

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

***Scudi e strutture in Additive
Manufacturing per la protezione da
detriti spaziali: stato dell'arte.***

Tutor universitari:

Prof. A. Francesconi

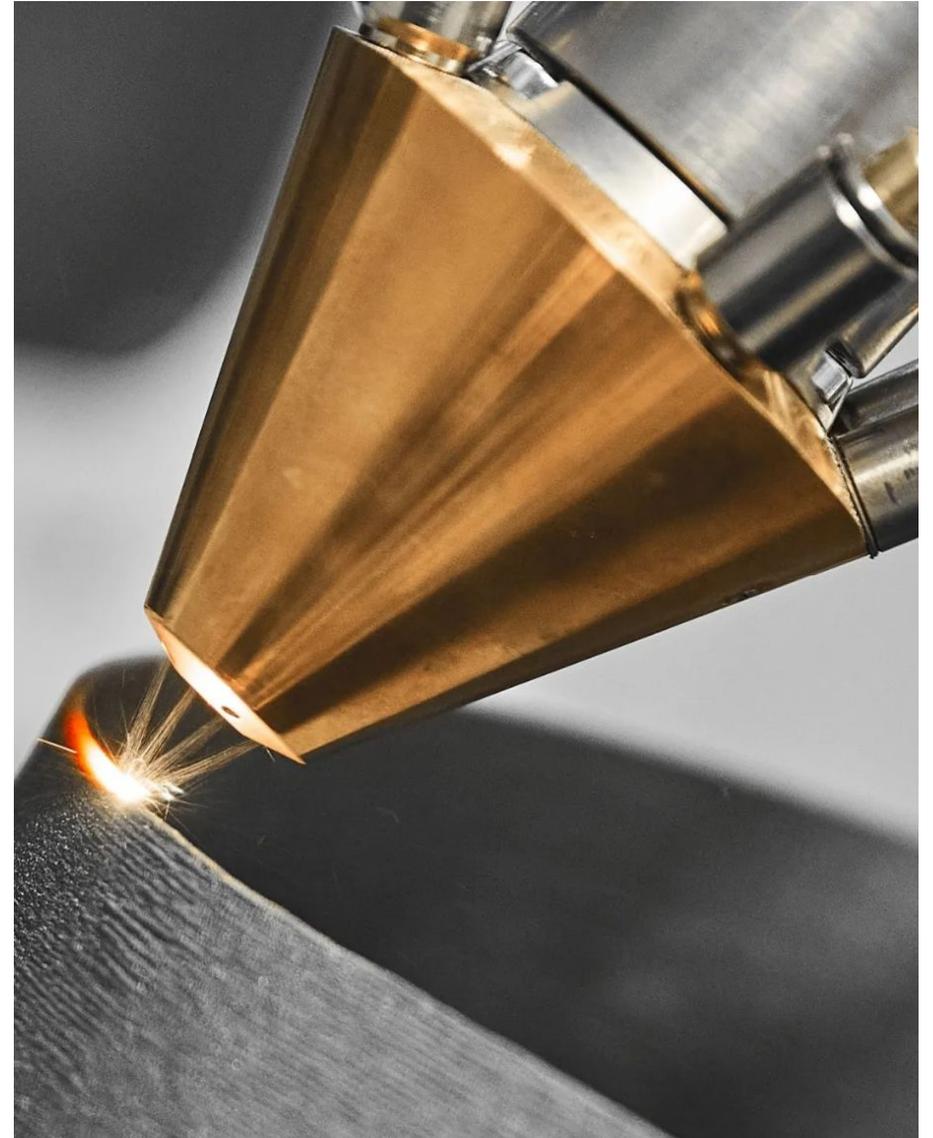
Dott. L. Olivieri

Laureando:

Thomas Poletto

Padova, 11/07/2024

1	Introduzione
2	Scudi Spaziali
3	Additive Manufacturing per metalli
4	Applicazioni per impatti dinamici
5	Conclusioni



Sputnik 1

Viene lanciato il primo satellite artificiale: il sovietico Sputnik 1.

Salyut 1

Predecessore della ISS, è la prima stazione spaziale e marca la prima presenza stabile e prolungata nello spazio per un essere umano.

Global Positioning System

Diventa operativa una costellazione di 24 satelliti, che ancora oggi permette la localizzazione e l'orientamento sulla superficie terrestre.



LEO: la fascia di maggiore interesse (soprattutto economico), con la presenza dell'83,2% dei satelliti orbitanti totali.

2474: il picco del numero di satelliti lanciati in un anno, nel 2022.

59%: la percentuale dei satelliti lanciati negli ultimi 10 anni, a fronte dei 6645 lanciati in oltre 50 anni, dal 1957 al 2013.

3266: il numero di satelliti inattivi, pari al 32,7%.

+200M: il numero di detriti sufficientemente piccoli da poter schermare con sistemi di protezione passiva.



