

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

Relazione per la prova finale
«La nuova tuta spaziale per attività extraveicolari
e l'utilizzo dei materiali compositi nella
progettazione dell'hard upper torso»

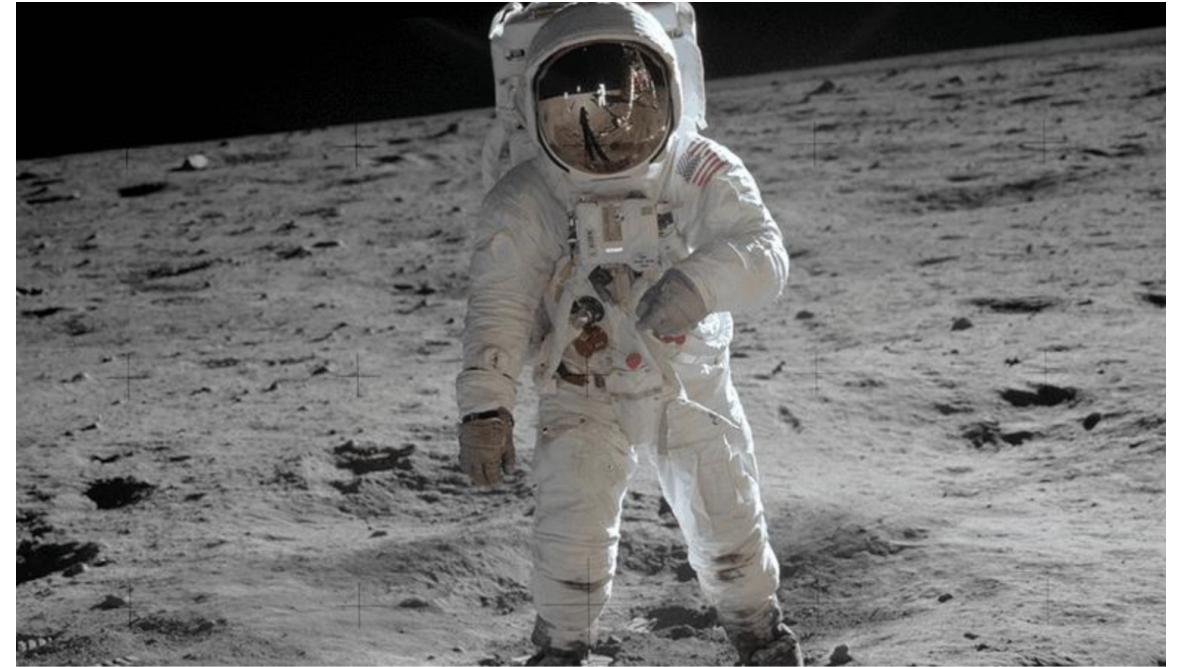
Tutor universitario: Prof. Ugo GALVANETTO

Laureando: *Piana Riccardo 1217509*

Padova, 22/03/2024

Breve cronistoria delle tute spaziali:

- 1961 Yuri Gagarin primo uomo nello spazio
- 1961-1963 programma Mercury
- Anni '60 e '70 programmi Apollo
- Anni '90 fino a oggi EMU



Progressi tecnologici e necessità sempre maggiori



- Materiali più leggeri e resistenti
- Sistemi supporto vitale più efficienti
- Soluzioni innovative per missioni di lunga durata



Tuta spaziale xEMU

1. Capire quali requisiti portano alla progettazione di una tuta spaziale
2. Approfondire i vari componenti di una tuta spaziale xEMU
3. Fornire una descrizione dei materiali compositi elencando caratteristiche e tipologie
4. Spiegare perché tali materiali sono importanti ai fini della progettazione
5. Illustrare il processo di progettazione dell'hard upper torso



