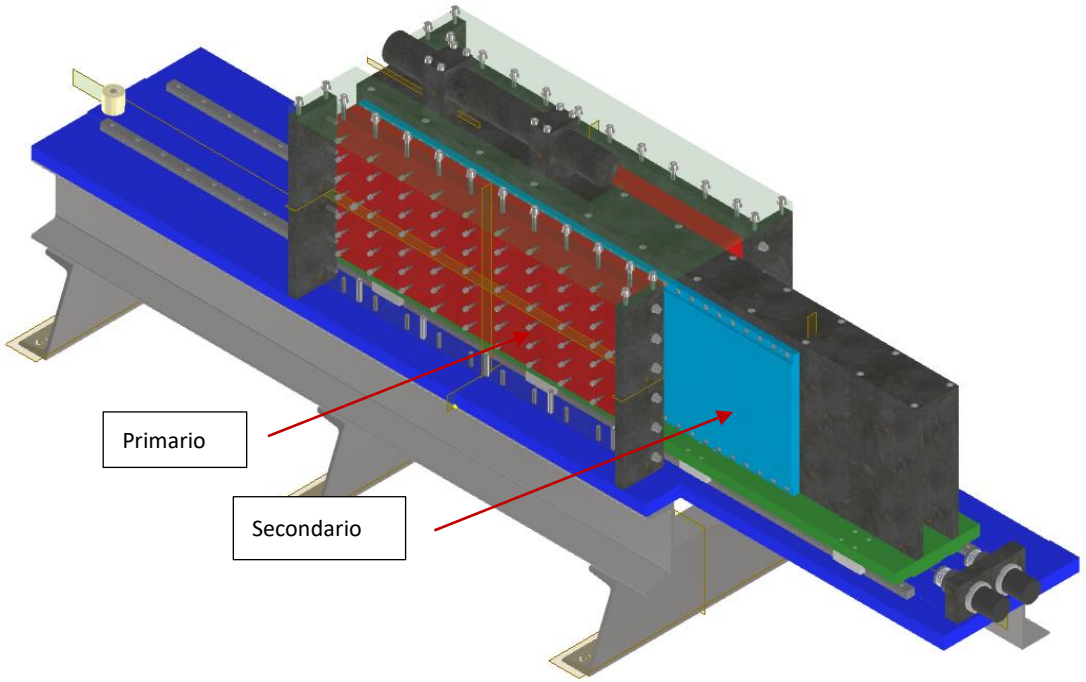
Sistema di applicazione del carico

- Motori lineari: i motori sincroni “ironcore”





