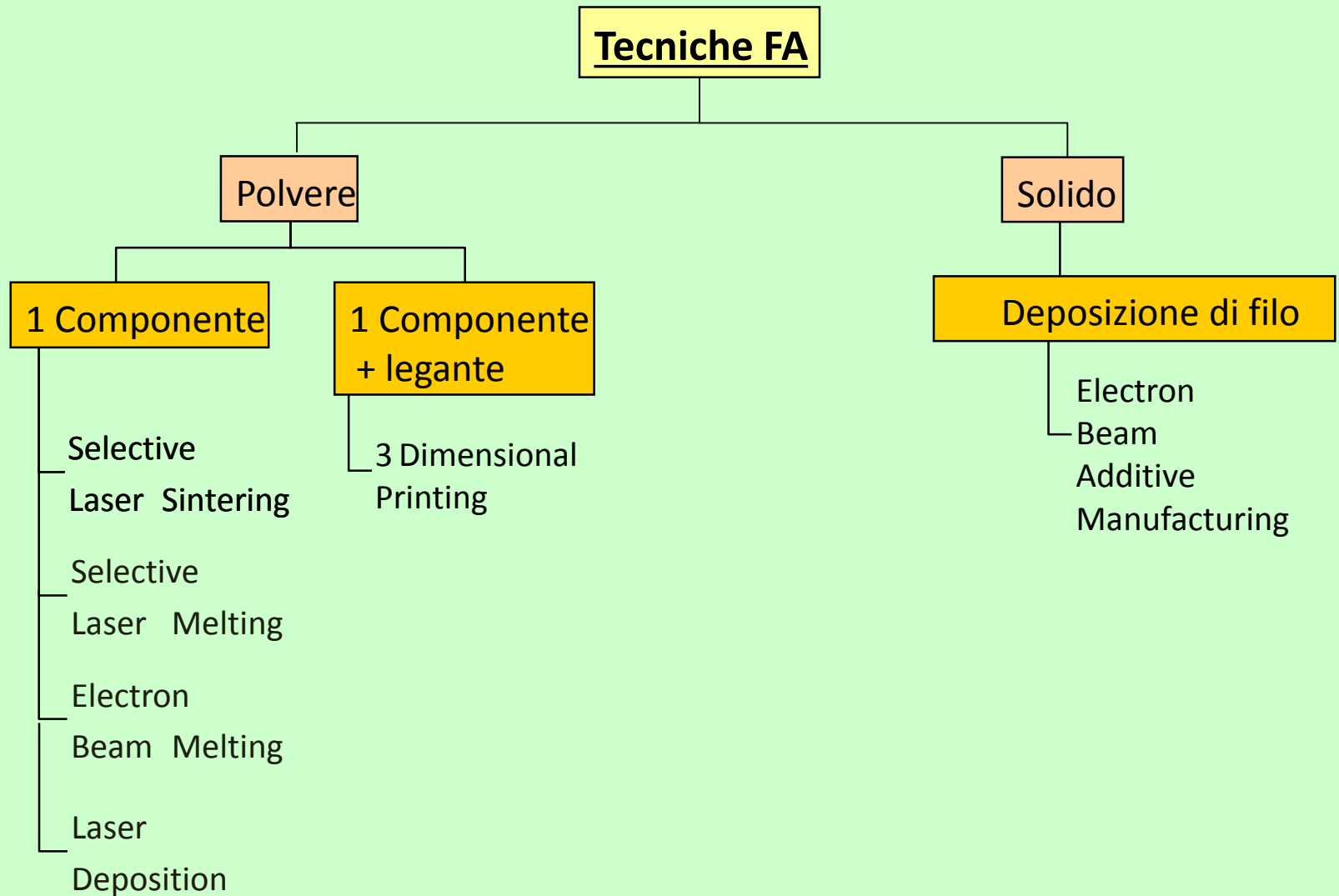


Tecniche di Additive Manufacturing per metalli

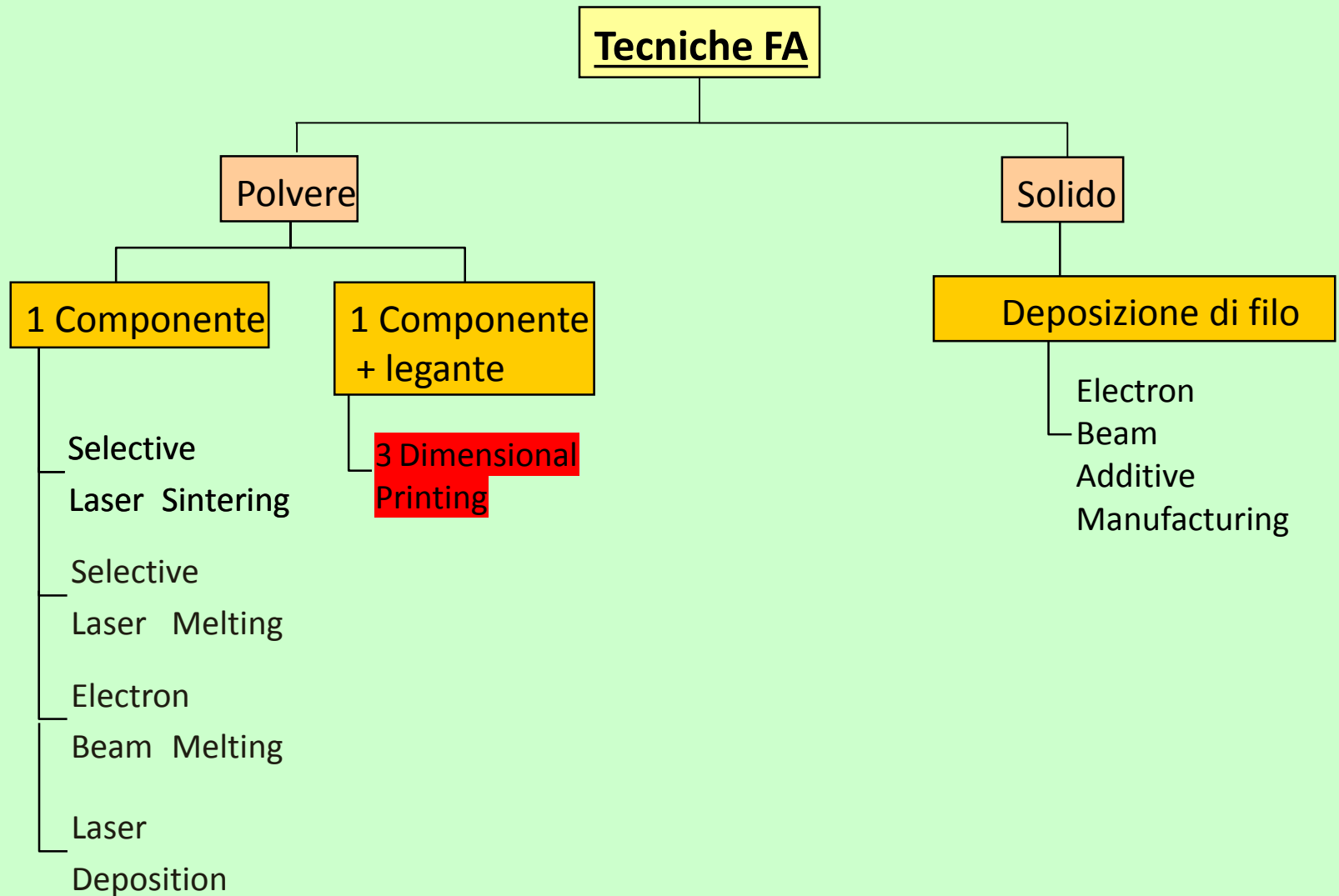
Prof. Luca Iuliano



TECNICHE AM PER METALLI



TECNICHE AM PER METALLI




3 Dimensional Printing (3DP)

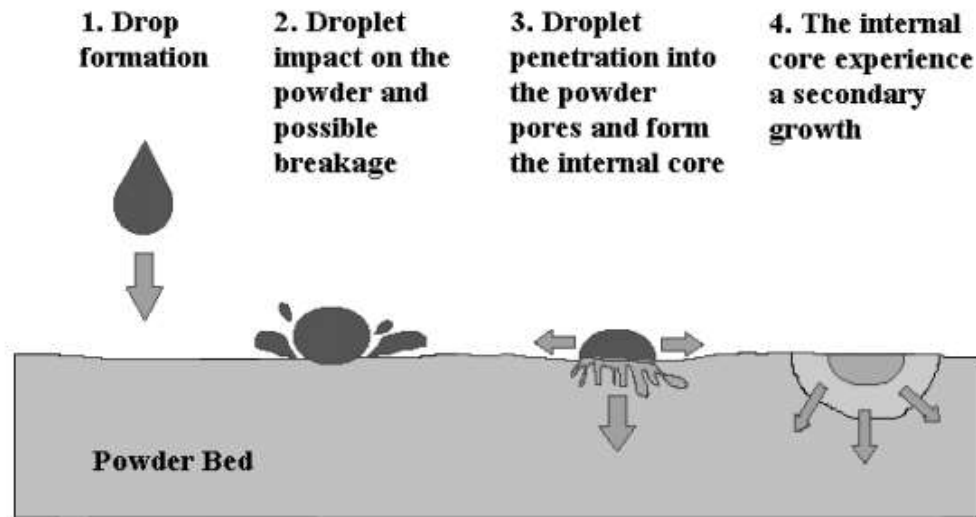
Processo:

Sviluppato e brevettato dal Prof. E. Sachs del MIT di Boston e concesso in licenza in funzione del materiale a 5 aziende, 3 hanno effettivamente sviluppato le macchine.