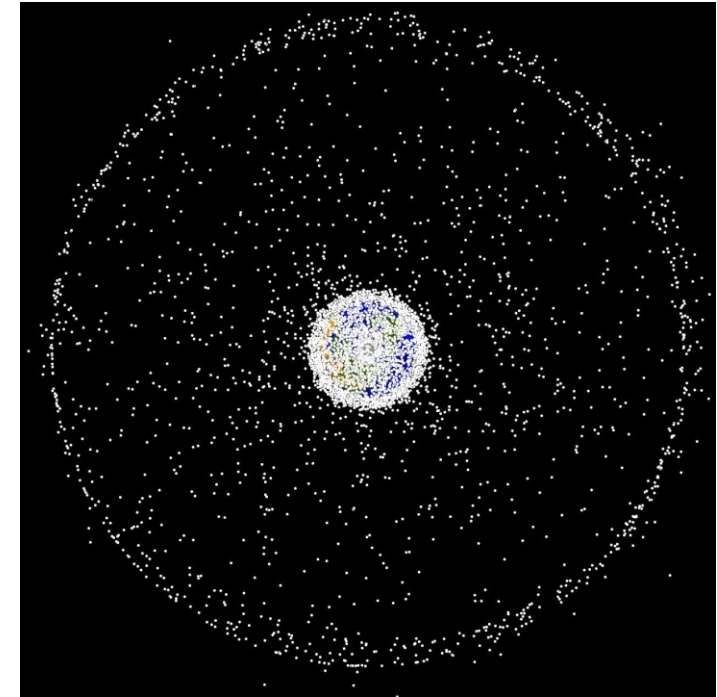
Lo spazio è un ambiente ostile.

Una tuta spaziale deve garantire all'astronauta:

- Salute
- Sicurezza
- Sopravvivenza
- Svolgimento della missione

Necessario proteggere l'astronauta da:

- a) Pressione
- b) Radiazioni
- c) Temperature estreme
- d) Detriti e micrometeoroidi



Allo stesso tempo la tuta spaziale deve garantire:

- a) Mobilità e prevenzione infortuni
- b) Idratazione
- c) Gestione dei rifiuti
- d) Comunicazioni

Per le missioni future è richiesta un nuovo tipo di tuta spaziale: xEMU

Rispetto al vecchio modello:

- a) Pressione operativa maggiore
- b) Tempo operativo maggiore
- c) Mobilità migliorata
- d) Comodità e vestibilità maggiori
- e) Sistemi informatici moderni
- f) Manutenzione in volo
- g) Massa minore



- Missioni di maggiore durata
- Missioni oltre l'orbita terrestre, superficie lunare e marziana



Le componenti di una tuta spaziale xEMU sono:

xPLSS (exploration portable life-support subsystem):

- Fornire ossigeno
- Eliminare anidride carbonica, odori, umidità
- Regolazione temperatura e pressione

xINFO (exploration informatics subsystem):

- Avionica
- Comunicazioni

Strumenti e equipaggiamento necessari per le missioni spaziali

xPGS (exploration pressure garment subsystem):

- Elementi strutturali
- Mantenimento della pressione
- Protezione dell'astronauta

WISE:

- Interfaccia di collegamento tra tuta e veicolo spaziale



Materiali compositi formati da: **matrice** + **fibre**

- Leggeri ma resistenti a corrosione, urti, temperature
- Non conducono corrente, non magnetici
- Durevoli nel tempo

I materiali compositi si distinguono in base alla matrice. \longrightarrow

- Compositi polimerici: termoindurenti o termoplastici
- Compositi metallici
- Compositi ceramici

Diversi tipi di matrice:

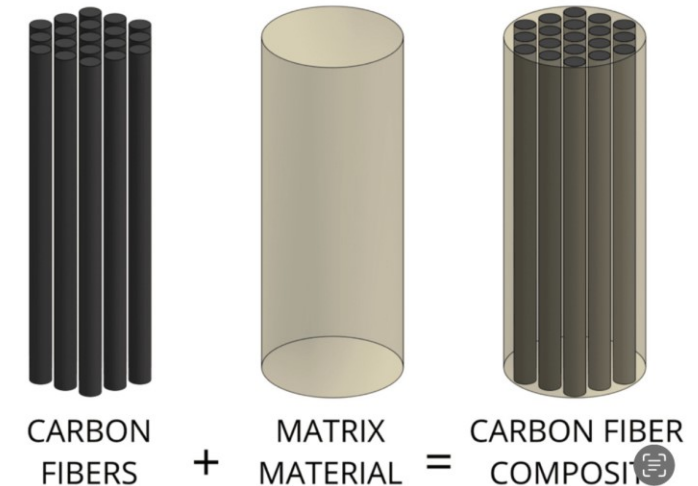
- Matrice polimerica o plastica
- Matrice metallica
- Matrice ceramica

Diversi tipi di fibre:

- Fibre di vetro
- Fibre di carbonio/grafite
- Fibre aramidiche
- Fibre di boro
- Fibre di allumina
- Fibre di carburo di silicio

FIBER
(carbon, glass, aramid)
+
MATRIX MATERIAL
(epoxy)
=
FIBER REINFORCED
COMPOSITE

(common example)



Hard Upper Torso è un componente del xPGS.