Vantaggi

- Relativamente economico, soprattutto con le nuove tecniche di produzione
- Sistema passivo, non richiede manutenzione una volta inserito in orbita
- Campo di ricerca in continua evoluzione, protezioni sempre più efficienti

Svantaggi

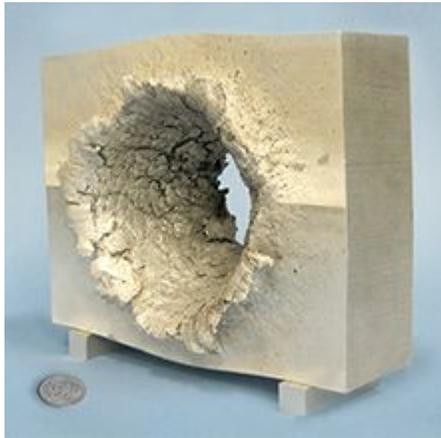
- Aumenta il peso del satellite
- Efficace solo entro certi limiti

Vantaggi

- Assicura ambiente spaziale controllato e sostenibile nel tempo

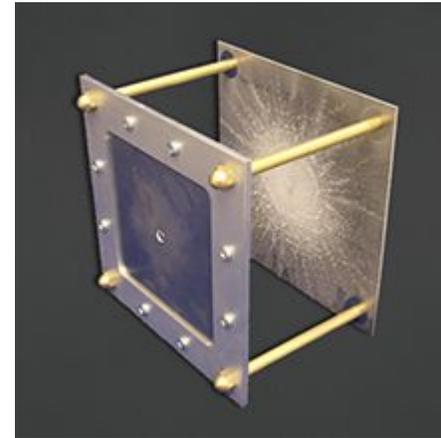
Svantaggi

- In via di sviluppo
- Costoso
- Sistema di navigazione e cattura attivo



Monolitico

Il più semplice sistema di protezione passivo, consiste in una singola parete adesa alla struttura stessa del satellite.

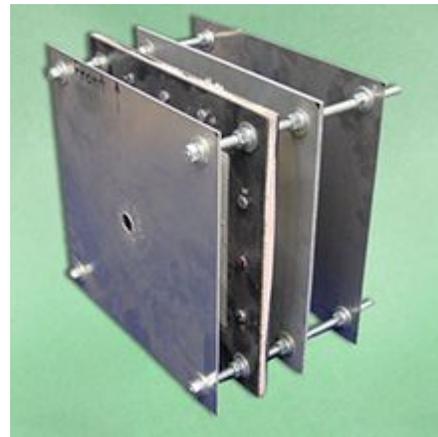


Whipple

Scudo piuttosto efficace, consiste in una lamina sacrificale posta ad una certa distanza dalla superficie del satellite, che ha il compito di frammentare il detrito impattante.

Stuffed Whipple

Caratterizzato dalla presenza da più lamine dello stesso materiale o di materiale diverso tra il bumper ed il rearwall.



Honeycomb

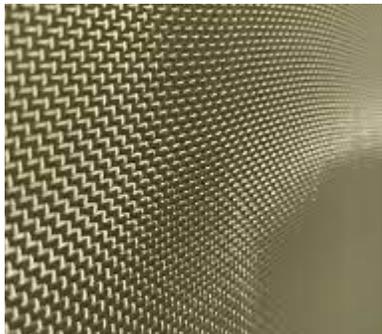
Formato da una struttura alveolare a sandwich che limita la frammentazione del detrito ma che permette una risposta strutturale ottimale.





Alluminio

Facilmente lavorabile e resistente, può essere integrato in sistemi complessi.



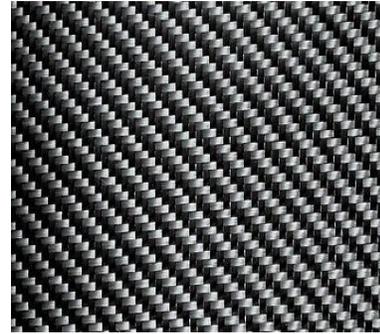
CFRP

Candidato ideale per costruire bumper, il CFRP è leggero e resistente.



Titanio

Materiale resistente alla corrosione e altamente compatibile per essere usato come parte di compositi. Nonostante la pesantezza è vantaggioso in termini di rapporto resistenza/peso.



Kevlar

Capace di resistere a cicli di riscaldamento e raffreddamento continui; gode di alte temperature di fusione e notevoli proprietà meccaniche.

