



Selective laser melting: an advanced method for manufacturing metallic alloys

Carlo Alberto Biffi

Consiglio Nazionale delle Ricerche, ICMATE, Lecco

Introduzione

La produzione additiva (Additive Manufacturing, AM) indica una famiglia di tecniche avanzate di produzione, caratterizzate dalla modalità di realizzazione del componente in modo tridimensionale secondo una strategia **strato su strato** (stampa 3D).

Il concetto base è di aggiungere **materiale solo dove serve**: questa è maggiore differenza rispetto agli processi di produzione di tipo sottrattivo.

Tali tecnologie consentono di produrre **geometrie complesse** non realizzabili in altro modo .



Courtesy of Renishaw

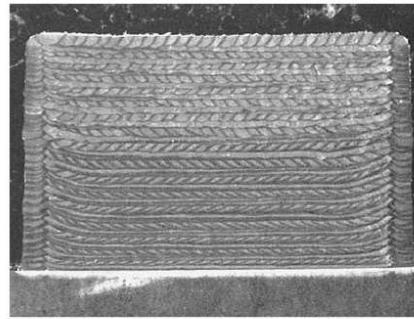
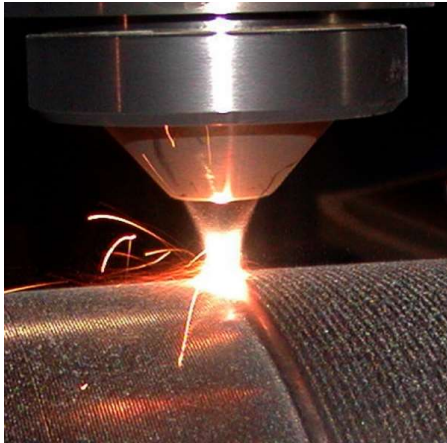
Introduzione

All'interno della produzione additiva orientata ai materiali metallici, esistono diverse tecnologie industriali, che si differenziano in funzione di:

- sorgente di calore: fascio laser, fascio elettronico, ...
- modalità di adduzione del materiale: letto di polvere, deposizione diretta
- configurazione del materiale: polvere, filo
- metodo di consolidamento del materiale: fusione o sinterizzazione

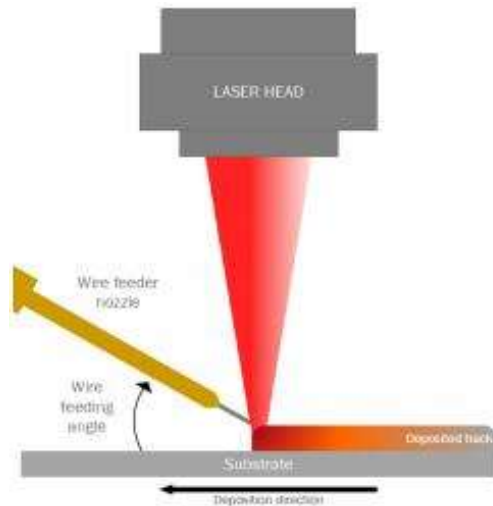
Introduzione

Processi additivi a **deposizione diretta**:



907C0342 Profas 180
Cross section (etched) of a multi-layer structure of Stellite 21

Deposizione diretta di polvere con fascio laser



Deposizione diretta di filo con fascio laser



Deposizione diretta di filo con fascio elettronico (Sciaky inc.)

