

WE LOOK AFTER THE EARTH BEAT

***L'Additive Manufacturing applicato alla Realizzazione di Elementi in Orbita (ISS) e a Strutture di Grandi Dimensioni***

Marco Nebiolo – Thales Alenia Space  
[marco.nebiolo@thalesaleniaspace.com](mailto:marco.nebiolo@thalesaleniaspace.com)

13/09/2016

FABBRICA FUTURO TORINO - 21 SETTEMBRE 2016

OPEN

ThalesAlenia  
A Thales / Finmeccanica Company Space

- L' applicazione in ambito Spazio per la tecnologia dell'Additive Manufacturing ha duplice valenza:



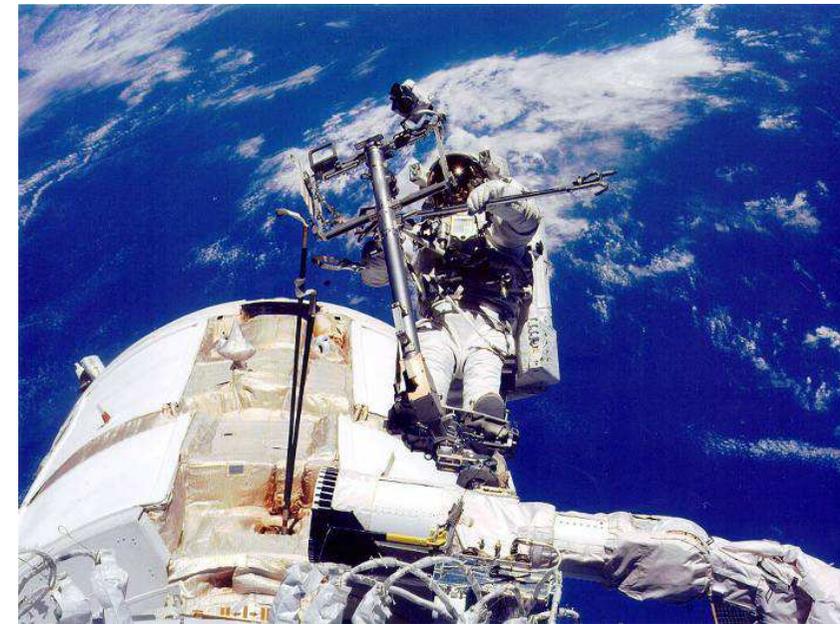
Produzione a Terra di componenti per uso in Spazio



Produzione in Orbita (ISS e Missioni di Esplorazione Future)

# Applicazioni Spazio – Materiali & Processi Target

- **Materiali AM di interesse Spazio**
  - Polimeri ad alte prestazioni (e.g. ULTEM 9085)
  - Leghe di Ti (in particolare Ti6Al4V)
  - Leghe di Al (in particolare 6061 o AlSi7Mg0.6)
  - Acciai per componentistica fluidica (AISI 316L, etc.)
  - Leghe di Ni per alte temperature (Inconel 718)
- **Processi AM di interesse Spazio**
  - EBM (Electron Beam Melting)
  - DMLS (Direct Metal Laser Sintering)
  - FDM (Fused Deposition Modeling) su polimero ad alte prestazioni
  - Laser Cladding



OPEN

© 2015, Thales Alenia Space

## Applicazioni Spazio – Produzione a Terra

- **Applicazione a componenti seriali e componenti di medie/grandi dimensioni**
- **Opportunità e Vantaggi**
  - Flessibilità nell'utilizzo di leghe metalliche e polimeri per applicazioni spazio
  - Ottimizzazione di massa dei pezzi (tramite percorsi di carico ottimizzati)
  - Abbattimento del quantitativo di materiale rispetto alla lavorazione sottrattiva
  - Abbattimento dei tempi di acquisizione del materiale grezzo (e.g. forgiati)
  - Possibilità di realizzare componenti di dimensioni in un ampio range dimensionale
  - Riduzione del numero di componenti che costituiscono un assieme grazie alla realizzazione di componenti monolitici
  - Eliminazione totale dei vincoli di forma legati alle lavorazioni tradizionali (sottosquadra, volumi interni cavi, zone non raggiungibili con lavorazione di fresa )

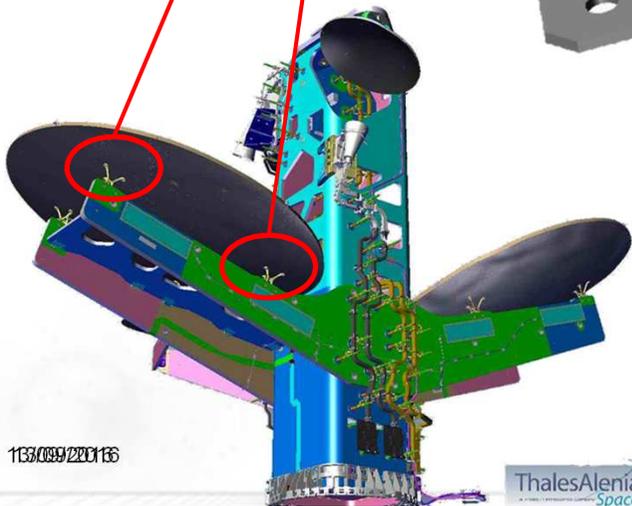
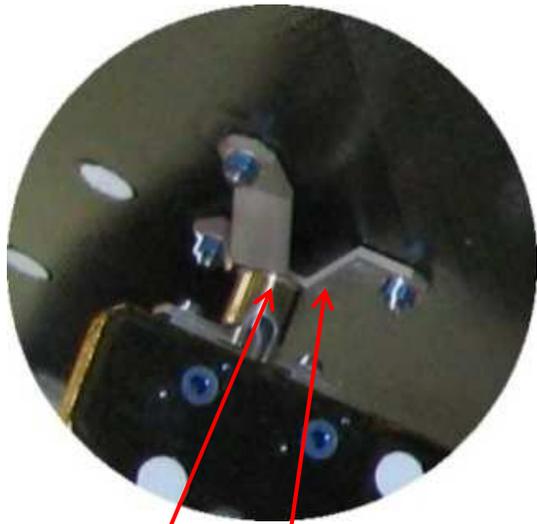
OPEN