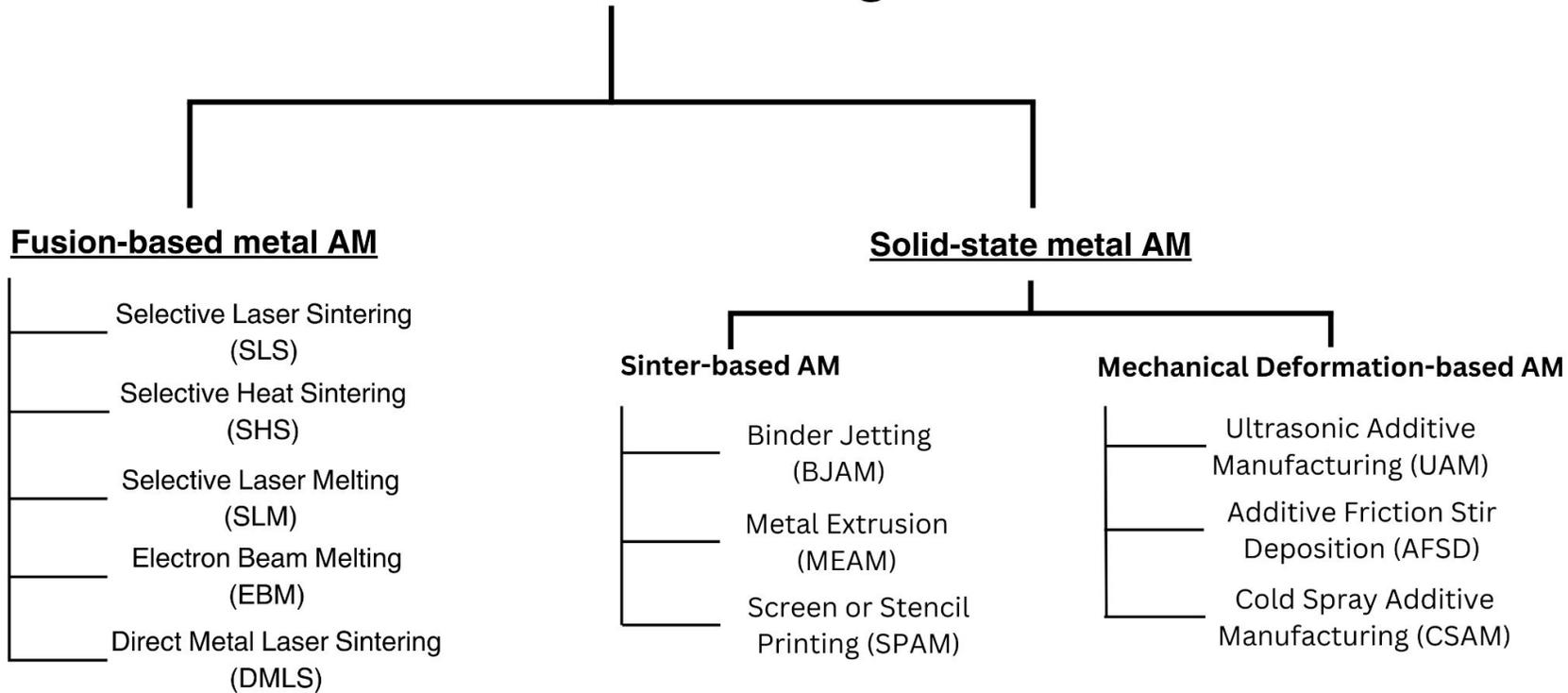


Nextel

Trattasi di un filamento ceramico rinforzato; consiste in fibre di alluminio unite a ossidi di Silice, Zirconio e Boro.