Deve rispettare diversi criteri:

- Vestibilità (indossabile dalla maggior parte delle persone)
- Corretta gestione delle eventuali perdite d'acqua
- Protezione dell'astronauta
- Vincolo di peso
- Vincolo di tempo e costo

Scelta del materiale tra:

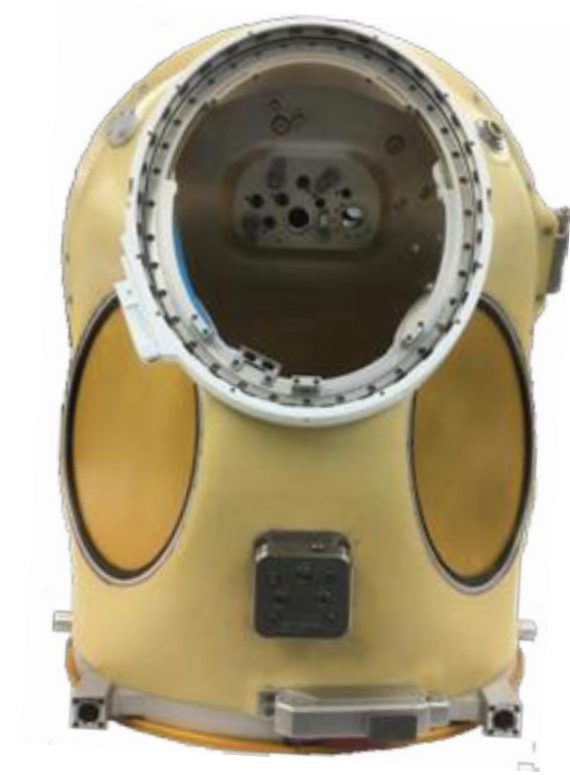
- Alluminio
- Composito in vetro
- Composito termoplastico
- Composito ultra leggero

Sviluppo inizialmente portato avanti su tutti i materiali.



Alla fine si è scelto composito in vetro e materiale epossidico

- Leggerezza
- Resistenza ai danni
- Rischi moderati di sviluppo



Definizione dei requisiti → Scelta del materiale → Definizione dello spessore

Definizione requisiti

- Massa
- Pressione e temperatura operative
- Resistenza urti, carichi operativi, vibrazioni
- Tasso di perdita di pressione

Definizione dello spessore: 16 strati di 0.16" soddisfa requisiti

Applicazione di fattori di carico in modo da avere margini di sicurezza: 1.5 e 2 a seconda della zona

Analisi agli elementi finiti dell'Hard Upper Torso



Margini di sicurezza adeguati → Progettazione adeguata

Inizialmente si prevedeva la lavorazione separata degli elementi costitutivi il materiale composito che poi venivano uniti.

Problemi:

- Presenza di tensioni residue
- Coefficienti dilatazione termica differenti

Soluzione: lavorazione condensata in un'unica fase

Realizzazione:

1. Lavorazione
2. Controllo imperfezioni
3. Introduzione inserti di metallo



Test condotti per verificare la qualità della progettazione:

1. Test di resistenza alla pressione di progetto
2. Prova di resistenza a fatica
3. Test resilienza urti a bassa velocità
4. Seconda prova di resistenza fatica
5. Test di resistenza alla pressione doppia a quella di progetto