Descrizione	Materiali	Produttore
<p>Il collante viene depositato in modo selettivo su di un letto di polvere</p> 	Metalli	ExOne (USA)
	Polimero	Voxel Jet (Germania)
	Ceramica	3D Systems (USA) ExOne (USA)

3 Dimensional Printing (3DP)



Droplet Interaction with Powder

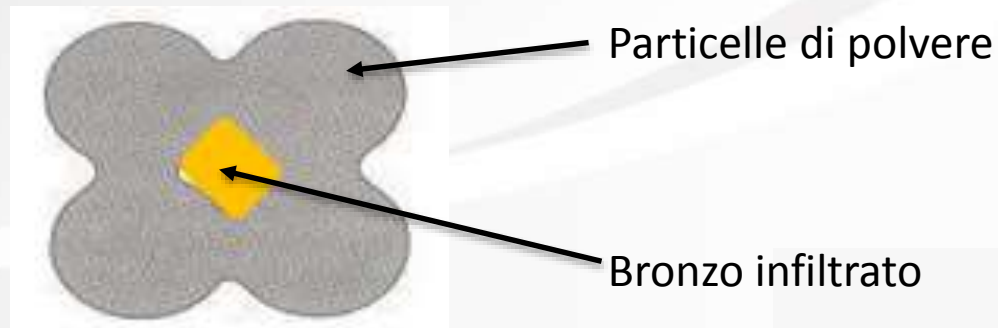
Analogous to inkjet paper printer:

(Binder \equiv Ink Powder Layer \equiv Paper)

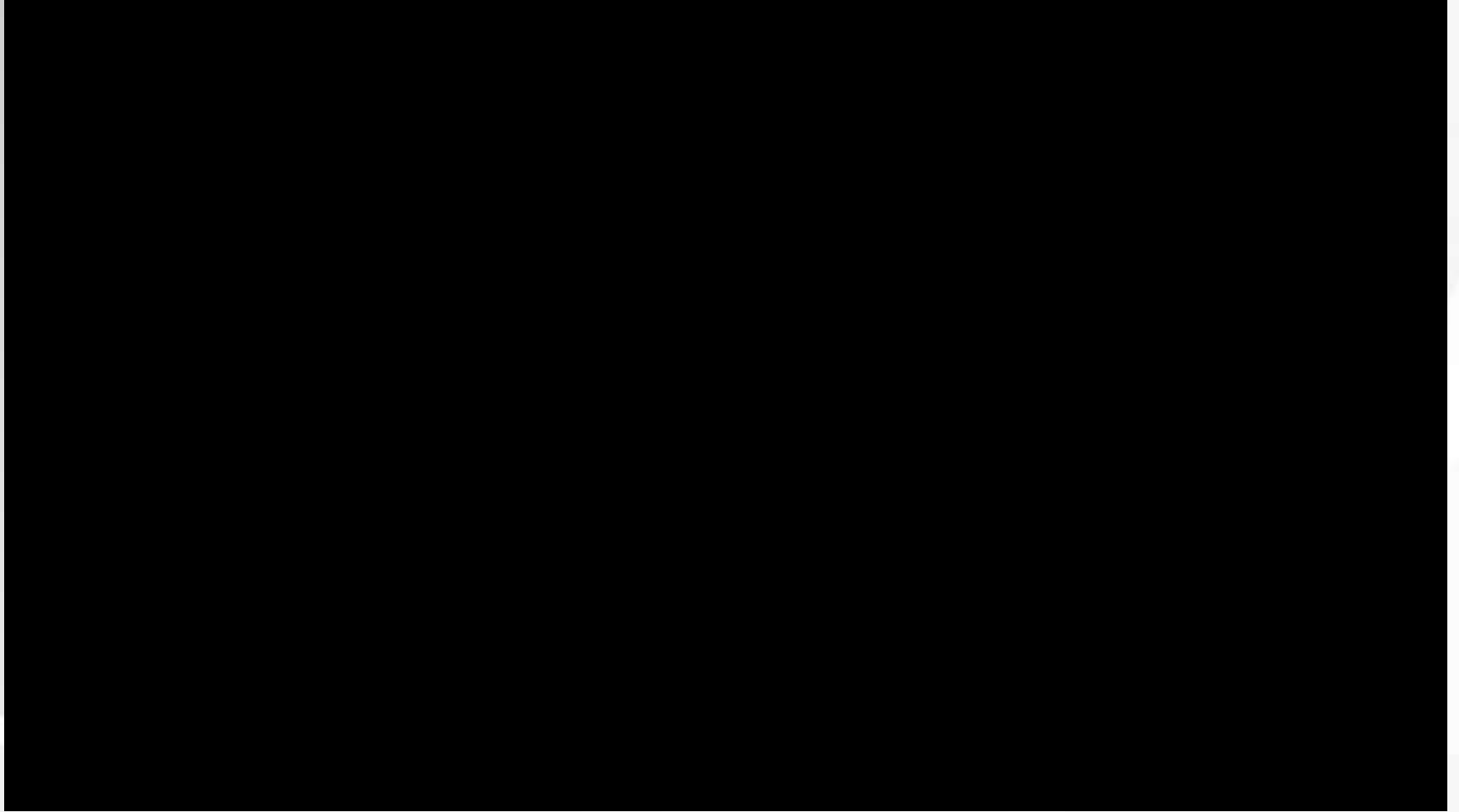
**Exception: Binder must penetrate to bond
with previous layer**

3DP – ExOne – Processo

- Deposizione del collante su un letto di polveri metalliche;
- Impianti destinati sia alla prototipazione con volumi di lavoro medio-grandi;
- Necessità di trattamento di infiltrazione ad alta temperatura per eliminare il collante e inserire al suo posto il bronzo;
- A valle dell'infiltrazione si ha un composto metallico costituito dalle particelle del materiale di partenza unite dal bronzo infiltrato.



3DP – ExOne – Processo



3DP – ExOne – La macchina

M-Print



Volume di lavoro: 400x250x250 mm

Risoluzione: 63.5 μm in X, 60.0 μm in Y e 100.0 μm in Z

Spessore dello strato: 0.1 mm

Velocità di costruzione: (30-60) secondi/strato



3DP – ExOne – Pulizia e infiltrazione



Pulizia



Preparazione per infiltrazione



Componenti infiltrati

3DP – ExOne – Materiali



420 Stainless Steel / Bronze Matrix

ExOne® 3D Printed 420 Stainless Steel infiltrated with Bronze is a matrix material composed of 60% stainless steel and 40% bronze infiltrant. This material offers good mechanical properties, is available in both an annealed and non-annealed condition, is able to be machined, welded and polished, and offers excellent wear resistance.



316 Stainless Steel / Bronze Matrix

ExOne® 3D Printed 316 Stainless Steel infiltrated with Bronze is a matrix material composed of 60% stainless steel and 40% bronze infiltrant. The lower yield strength of the material enables it to be easily machined and polished.



IN Alloy 625

ExOne® 3D Printed Alloy IN 625 material is a nearly full dense, austenitic nickel-chromium-based superalloy. This material offers excellent mechanical properties both at extremely high and low temperatures. It also exhibits high resistance to oxidation at elevated temperatures of up to 1050°C. Good resistance to acids, such as nitric, phosphoric, sulfuric and hydrochloric, as well as to alkalis makes possible the construction of thin structural parts with high heat transfer capabilities.

3DP – ExOne – Materiali



17-4 Stainless Steel

17-4 Stainless Steel has broad applications in the automotive, medical and general industry markets, used to produce a range of products, including surgical tools, metallic filters, pumps, impellers and structural automotive parts. 17-4 Stainless Steel is known for its excellent mechanical and corrosion resistance properties and cost-effectiveness.