I processi di Additive Manufacturing possono essere divisi come segue

Metal Additive Manufacturing Methods



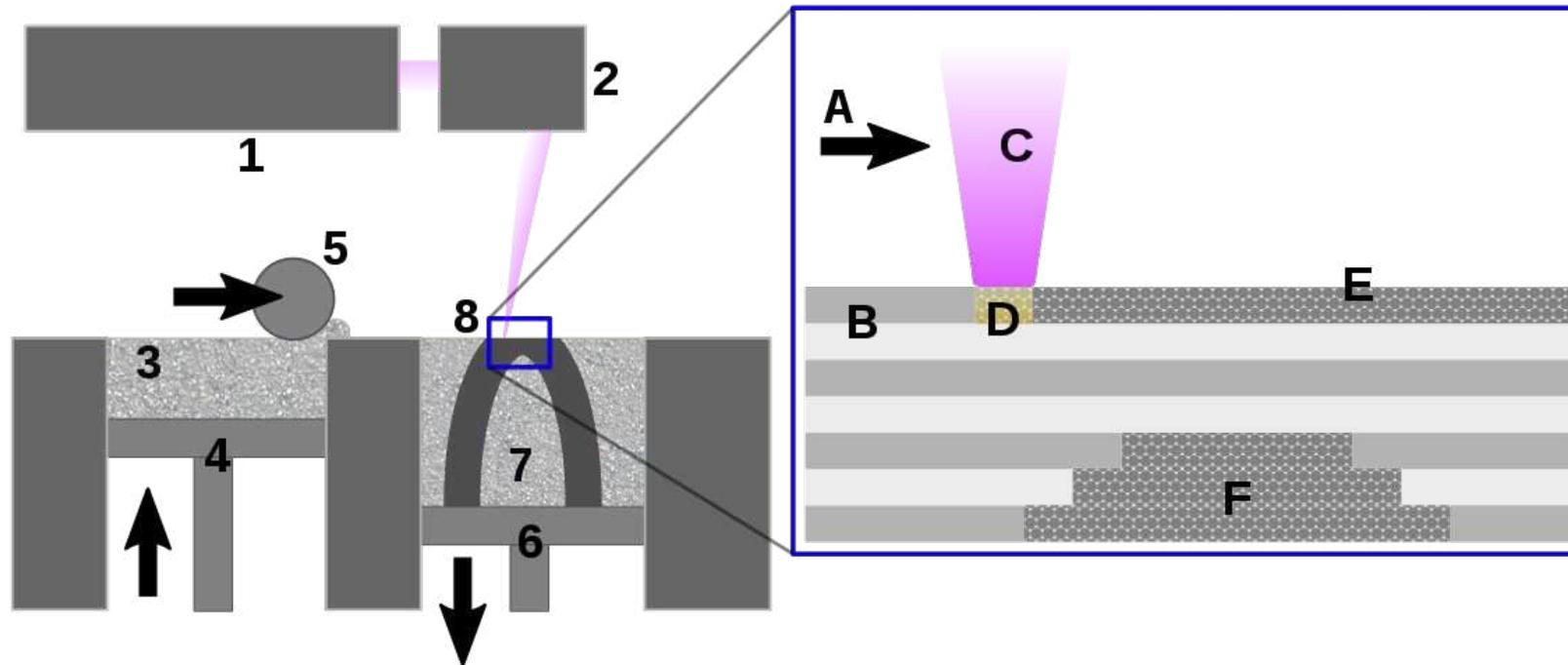
I punti forti sono

- Abbattimento dei costi
- Facilità di costruzione
- Riduzione del peso e nuovi design
- Produzione in serie
- Impatto ambientale inferiore
- Produzione di materiali compositi
- Produzione in-orbit oppure in-situ

In questo caso la produzione del manufatto si basa sulla fusione della sostanza polverizzata e il successivo deposito di un nuovo strato di polvere.

Selective Laser Sintering (SLS)

Il metodo SLS utilizza un laser ad alta potenza capace di fondere selettivamente la polvere che può essere della più svariata natura: plastica, polimeri, ceramiche, nylon, poliammide, metalli e vari compositi.

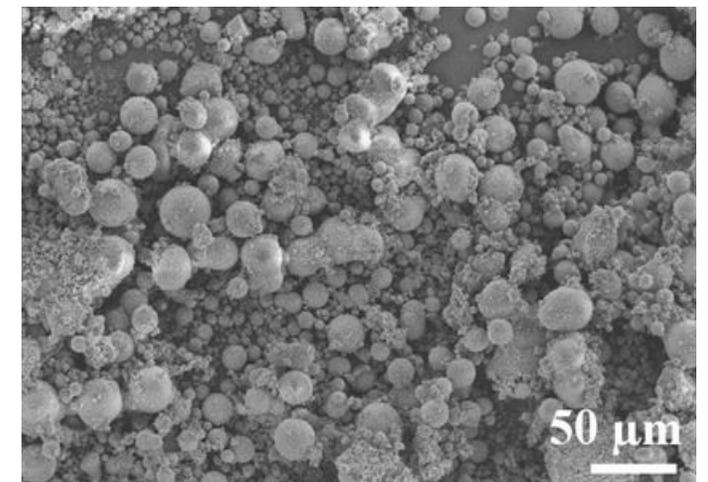
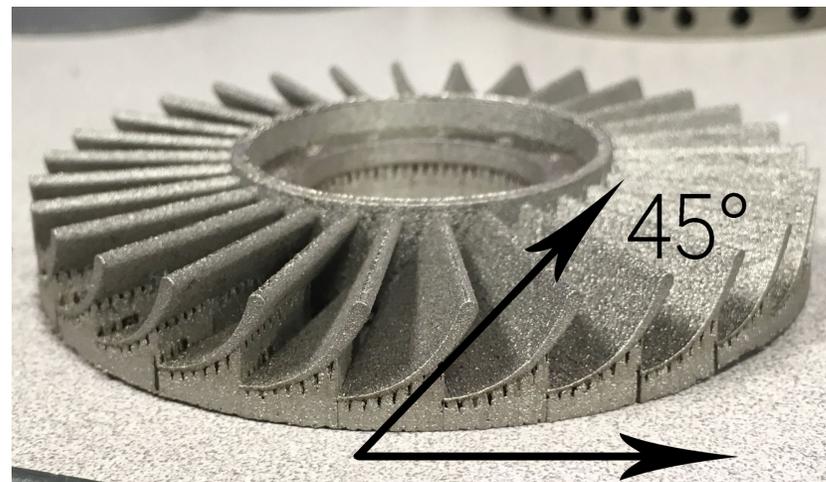