# Applicazioni Spazio – Produzione a Terra

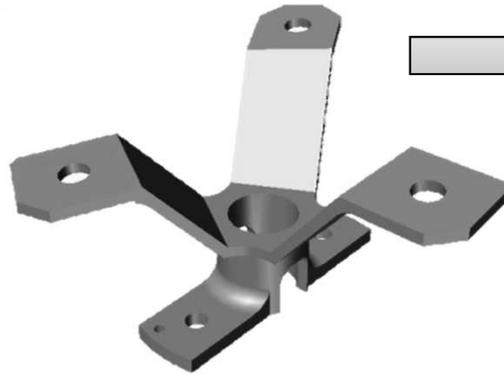
## Primo caso di supporto strutturale per antenna: satellite ARABSAT 6B

Design per manufacturing sottrattivo

Design per Additive Manufacturing



Ri-design:  
Riduzione Massa  
**20 %**



Riduzione Costi  
**50 %**

OPEN

163/099/220166

ThalesAlenia  
Space

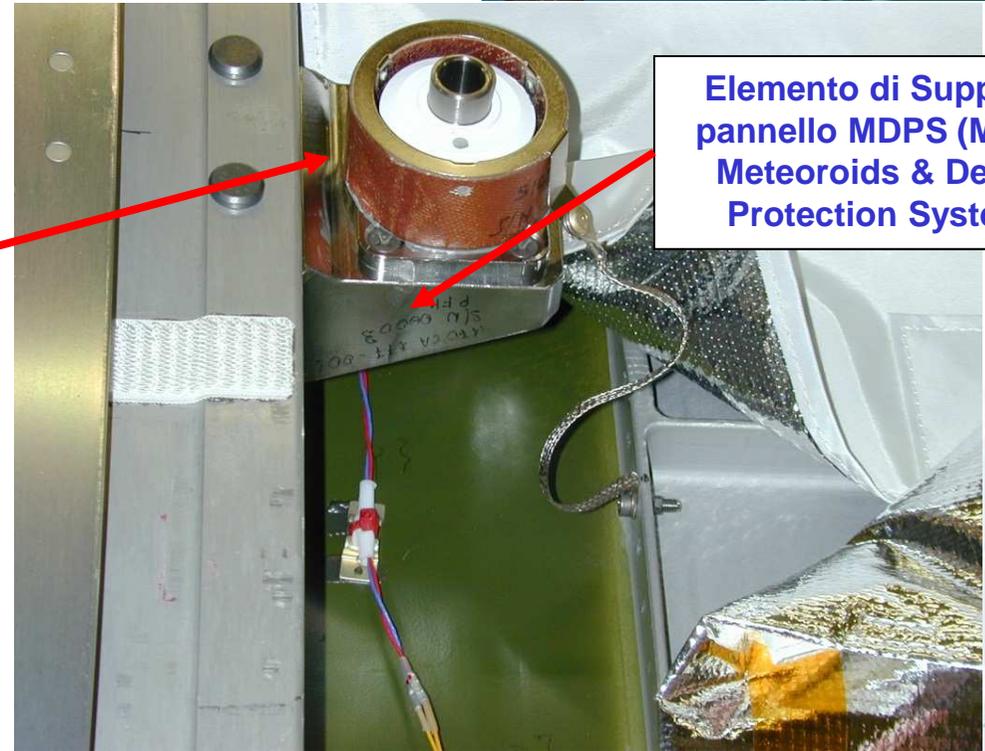
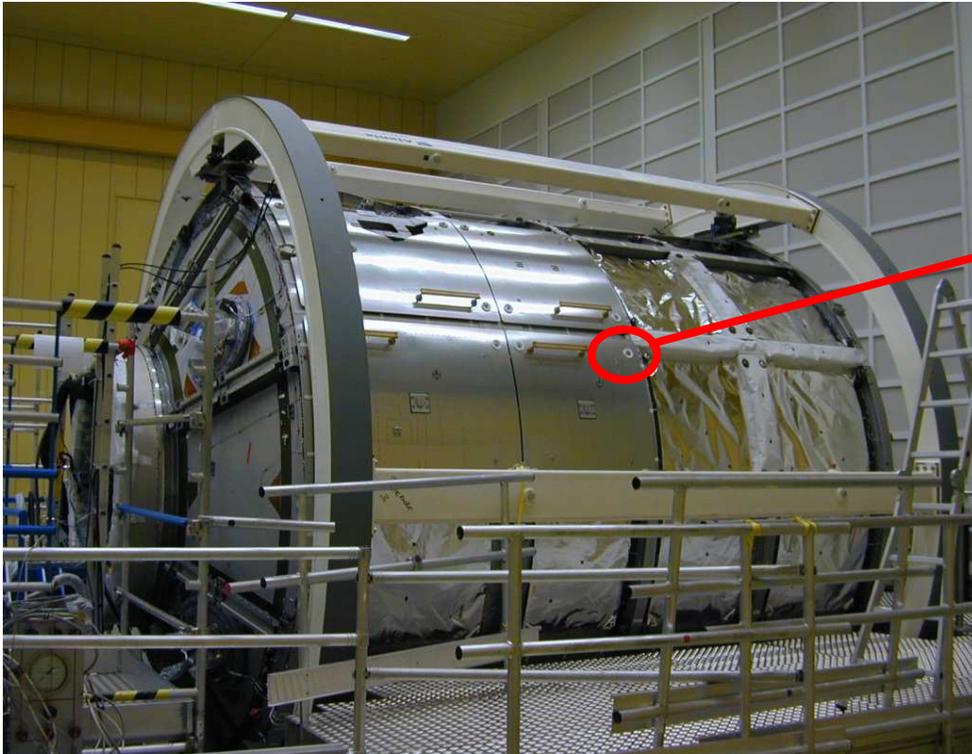
© 2015, Thales Alenia Space