IN Alloy 718

Commonly used for components in the aerospace, chemical and energy markets, with applications including gas turbine blades, filtration and separation, heat exchanger and molding processes, the alloy is desirable due to its oxidation and corrosion-resistant qualities, able to retain its strength even when subjected to extreme environments.

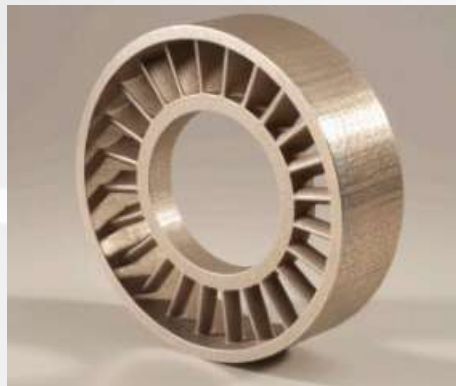


Iron / Bronze Matrix

ExOne® 3D Printed Iron infiltrated with Bronze is a matrix material composed of 60% iron and 40% bronze infiltrant. This material offers good mechanical properties, is able to be machined, welded and polished, and offers excellent wear resistance.

3DP – Ex One – Applicazioni

- Prototipi funzionali
- Inserti per stampi di preserie



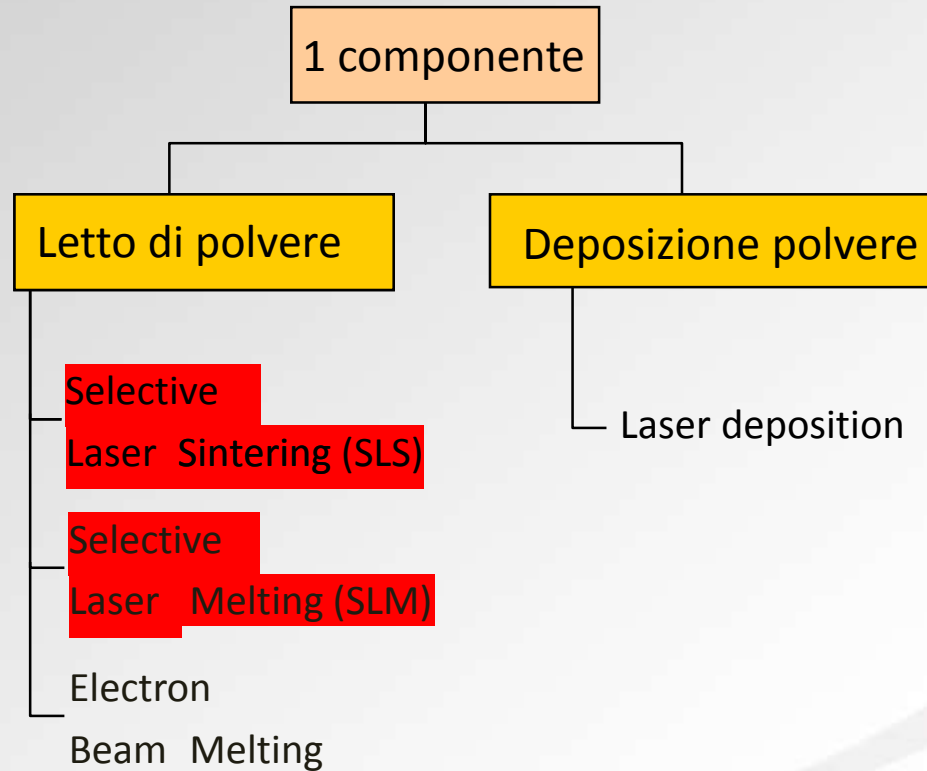
3DP – ExOne - Vantaggi

1. Elevata produttività nella produzione delle parti;
2. Assenza di supporti;

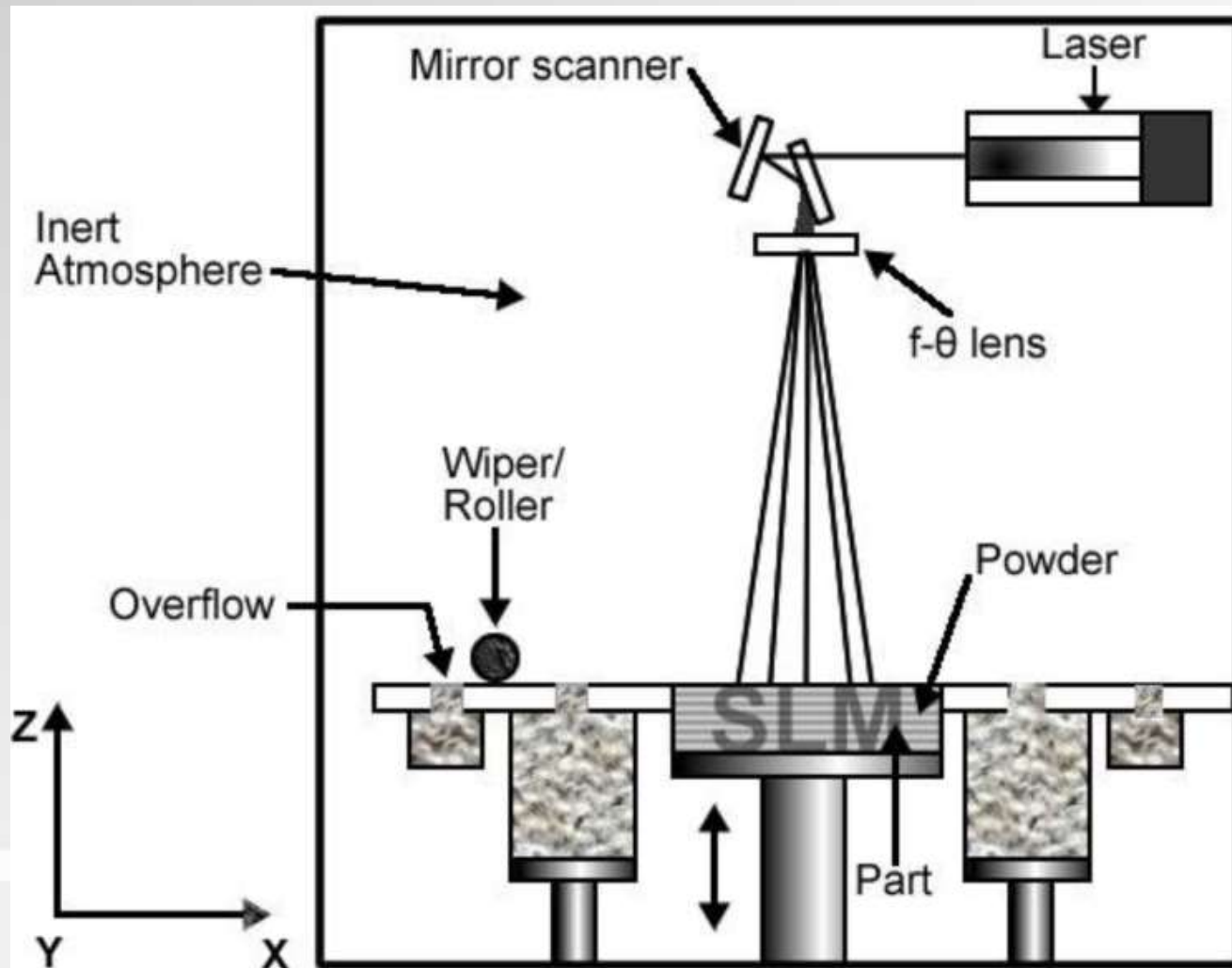
3DP – ExOne - Limiti

1. Materiali non definitivi;
2. Limitata diffusione della tecnica

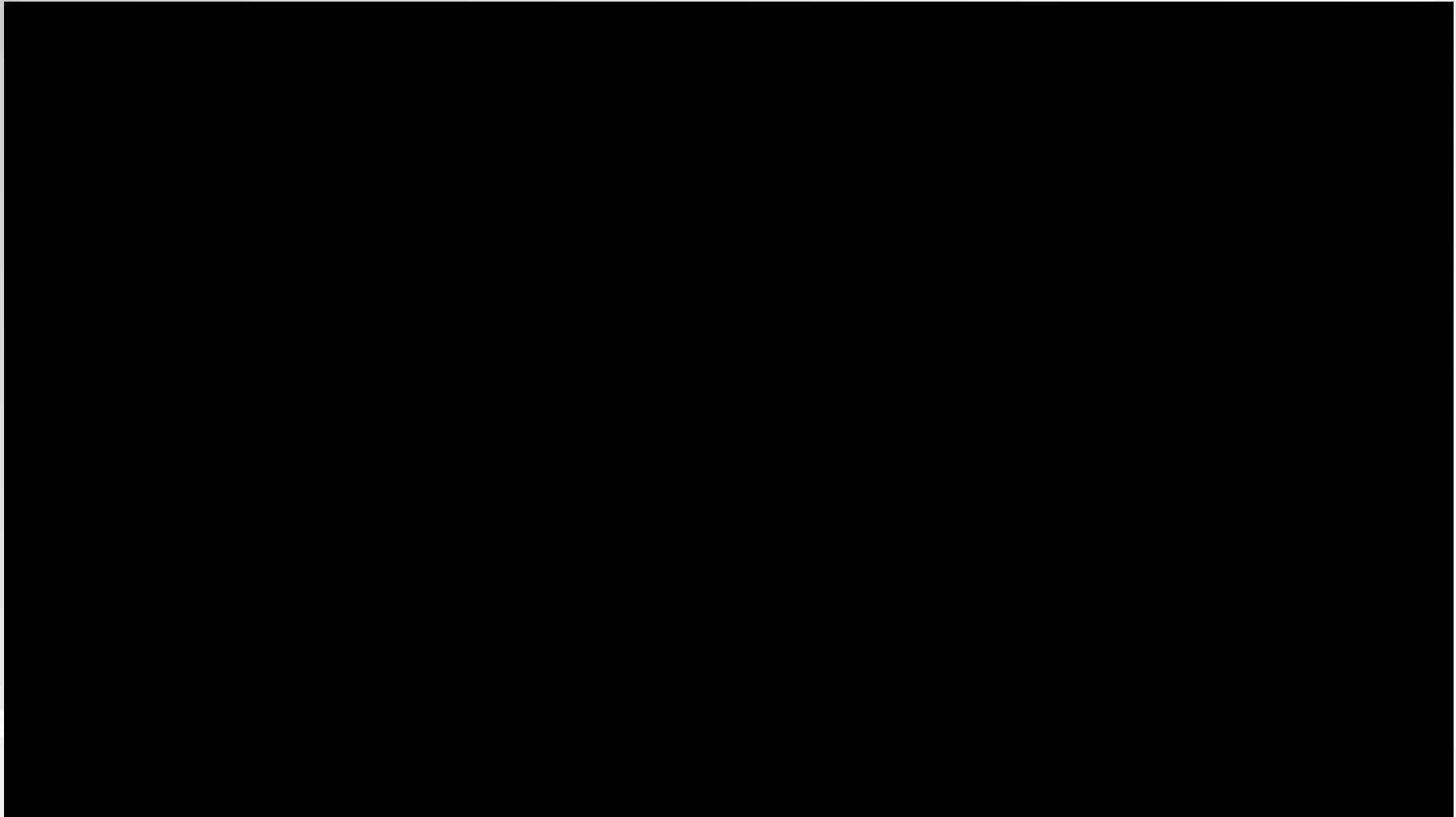
TECNICHE AM PER METALLI



SLS/SLM – Processo