Differenze rispetto a SLS:

- **Selective Heat Sintering**
 - Testata termica
- **Selective Laser Melting**
 - Fusione laser completa
 - Composto omogeneo
- **Electron Beam Melting**
 - Fascio di elettroni in ambiente sottovuoto
- **Direct Metal Laser Sintering**
 - Temperatura di sinterizzazione
 - Difetti e porosità
 - Trattamenti termici o HIP

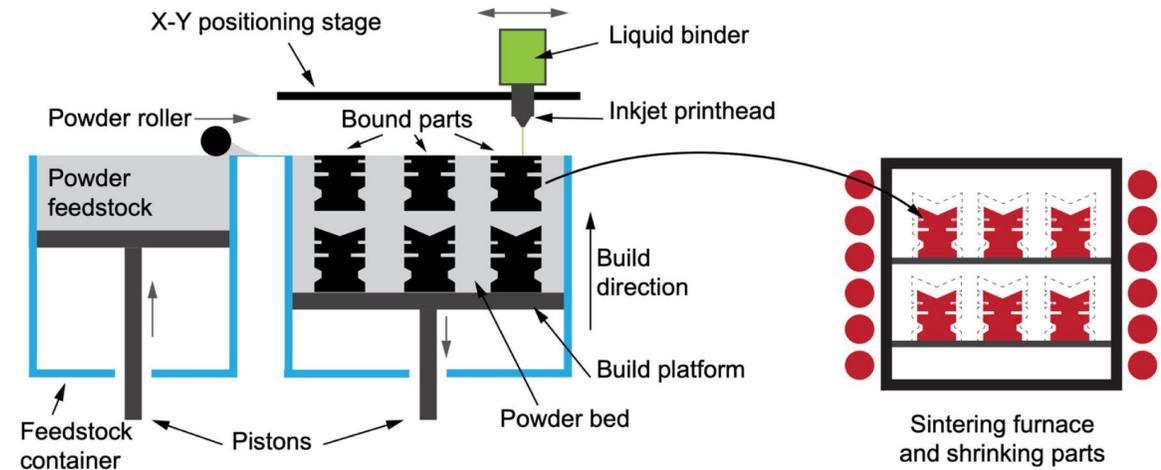
Difetti dei Fusion Based:

- Disomogeneità nella microstruttura e nelle proprietà
- Limitazioni per le leghe
- Necessità di supporti strutturali in fase di produzione
- Gas e umidità possono restare intrappolati nei processi di fusione



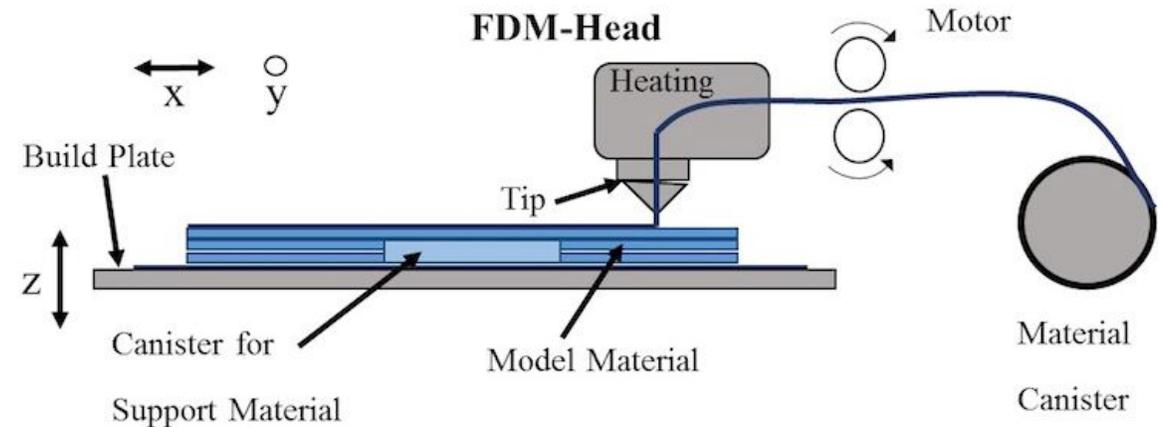
Binder jetting

- Materiale organico diluito con un solvente spruzzato sulla polvere selettivamente
- Separazione tra oggetto e polvere di scarto per energia termica
- Processo veloce