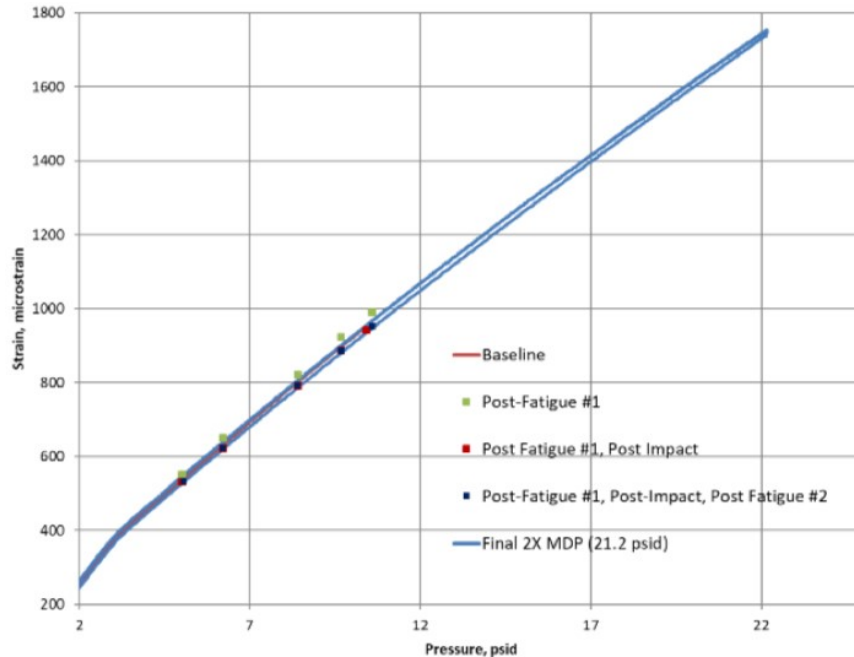


- Valori trovati in accordo con l'analisi
- Danneggiamenti non rilevati

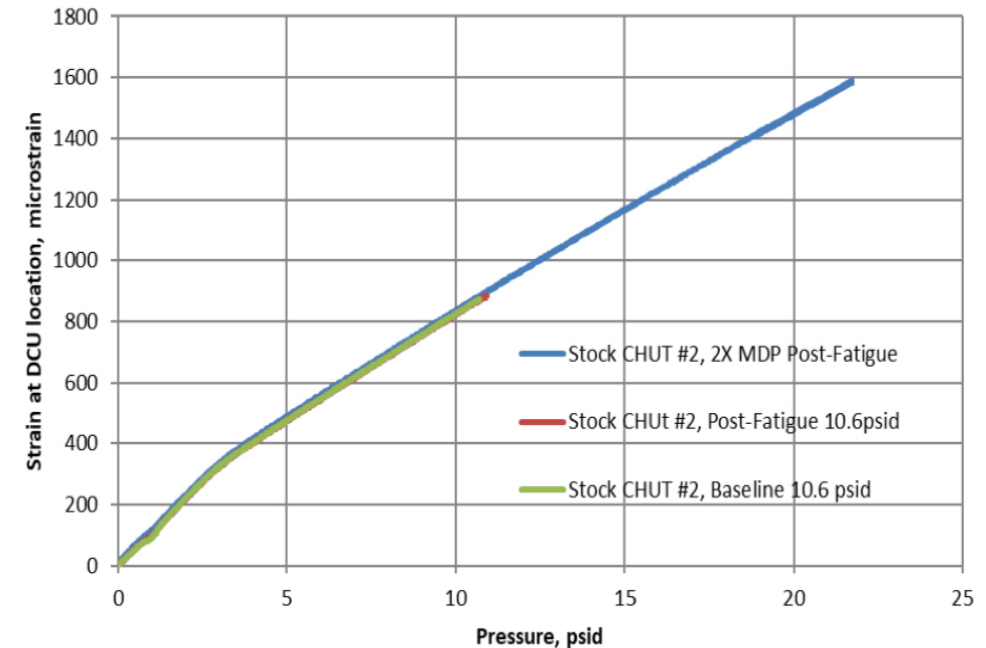
Stessa sequenza di test però con presenza di difetti



- Non si sono misurate differenze rilevanti



Test condotti con e senza difetti: non ci sono sostanziali differenze



Descrizione componenti di una nuova tuta spaziale per missioni future (ritorno sulla Luna).

Tenendo conto delle condizioni ambientali:

- Radiazioni
- Temperature
- Pressione
- Assenza di atmosfera

Si è fornito il processo di realizzazione dell'Hard Upper Torso

A oggi il design è considerato completo. **—————>** Integrazione con gli altri elementi **—————>** Test sull'intera tuta spaziale

Possibili **miglioramenti** HUT:

- Riduzione peso
- Sostituire materiale composito con UHMWPE
- Imbottiture nelle zone più critiche

Progressi futuri per missioni di durata e distanza maggiore.