ThalesAlenia  
Space  
A Thales / Finmeccanica Company

Ref.:

# Applicazioni Spazio – Produzione a Terra (Metallo)

- Esempio: supporto seriale per pannelli MDPS (Micro-Meteoroids & Orbital Debris) in Moduli Spaziali Abitati
  - Valutazione topologica partendo dal design originale del componente
  - Valutazione dei processi EBM e DMLS
  - Realizzazione del componente sia con tecnica EBM che DMLS per confronto prestazioni su componente
  - Validazione del componente con test meccanici in configurazione



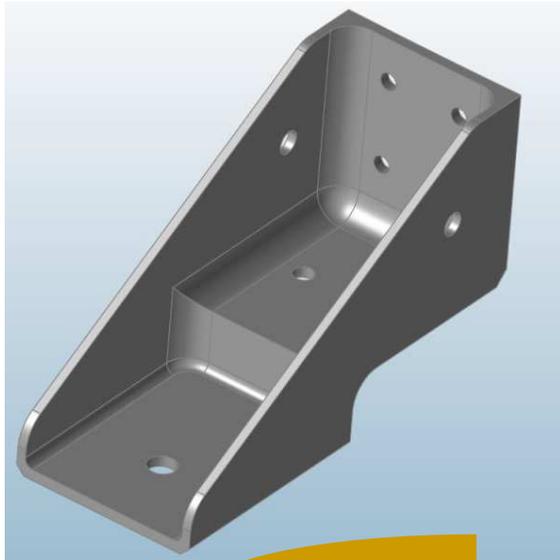
Elemento di Supporto pannello MDPS (Micro-Meteoroids & Debris Protection System)

OPEN

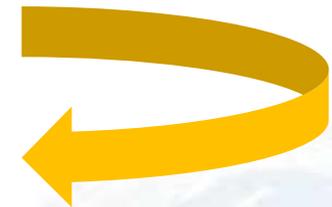
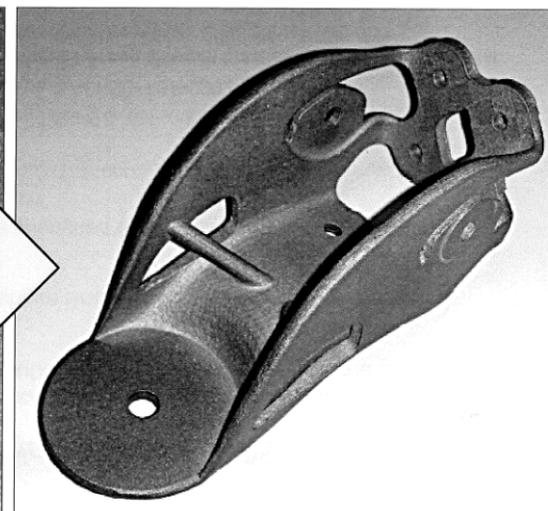
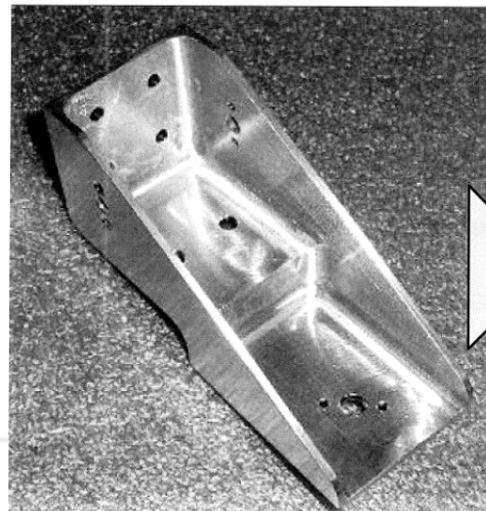
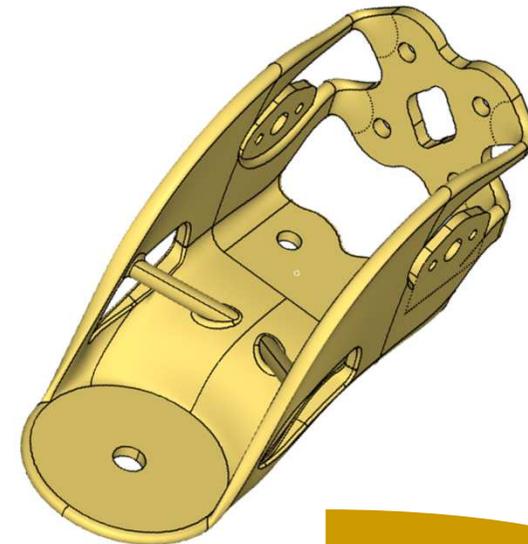
# Applicazioni Spazio - Produzione a Terra (Metallo)