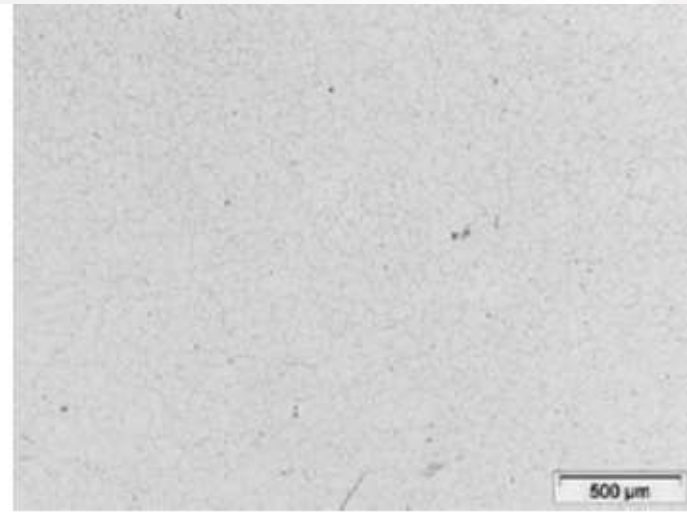
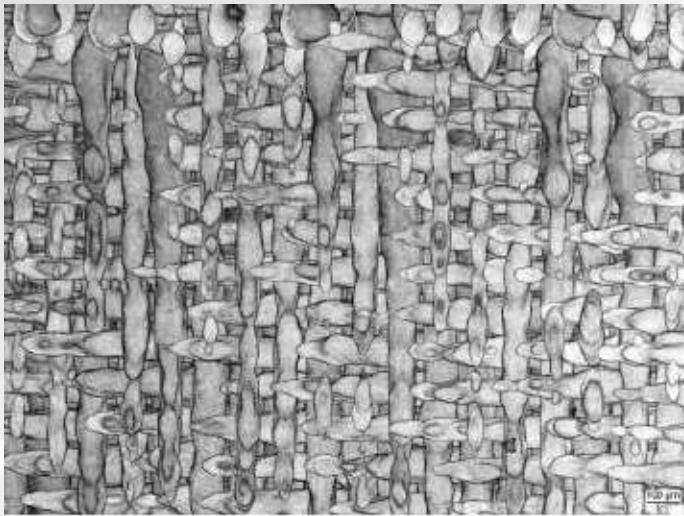


SLS/SLM – Processo



Letto di Polvere – SLS, SLM

- SLS e SLM sono in realtà la stessa tecnica la differenziazione è legata a ragioni storiche quando la miscela metallica non raggiungeva sotto l'effetto della radiazione laser la completa fusione lasciando porosità nel componente;
- Allo stato attuale si ha la completa fusione delle polveri interessate dalla radiazione laser e le porosità se il processo è adeguatamente controllato risultano assenti e la densità è prossima al 100 %;



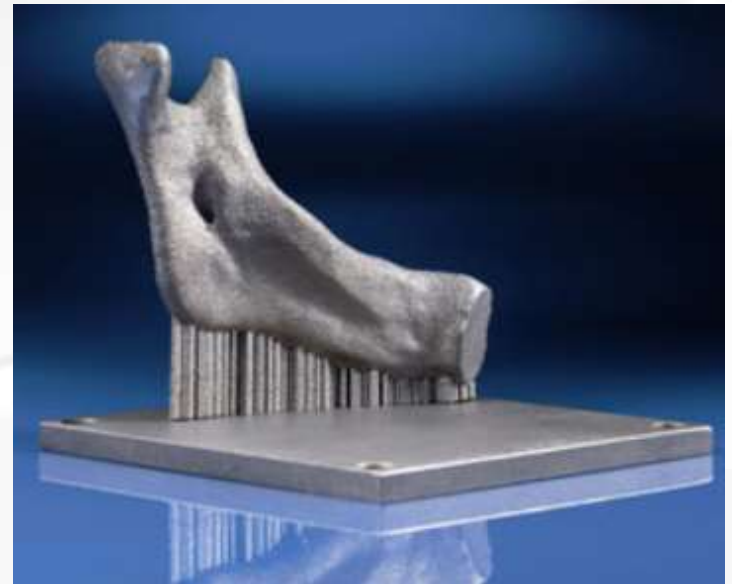
Sezioni di un campione in EOS CobaltChrome MP1, electrolytically etched.

Sx: come costruito da macchina, si notino i passaggi di fusione del fascio laser.

DX: morfologia completamente omogenea
Dopo trattamento termico.

Letto di Polvere – SLS, SLM

- Sono necessari i supporti per evitare il distacco del componente dalla piattaforma a causa del ritiro di solidificazione;
- Gli impianti operano con camera di lavoro sottovuoto per evitare ossidazioni, con materiali particolarmente reattivi (leghe di Titanio) viene insufflato argon.