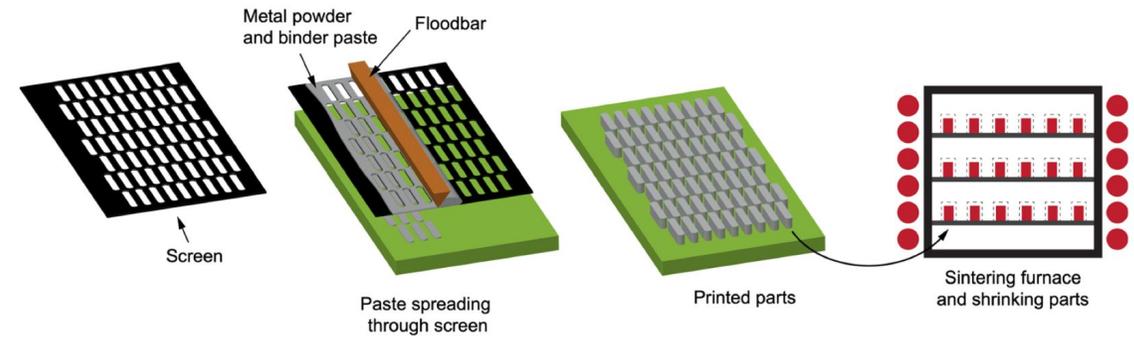
Material Extrusion Based

- Estrusione polimeri termoplastici, leghe o metalli allo stato plastico o semiliquido insieme ad un binder organico
- Rimozione binder per dissoluzione chimica o termica



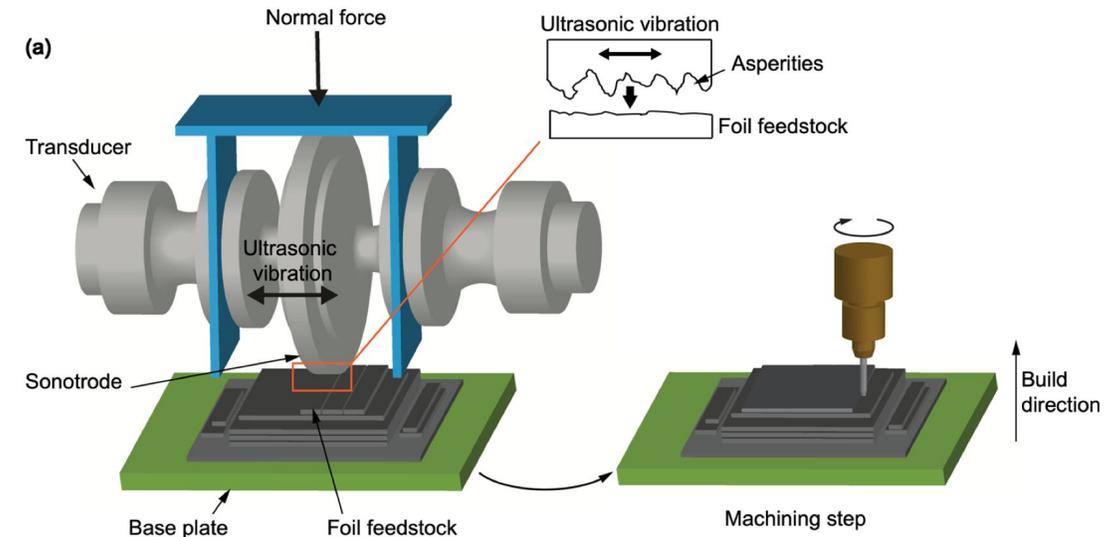
Screen or Stencil Printing

- Polvere di metallo e leghe mescolata a sostanza a base di solvente acquoso
- Lastra forata che funge da “negativo”



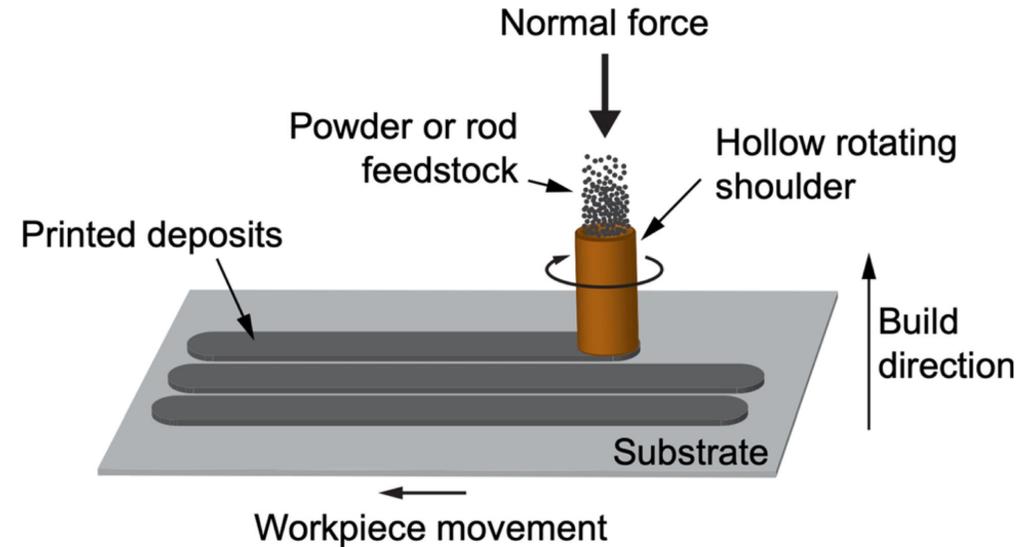
Ultrasonic Additive Manufacturing

- Utilizzata per saldatura di laminati metallici
- Sonotrodo vibrante
- Asperità sul materiale e rimozione di ossido
- Materiale di scarto minimo
- Velocità di produzione ridotta