▪ Design Originale Lega Ti-6Al-4V per lavorazione di macchina

▪ Design dopo ottimizzazione topologica per lavorazione di macchina (in collaborazione con ALTAIR)



Risparmio di massa:  
maggiore del  
20%



# Applicazioni Spazio – Produzione a Terra (Metallo & DMLS)

- 2 processi finora investigati da TAS-I per la realizzazione di componenti in Ti6Al4V con relativi test preliminari su materiale base: **DMLS e EBM**
- Processo DMLS (Direct Metal Laser Sintering) su lega Ti6Al4V**
- Esempio di campioni per prove di trazione (tecnologia DMLS) :**

*Cilindri grezzi*



*Campioni per trazione*



*Tipo di Rottura: fragile*



- La tecnica DMLS ha evidenziato rottura fragile anche dopo trattamento termico per distensione delle tensioni residue:**
  - Allungamento a rottura sotto il minimo da specifica (rif. AMS 4928 per piastre in Ti6Al4V) del 25 %
  - Resistenza a rottura superiore del 33 % rispetto al minimo da specifica

OPEN

© 2015, Thales Alenia Space

# Applicazioni Spazio – Produzione a Terra (Metallo & EBM)

- **Processo EBM (Electron Beam Melting) su lega Ti6Al4V**

- **Esempio di campioni per prove di trazione (tecnologia EBM) :**

*Cilindri grezzi*

*Campioni per trazione*

*Tipo di Rottura: duttile*

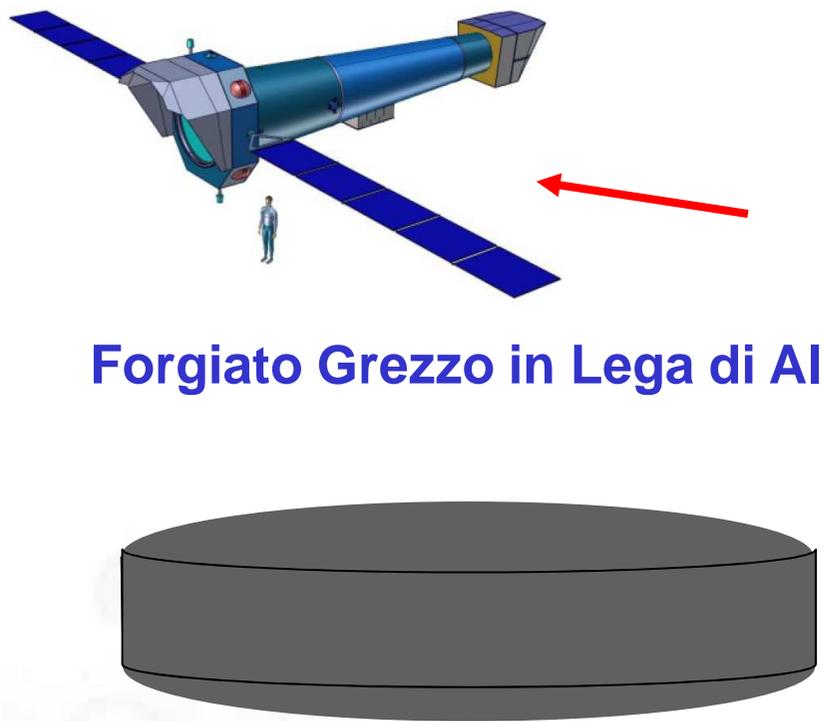


- **La tecnica EBM ha evidenziato rottura duttile senza bisogno di trattamento termico per distensione delle tensioni residue:**
  - Allungamento a rottura superiore al minimo da specifica (rif. AMS 4928 per piastre in Ti6Al4V) del 40% e oltre
  - Resistenza a rottura superiore del 10 % rispetto al minimo da specifica
- **L'EBM evidenzia minore fragilità del materiale a fronte di prestazioni meccaniche ridotte rispetto al DMLS**