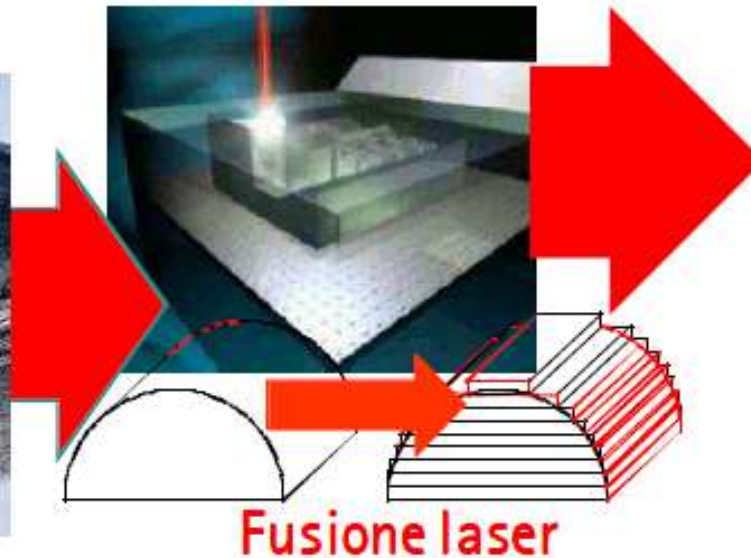


Letto di Polvere – SLS, SLM

- I componenti prodotti sono assimilabili ai getti ottenuti con la microfusione;
- I supporti devono essere rimossi meccanicamente;
- E' necessario effettuare un trattamento termico per l'eliminazione delle tensioni interne indotte dal processo di costruzione;
- Non è possibile ottenere tolleranze e rugosità paragonabili a quelle ottenibile con le lavorazioni ad asportazione di materiale, di conseguenza nelle zone di accoppiamento è necessario prevedere un sovramentallo compreso tra (0.5 – 1)mm;
- Possibilità di ottenere geometrie non realizzabili con le tecnologie convenzionali

Letto di Polvere – SLS, SLM

Descrizione	Materiale	Produttore
<p>Radiazione laser porta a fusione le particelle di materiale</p> 	Metalli	<p>EOS (Germania) Concept Laser (Germania) Renishaw (UK) Realizer (Germania) 3D Systems (USA) SLM Solutions (Germany) SISMA (Italia)</p>

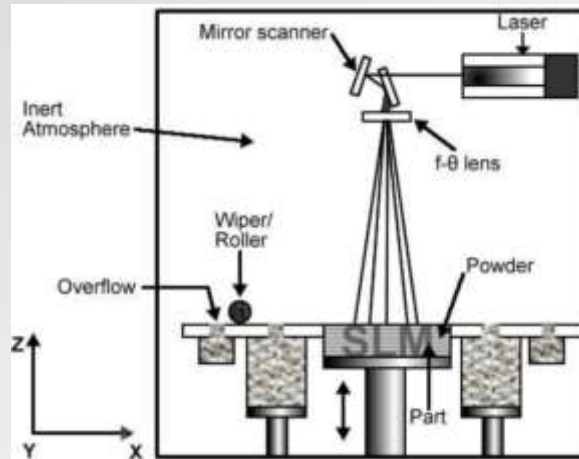


LETTO DI POLVERE CON SORGENTE LASER - PRODUTTORI



3D Systems (USA)

Volumi di lavoro fino a 800x400x500 mm



Renishaw (UK)



EOS (D)



Realizer (D)



SLM (D)

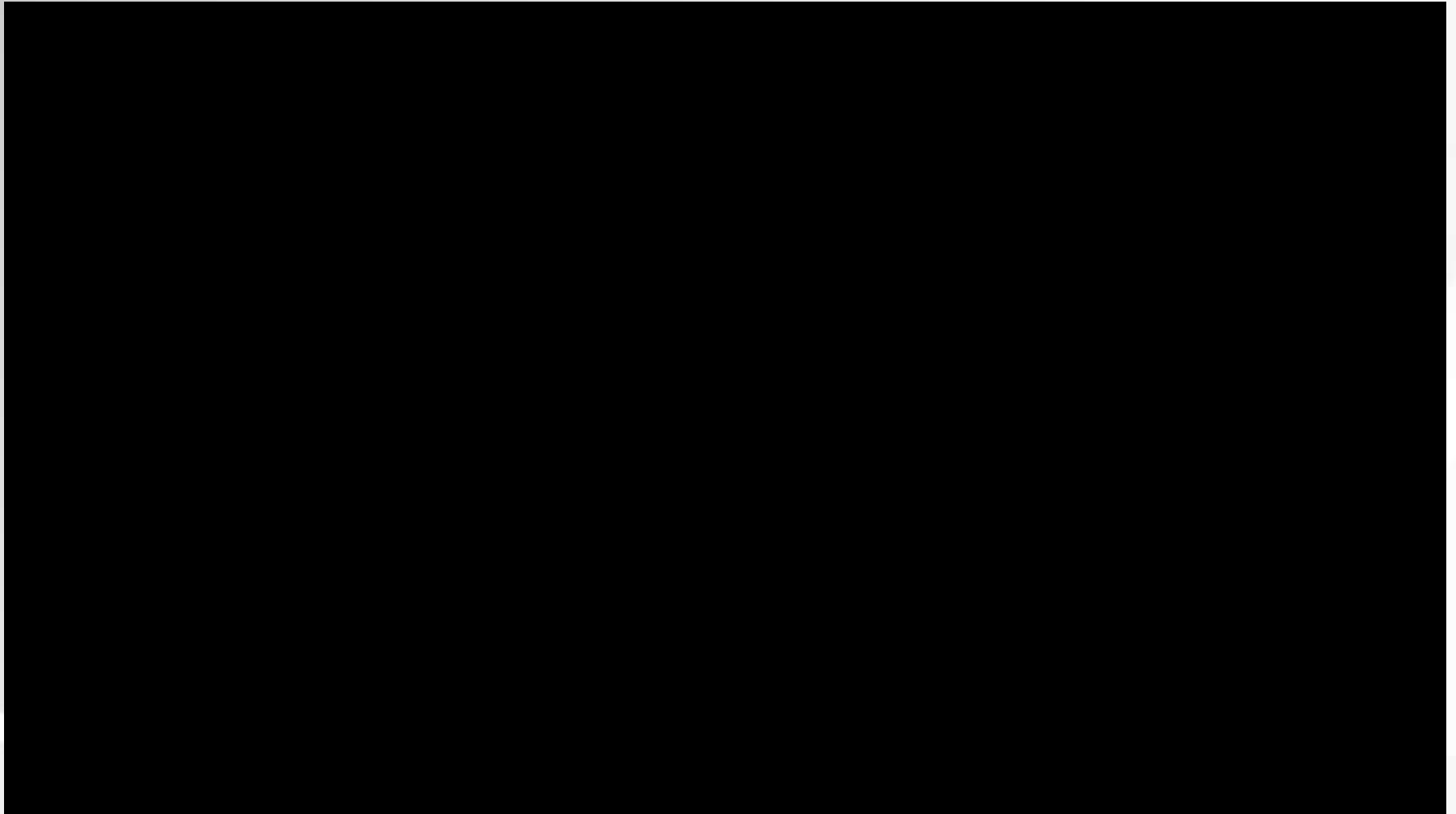


Trumpf Sisma (D-I)



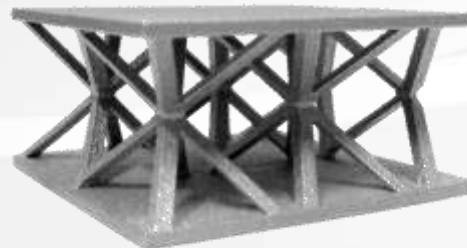
Concept Laser (D)