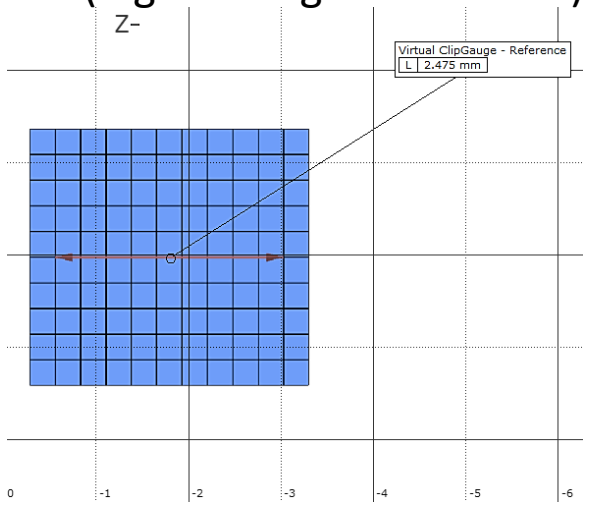
Sistema di applicazione del carico

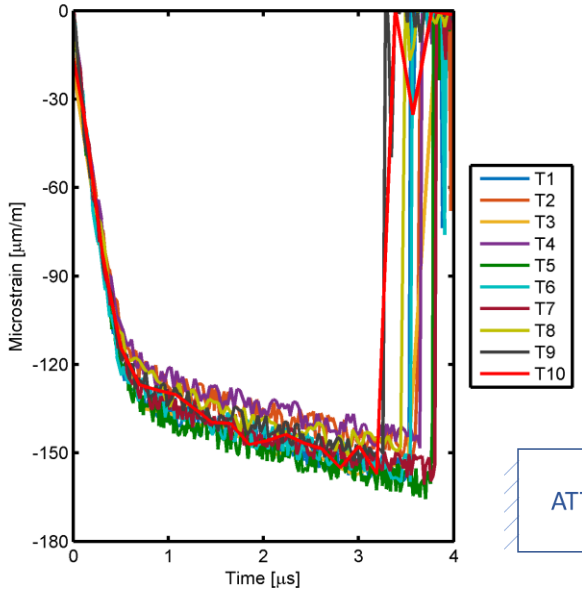


Sistema di acquisizione

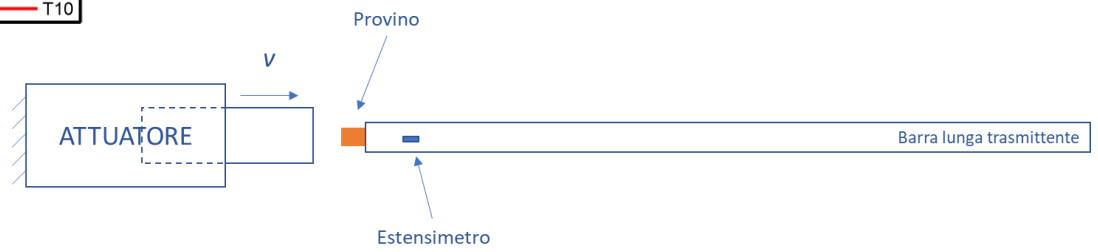
- Uso di una videocamera ad elevati frame rate: Phantom VEO-410L (5200 fps at 1280 x 800 or 600,000 fps at 64 x 8)
- Uso di strain gage a semiconduttori: deformazione della barra trasmittente molto piccola

DIC (digital image correlation)



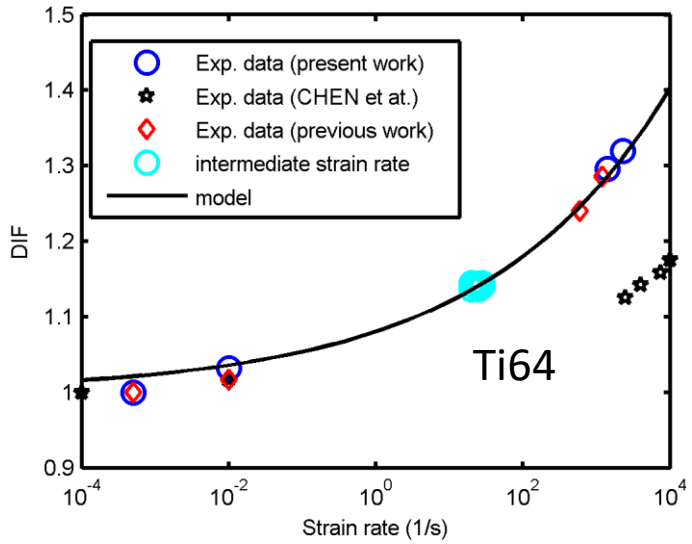


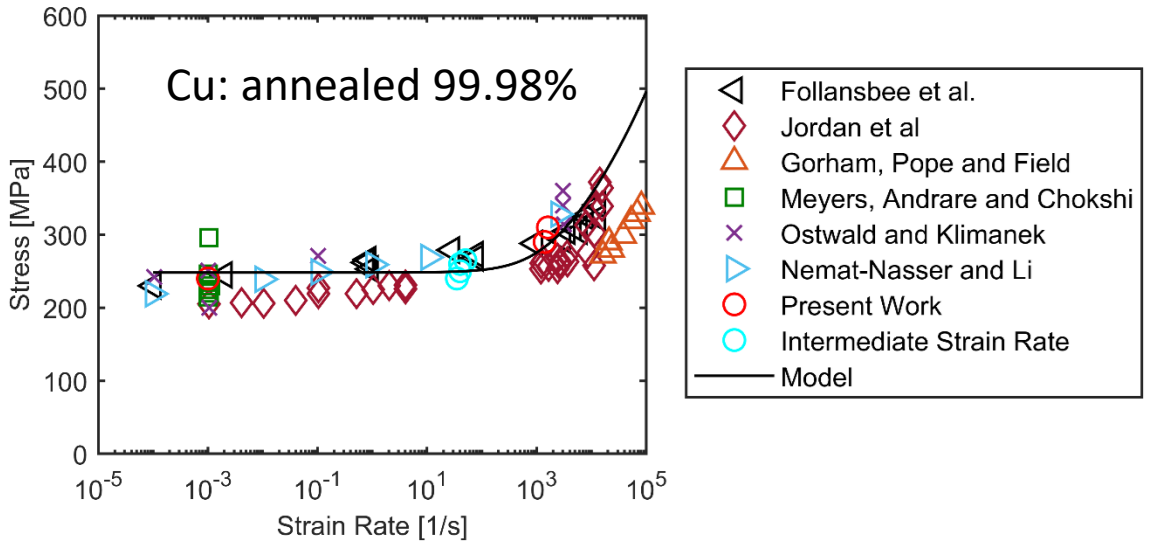
$$\sigma_p(t) = E_b \frac{A_b}{A_p} \varepsilon_t(t)$$



Verifica e validazione

- Materiali: Ti6Al4V e Cu
- Le prove di caratterizzazione eseguite con il dispositivo di prova sono state completate con prove di trazione quasi statiche e dinamiche alla barra di Hopkinson
- I risultati sperimentali sono stati utilizzati per calibrare i modelli costitutivi selezionati
- I modelli costitutivi sono stati validati mediante la simulazione del Taylor Impact test, confrontando la deformata virtuale con quella reale a diverse velocità di impatto





Sviluppi futuri

- Possibili modifiche per eseguire test in trazione
- Investigare il comportamento di altre leghe per applicazioni aerospaziali: AA2024-T351
- Investigare la sensibilità alle sollecitazioni di taglio delle leghe metalliche
- Esecuzione di prove a bassa ed alta temperatura