OPEN

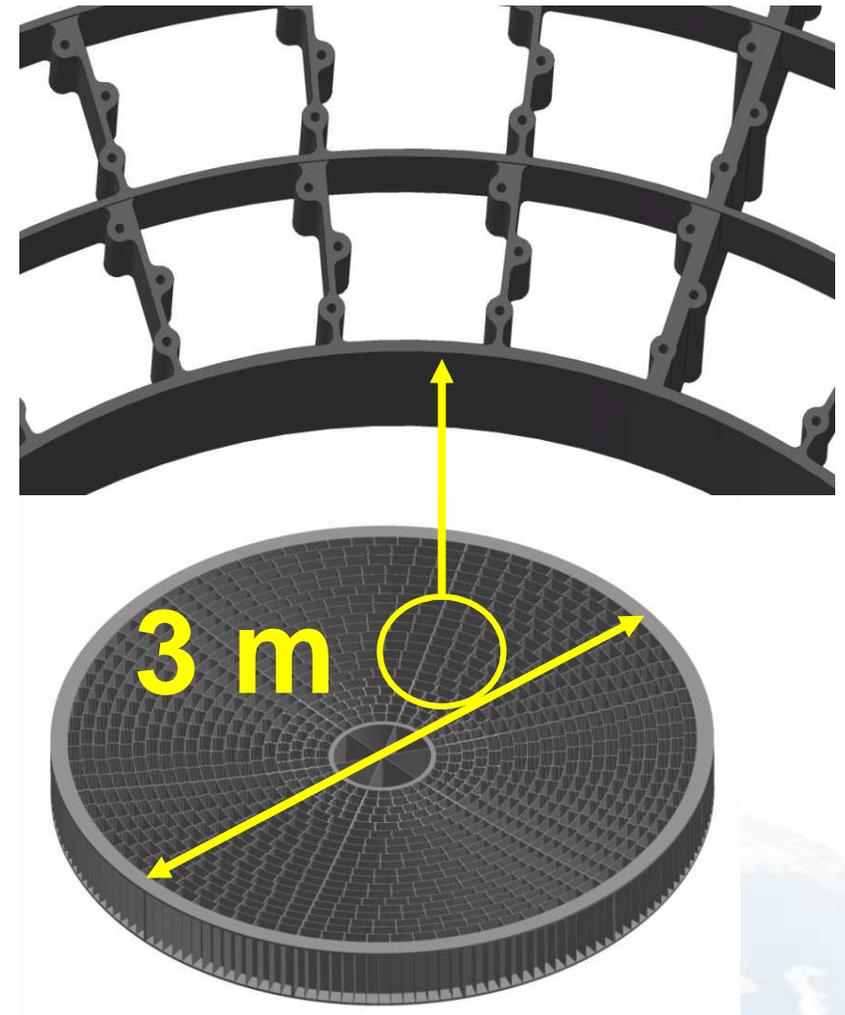
© 2015, Thales Alenia Space

- **Nell'iniziativa Fabbrica Intelligente della Regione Piemonte si prevede di fare prototipazione di Strutture di Grandi Dimensioni**
- **Esempio - Sostituzione di Forgiati in Ti**



ATHENA X-  
Rays  
Telescope  
(ESA)  
Es. LEGA Ti

MANUFACTURING  
SOTTRATTIVO



- **L'AM è oggetto di un TRP (Technology Research Program) dell'ESA**

OPEN

# Applicazioni Spazio – Produzione a Terra (La Sfida per Strutture di Grandi Dimensioni)

## ■ Esempio - Sostituzione di Forgiati in lega di Al e Ti:

- Riduzione dei costi di sviluppo e qualifica dei forgiati
- Drastico risparmio di materiale
- Drastica riduzione dei tempi di acquisto
- Limiti dimensionali imposti dagli attuali impianti AM europei

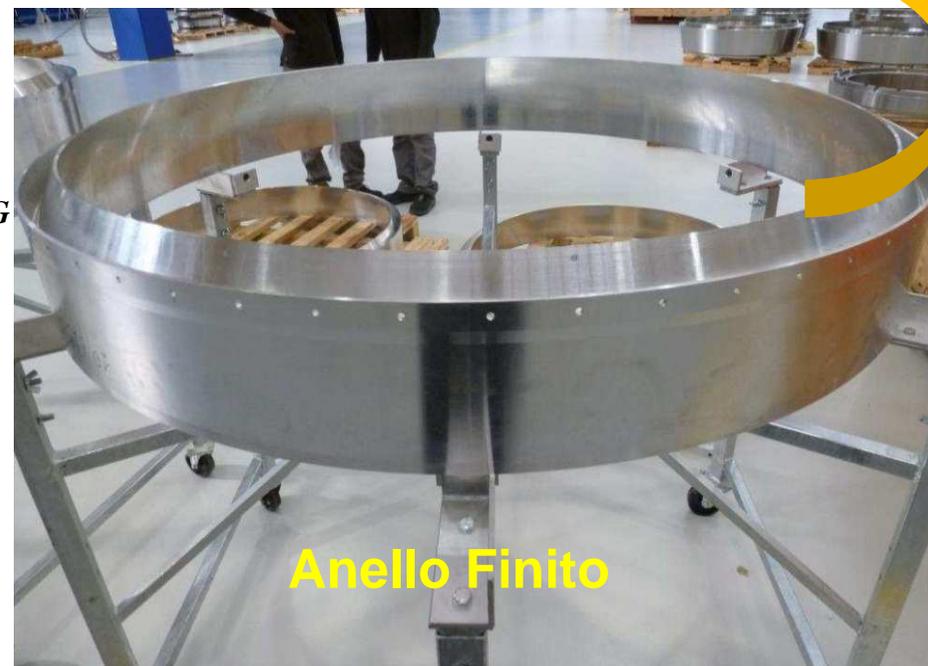


## Esempio LEGA Al

### Forgiato Grezzo in Lega di Al



MANUFACTURING  
SOTTRATTIVO



### Anello Finito

- L'AM può candidarsi come processo per la realizzazione di anelli di grandi dimensioni