Letto di Polvere – SLS, SLM

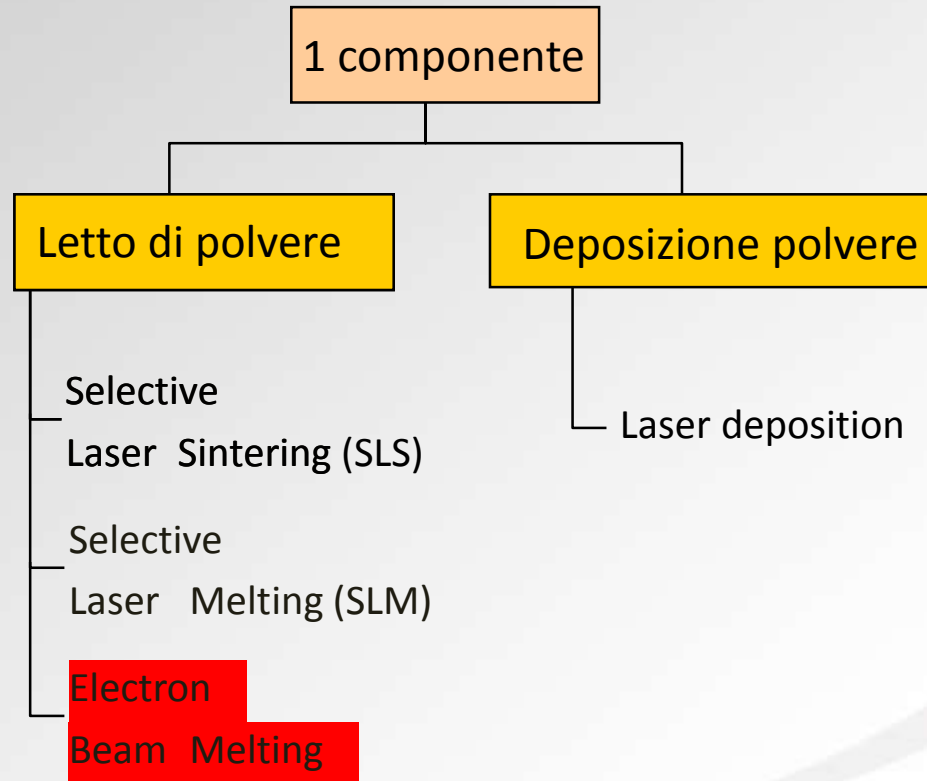


LETTO DI POLVERE CON SORGENTE LASER - MATERIALI

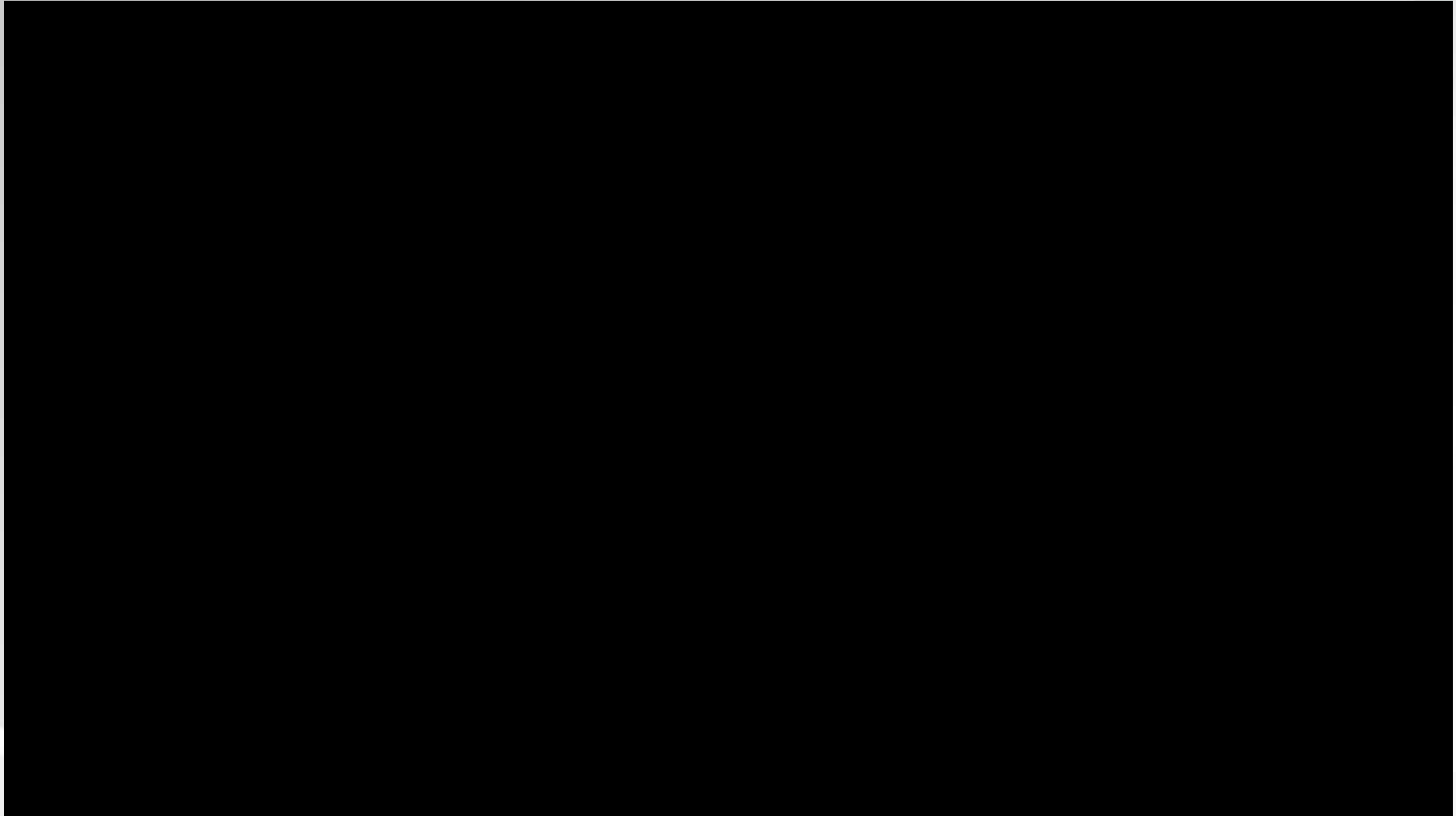
- Lega di alluminio AlSi10Mg;
- Cobalto Cromo biomedicale;
- Cobalto Cromo motorsport e aerospazio;
- Acciaio per stampi;
- Acciaio inox;
- Lega di titanio Ti6Al4V;
- Inconel IN625;
- Inconel 718
- Leghe Au.



TECNICHE AM PER METALLI

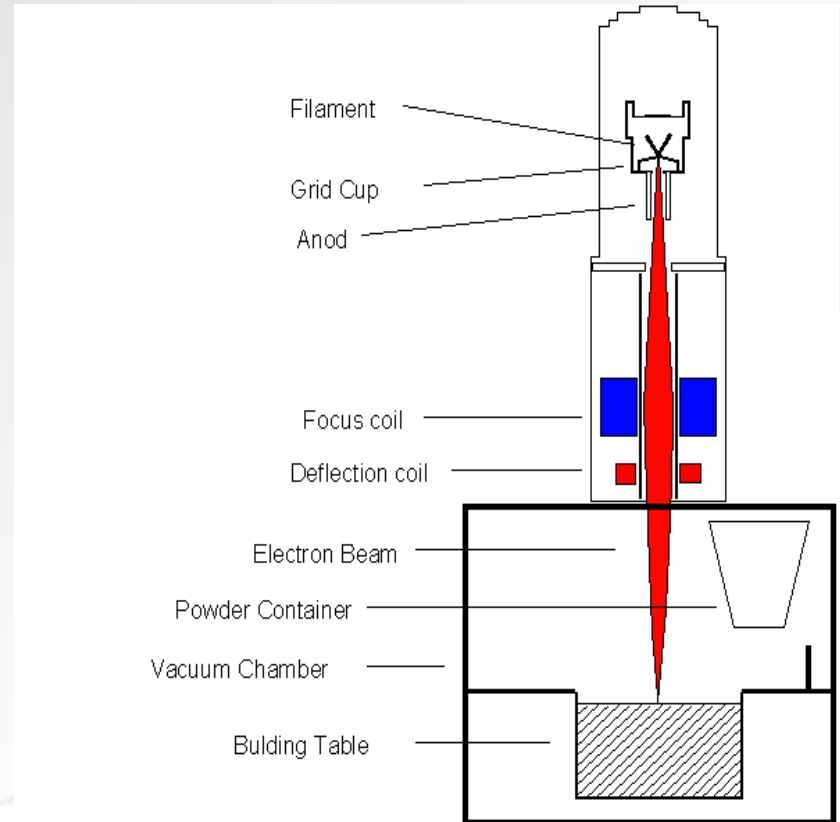


LETTO DI POLVERE CON EBM – Processo)



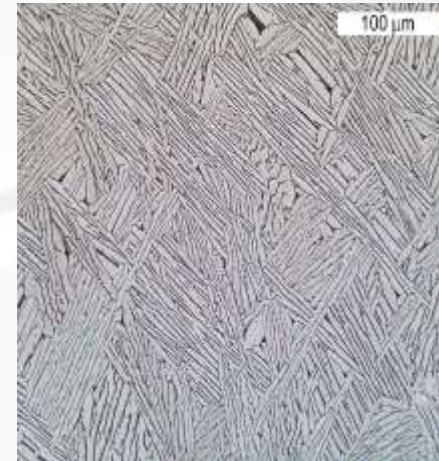
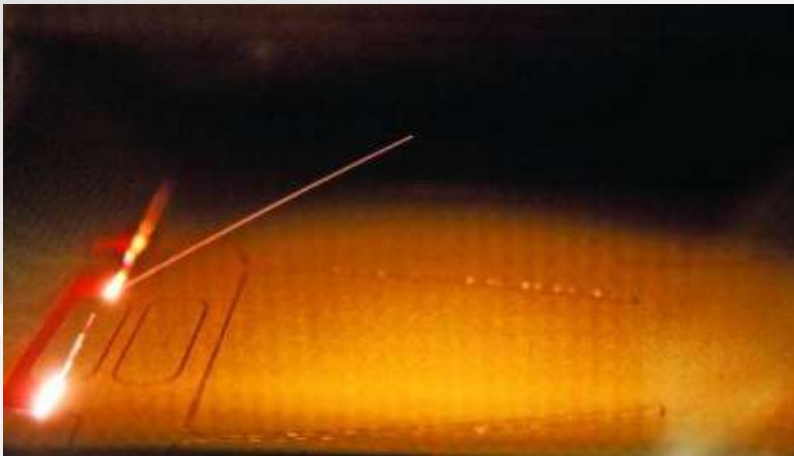
LETTO DI POLVERE CON EBM – Processo)