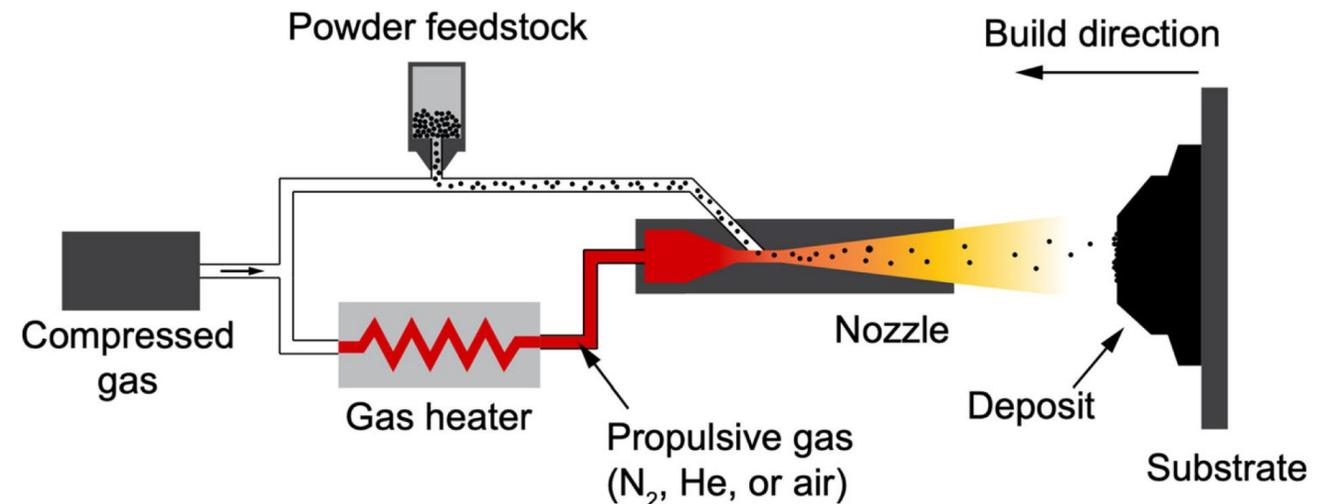
Additive Friction Stir Deposition

- Tubo cavo rotante
- Attrito
- Ammorbidimento materiale, favorisce il legame metallurgico



Cold Spray Additive Manufacturing

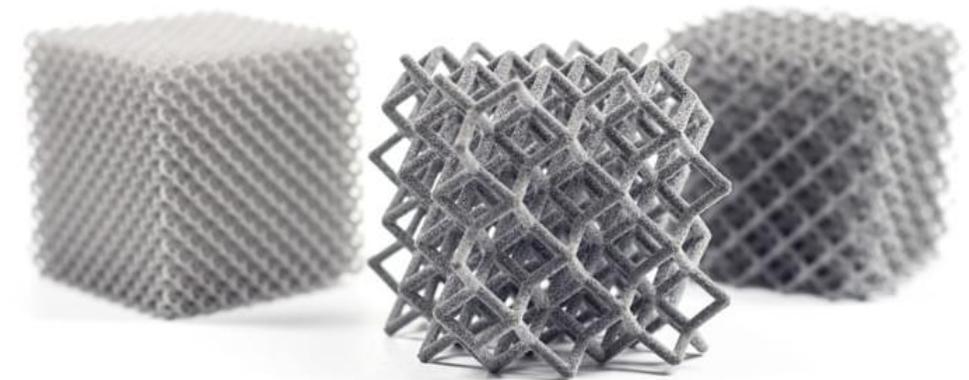
- Gas freddo compresso
- Gas surriscaldato supersonico
- Trasformazione da energia cinetica in deformazione plastica.



Per quanto concerne il campo degli scudi spaziali, si studia la loro risposta agli urti attraverso l'analisi della velocità di deformazione: dell'ordine di 10^8 s^{-1} nel campo spaziale. Questi fenomeni vengono classificati come **High Energy Events** (**MMOD** nel campo degli scudi spaziali) e sono eventi altamente localizzati ed estremamente energetici.