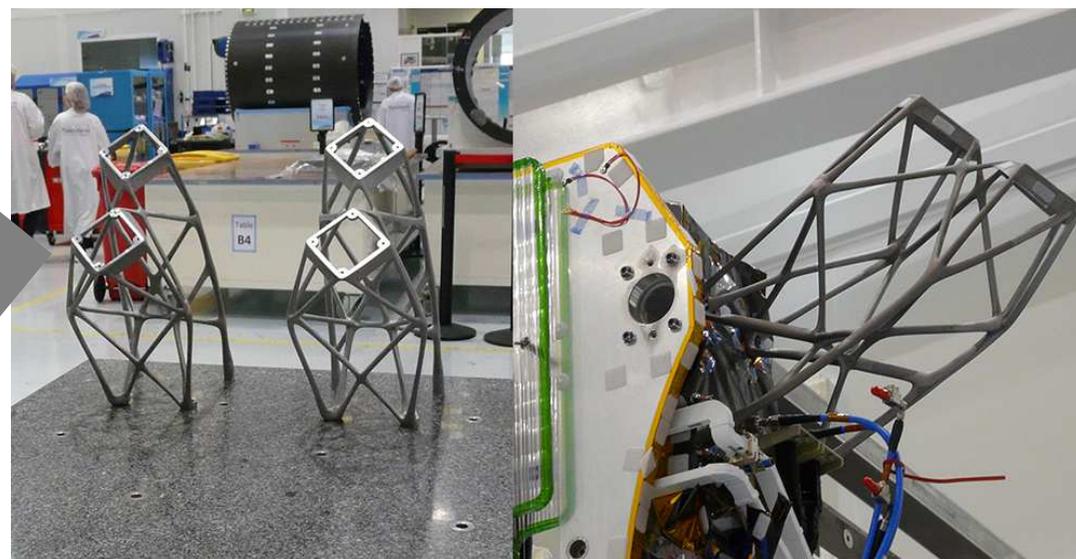
OPEN

© 2015, Thales Alenia Space

- Esempio - Supporto in lega di Al AlSi7Mg (Thales Alenia Space – France con Poly-Shape SAS partner e macchina Concept Laser)**



Satellite KoreaSat

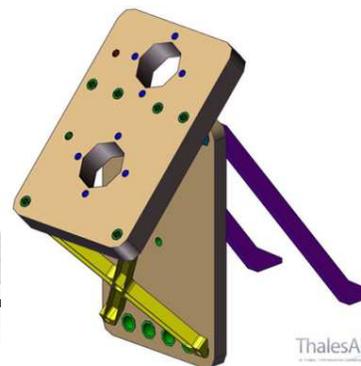


**Supporto per antenna in orbita nel 2017:  
componente più grande finora realizzato con  
laser e letto di polveri,  
volume: 447 x 204.5 x 391 mm<sup>3</sup> – peso 1.13 kg**



Stampanti Concept Laser 3D in  
Poly-Shape SAS

**Riduzione 22% massa e  
30 % costi rispetto al  
design originale**



OPEN

© 2015, Thales Alenia Spa

ThalesAlenia  
Space

ThalesAlenia  
Space

# Applicazioni Spazio - Fase Costruttiva a Terra (Polimeri)

- **TAS-I, per conto dell'ESA, ha progettato e sviluppato una nuova cassetta utensili per il modulo Columbus della ISS**
  - Considerando le indicazioni degli utilizzatori finali / gli astronauti (per strumenti visibili a prima vista)
  - "Ripensare" il progetto partendo anche dalla esperienza operativa maturata in un ambiente di microgravità.
- **Il processo Additive per la produzione della nuova cassetta, sulla ISS dal 2013 e attualmente in uso, è l'FDM (Fused Deposition Modeling).**
- **Luca Parmitano ha installato la cassetta utensili a bordo e ne ha mostrato la fruibilità nel corso di una teleconferenza nel luglio 2013.**

20



# Applicazioni Spazio - Fase Costruttiva a Terra (Polimeri)

14

- ULTEM 9085 è il polimero ad alte prestazioni utilizzato per la produzione di tutti i componenti (a parte le cerniere) della TOOLBOX, compresi:
  - **5 diverse tipologie di fissaggio utensili:** concetti ottimizzati per ogni taglia di utensile e qualificati con 3000 cicli di inserimento / estrazione.

21



## ■ Principali Sfide Tecnologiche e Qualità

- Raggiungere le prestazioni meccaniche del materiale base e del componente finale
- Raggiungere le tolleranze finali del pezzo
- Minimizzare rilavorazioni post-AM per interfacce locali del componente
- Identificare i difetti tipici e mettere i metodi NDI e di indagine metallografica
- Finitura superficiale (rugosità legata al tipo di applicazione)
- Scelta di processi che minimizzavano la necessità di trattamento di distensione termica (stress residui indotti da processo)
- Corretta attuazione del pattern di deposizione
- Processo di qualifica legato alla macchina, alle qualità delle polveri, al set-up dei parametri di processo, etc.