- **Gli elettroni** sono emessi da un filamento riscaldato a $T > 2500^{\circ}\text{C}$
- Gli elettroni sono **accelerati** attraverso l'anodo fino alla **metà della velocità della luce**
- Un campo magnetico porta il fascio nel **punto focale**
- Un altro campo magnetico **controlla la deviazione** del fascio
- Quando gli elettroni colpiscono la polvere, **l'energia cinetica** viene trasformata in **calore**.
- Il calore **fonde** la polvere in metallo



Letto di Polvere – EBM

- La sorgente di energia è derivata da un fascio di elettroni focalizzato sulla polvere;
- Si opera sotto vuoto spinto ed è un processo caldo, la polvere viene preriscaldata a una temperatura compresa tra (800-900)°C;
- Allo stato attuale si ha la completa fusione delle polveri interessate dalla fascio di elettrono le porosità se il processo è adeguatamente controllato risultano assenti e la densità è prossima al 100 %;

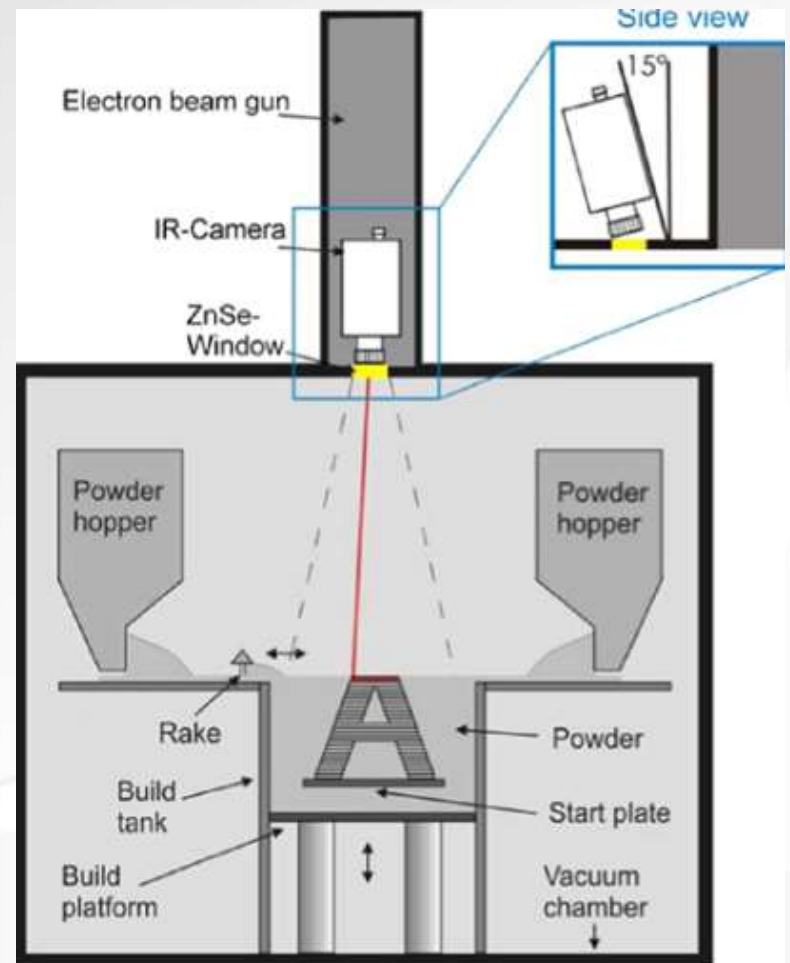


Letto di Polvere – EBM

- I componenti prodotti sono assimilabili ai getti ottenuti con la microfusione;
- I supporti devono essere rimossi meccanicamente;
- Rispetto al SLS/SLM le tolleranze e le rugosità superficiali sono maggiori;
- Non è possibile ottenere tolleranze e rugosità paragonabili a quelle ottenibile con le lavorazioni ad asportazione di materiale, di conseguenza nelle zone di accoppiamento è necessario prevedere un sovramentallo compreso tra (1 – 2)mm;
- Possibilità di ottenere geometrie non realizzabili con le tecnologie convenzionali

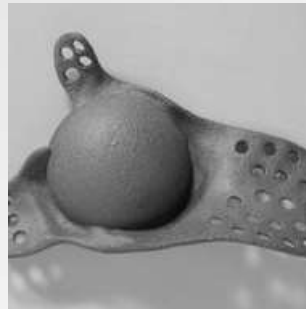
LETTO DI POLVERE CON EBM – ARCAM (Svezia)

Volume di lavoro fino a $\phi 350 \times 380$ mm

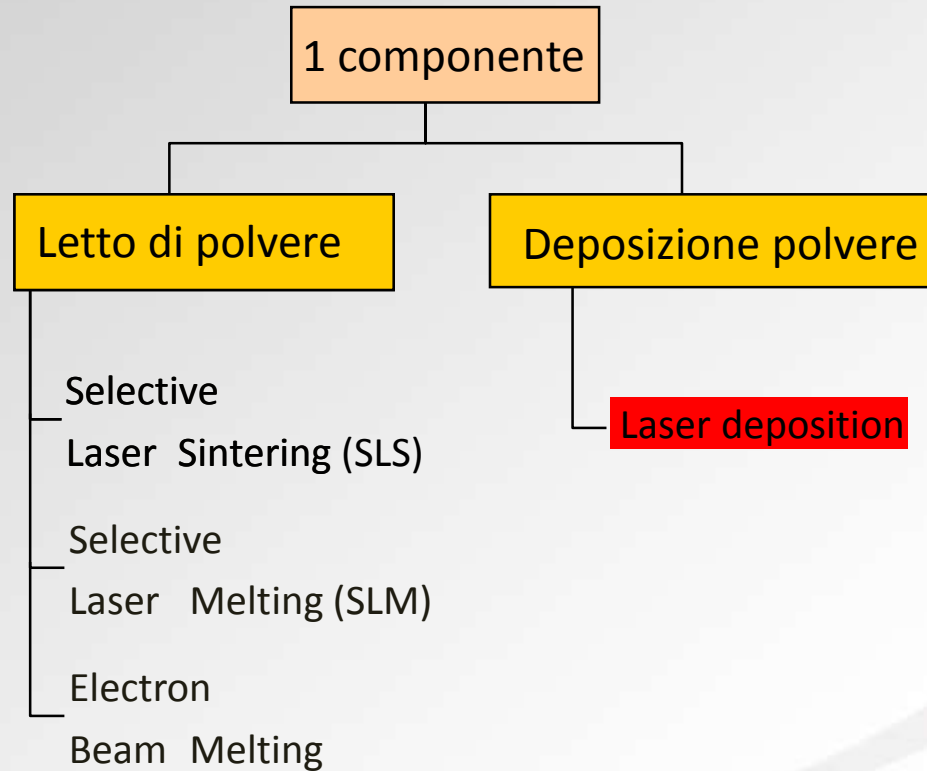


LETTO DI POLVERE CON EBM – ARCAM (Svezia)