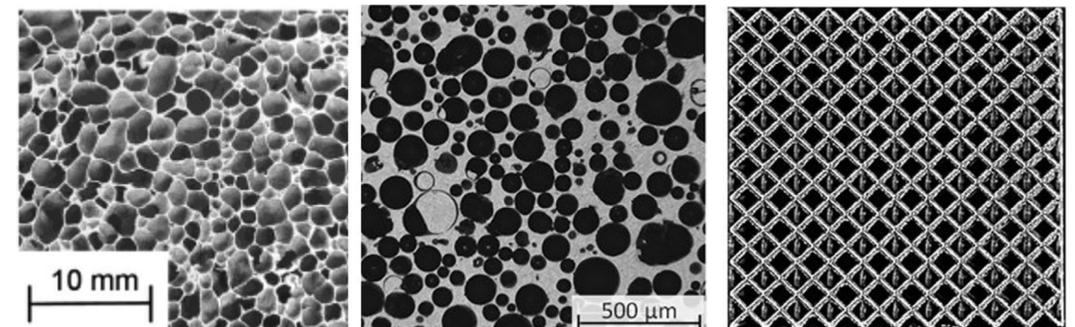
Il design che costituisce uno scudo spaziale ha geometrie di tipo cellulare e le proprietà sono regolate da tre fattori:

- Il materiale che costituisce la struttura alveolare interna;
- La topologia e la geometria dell'unità cellulare;
- La densità relativa della struttura cellulare.



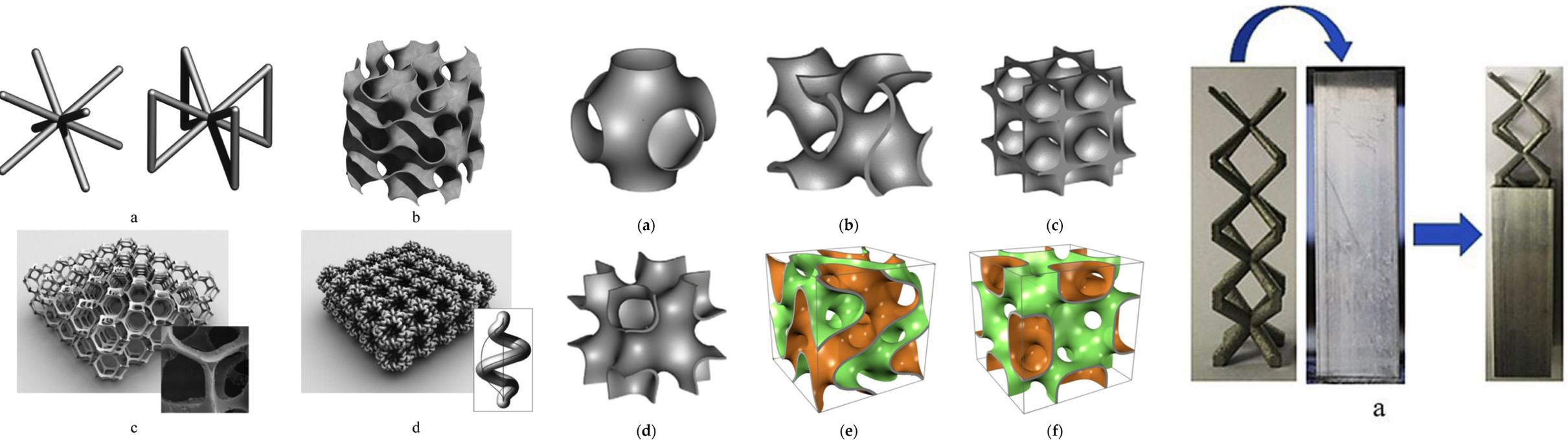
I dispositivi di protezione sono costituiti da unità cellulari che possono essere prodotte in tre modi diversi:

- Schiuma metallica
- Materiale poroso sintattico
- **Reticolare**



La libertà offerta dalla tecnica di additive manufacturing in fase di progettazione e sviluppo è senza pari e sta portando a risultati notevoli. Alcuni esempi sono:

- Unità reticolari a **doppia elica**: +50% di energia assorbita rispetto a BCC;
- L'unità **H3DP** (Hierarchical three-Dimensional Porous): EAC superiore;
- Schiume a **celle aperte** e **strutture a base elicoidale** hanno evidenziato una capacità assorbente superiore;
- **Functionally Graded Lattice Structures**: sistema tailored molto leggero in cui la densità varia spazialmente.



Gli scudi spaziali, per raggiungere il loro scopo e sopravvivere agli impatti, devono

- Assorbire l'energia cinetica di fenomeni localizzati;
- Frammentare il detrito impattante;
- Impiegare unità cellulari e design ottimizzati.

Ad oggi, per assolvere a queste esigenze, le strade percorribili sono **quattro**:

- A.** La produzione di scudi integrati con materiali avanzati come le **leghe di titanio** ed i compositi **Bulk Metallic Glasses**;
- B.** La costruzione di **strutture multi-materiali**;
- C.** L'ottimizzazione e la personalizzazione delle **geometrie interne ed esterne** dei sistemi di protezione;
- D.** L'integrazione di meccanismi di protezione multipli in un unico sistema.

Grazie per l'attenzione.