# Applicazioni Spazio – Produzione in Orbita

- **L'Additive Manufacturing legato alla realizzazione di componenti per**
- **Nel breve-medio termine**
  - Soluzione di problemi di emergenza legati a rotture di componenti (evitare problemi come in Apollo 13: costruzione di un adattatore per filtri della CO2 con materiali di emergenza)
  - Evitare di avere troppa ricambistica a bordo (massa) con un approccio just-in-time
- **Nel lungo-medio termine**
  - Costruzione di infrastrutture per avamposti di su Luna e Marte



## Adattatore Apollo 13



**La gamma di componenti e materiali comprende anche in questo caso polimeri e leghe metalliche**

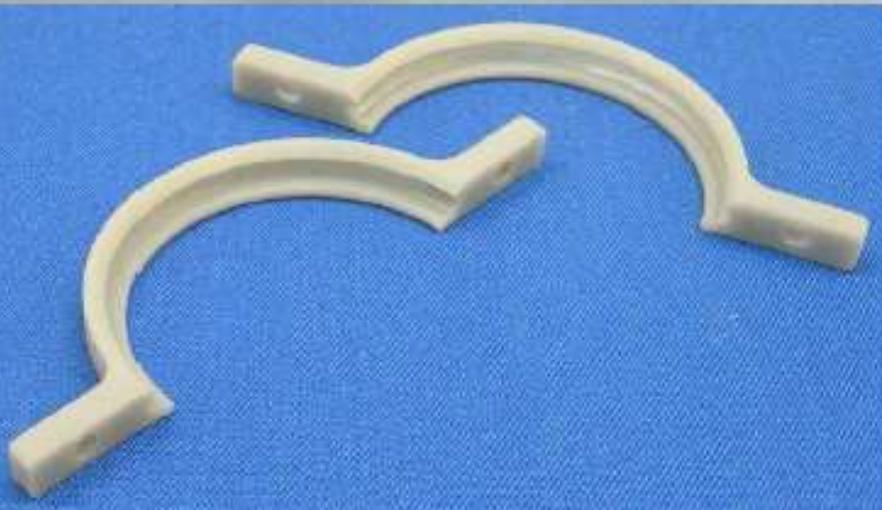
OPEN

© 2015, Thales Alenia Space

ThalesAlenia  
Space  
A THALES / FINMECCANICA COMPANY



Possibili componenti per  
produzione in Orbita



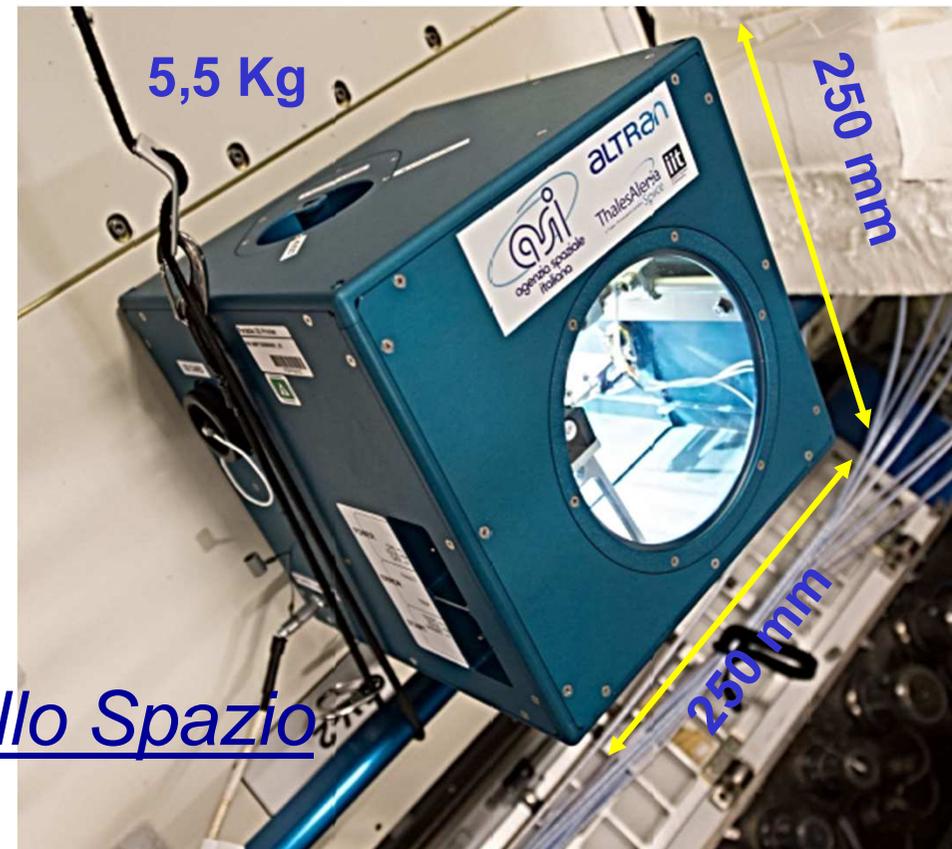
# Stampante POP-3D (Portable On-Board Printer-3D)

- Progetto ASI (Agenzia Spaziale Italiana)
- Attività svolta da:



- Portata in orbita da del 6 Dicembre 2015
- Riportata a Terra con SPX-8 su 11 maggio 2016

## Prima Stampante ALM Europea nello Spazio



- La stampante portatile On Board 3D è stata dedicata a valutare la capacità di AM in condizioni di microgravità a bordo della ISS