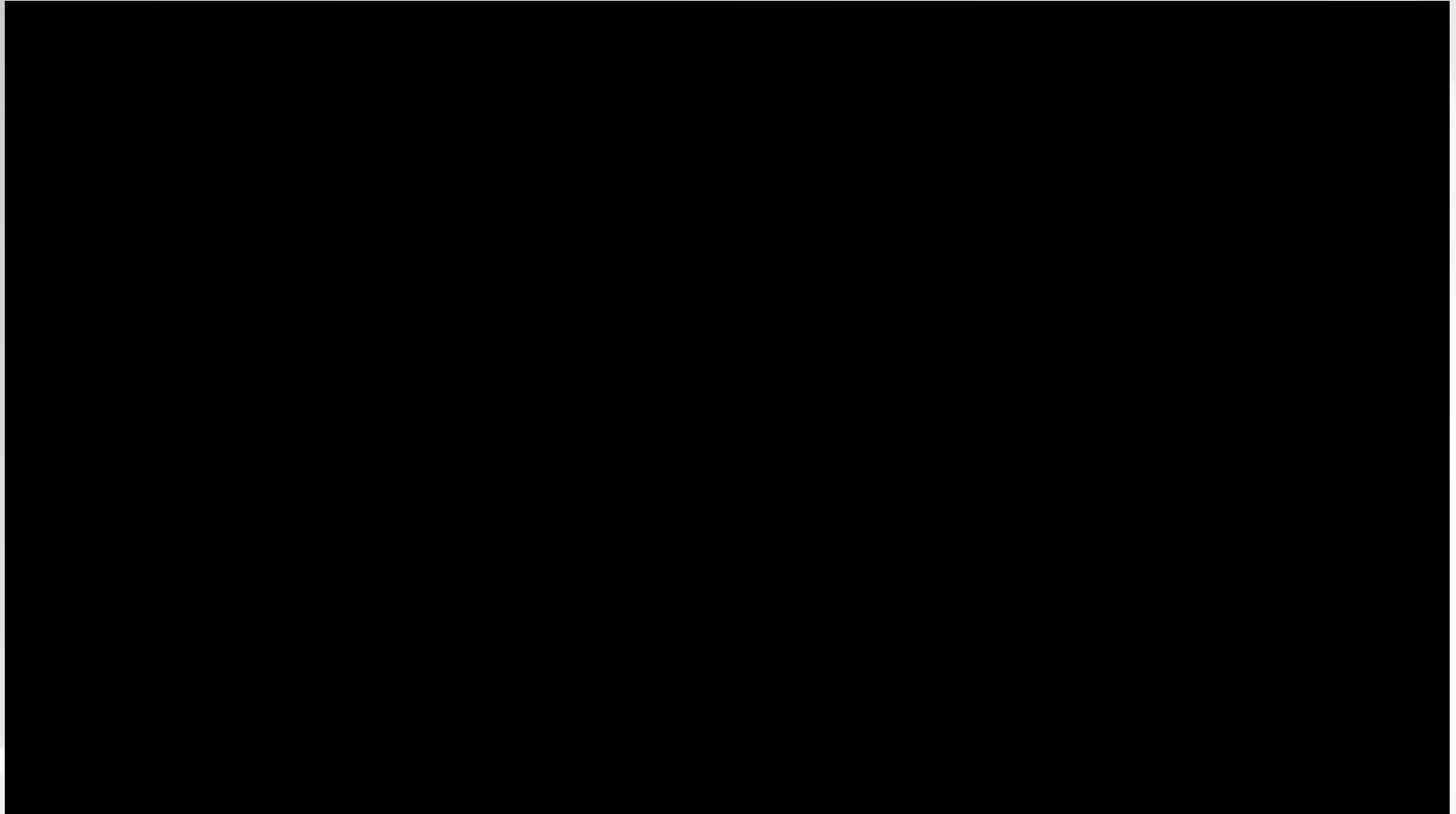
- Cobalto Cromo biomedicale;
- Cobalto Cromo motorsport e aerospazio;
- Lega di titanio Ti6Al4V;
- Lega di titanio Ti6Al4V ELI;
- Titanio Grado 2
- TiAl (Intermetallico)



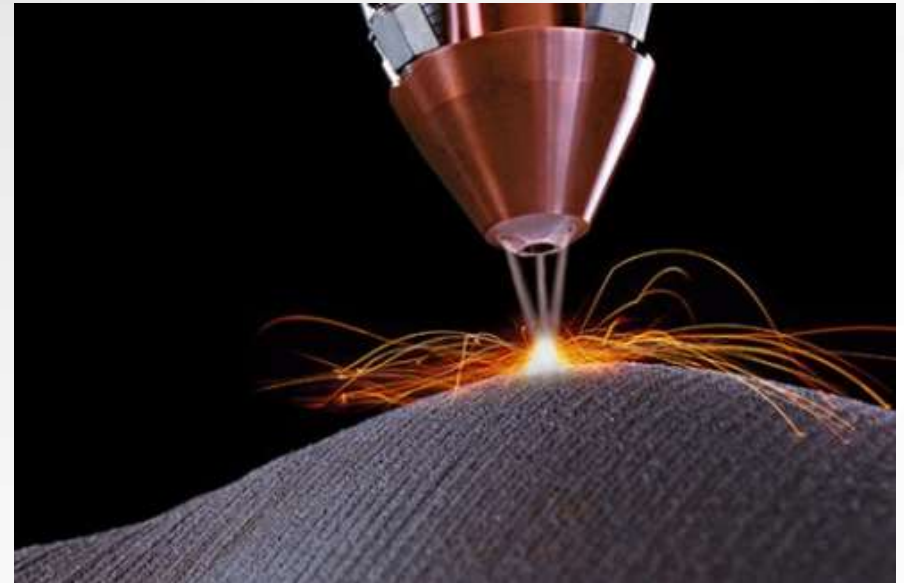
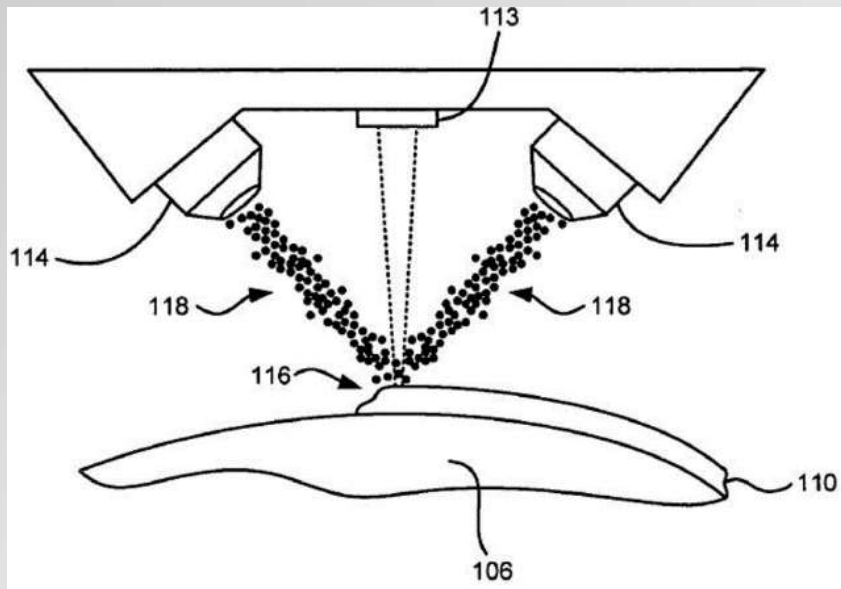
TECNICHE AM PER METALLI



Deposizione di polvere – Processo



Deposizione di polvere – Processo



Deposizione di polvere – Processo

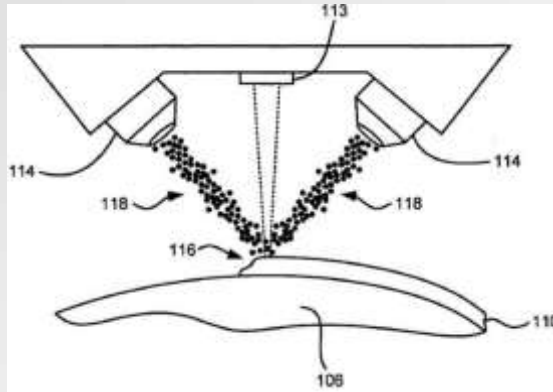
- Deposizione della polvere attraverso ugelli e fusione tramite sorgente laser;
- Potenzialmente è possibile realizzare componenti in multi materiale;
- E' possibile realizzare la lega finale in macchina
- Nessun limite sulle dimensioni in quanto la deposizione e fusione sono localizzate;
- Necessità di un gas di copertura per evitare ossidazioni;
- Necessità di un sofisticato controllo di processo per garantire la qualità metallurgica dello strato depositato
- Limiti sulle geometrie realizzabili
- Necessità di finitura alle macchine utensili

DEPOSIZIONE DI POLVERE CON SORGENTE LASER - PRODUTTORI

Volumi di lavoro superiori a 1 m³



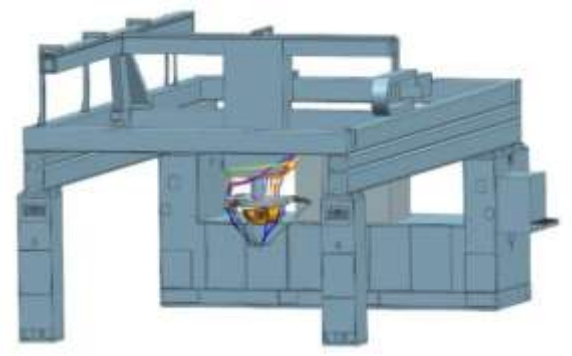
OPTOMECH (USA)



DGM Mori Seiki (Giappone)



DMD 3D (USA)



Prima Industrie (Italia)

DEPOSIZIONE DI POLVERE CON SORGENTE LASER - PRODUTTORI

- Lega di alluminio;
- Cobalto Cromo biomedicale;
- Cobalto Cromo motorsport e aerospazio;
- Acciaio per stampi;
- Acciaio inox;
- Lega di titanio Ti6Al4V;
- Inconel IN625;
- Inconel 718
-