OPEN

© 2015, Thales Alenia Space

ThalesAlenia  
A Thales / Finmeccanica Company  
Space

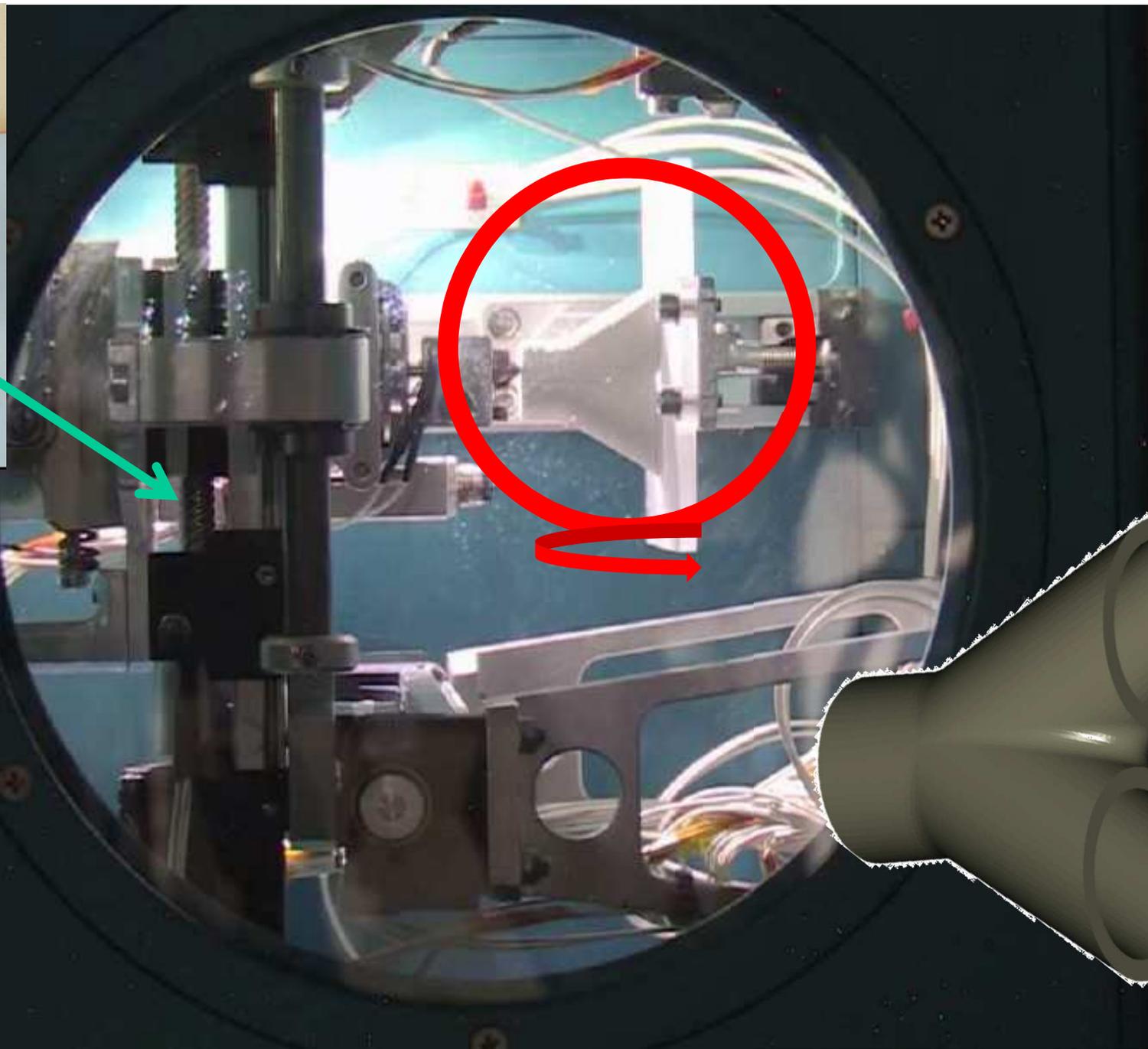
## Stampante POP-3D (Portable On-Board Printer-3D)

- La POP3D implementa il processo di Fused Deposition Modeling (FDM) per la fabbricazione di componenti polimerici
- FDM è un AM processo a filo compatibile con ambiente micro-g
- Il processo FDM utilizzato nella stampante portatile On Board 3D consiste nella fusione, estrusione e solidificazione della resina acido polilattico (PLA) polimero termoplastico
- La parte fabbricata in orbita è un raccordo fluidico a Y



**Raccordo  
Fluidico a Y**

# Stampante POP-3D in azione



## Il Futuro - Stampa 3D con suolo Lunare e Marziano

- TAS-I è in contatto con D-SHAPE per studiare tecnologie di stampa 3D utilizzando simulanti della regolite di Marte o Luna.



D-SHAPE, insieme a Foster + Partners ed altri, stanno lavorando con ESA per verificare la fattibilità di stampa 3D utilizzando suolo lunare.

- La stampa 3D offre un potenziale strumento per facilitare l'insediamento di avamposti con un ridotto supporto logistico da Terra
- Le nuove possibilità che questo lavoro apre possono quindi essere considerate dalle agenzie spaziali internazionali come parte dello sviluppo attuale di una strategia comune per esplorazione



***Grazie per l'attenzione !!***

***Bridge the gap!***



OPEN

© 2015, Thales Alenia Space