Introduzione

Processi additivi a **letto di polvere**: fusione localizzata



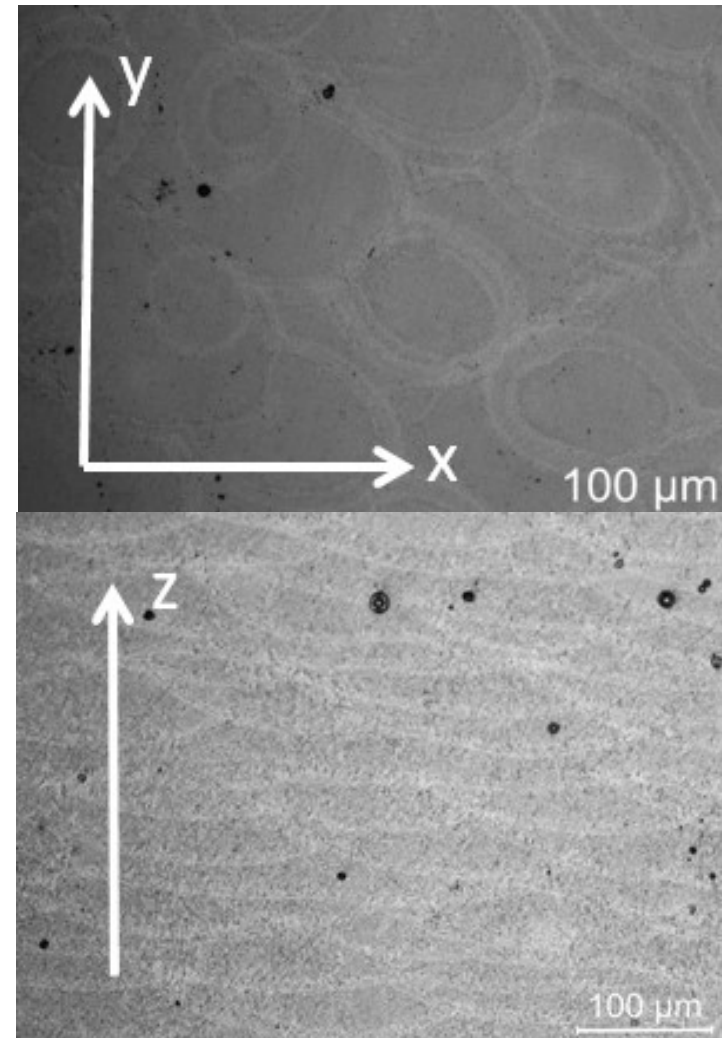
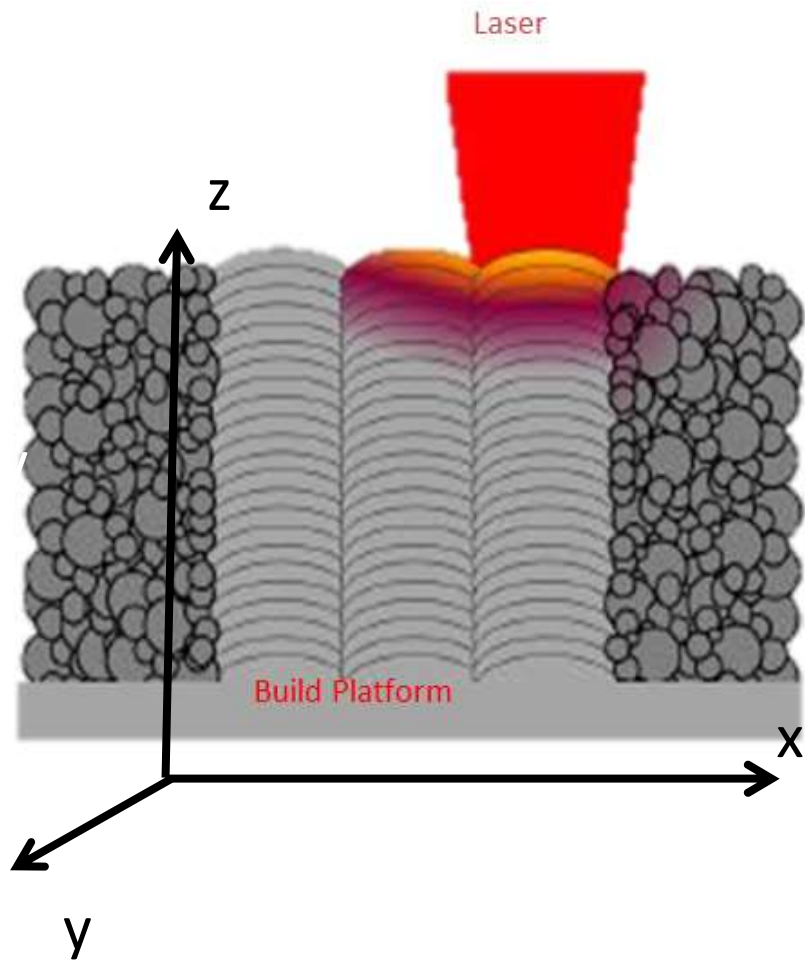
Selective laser melting (SLM)



Electron beam melting (EBM)

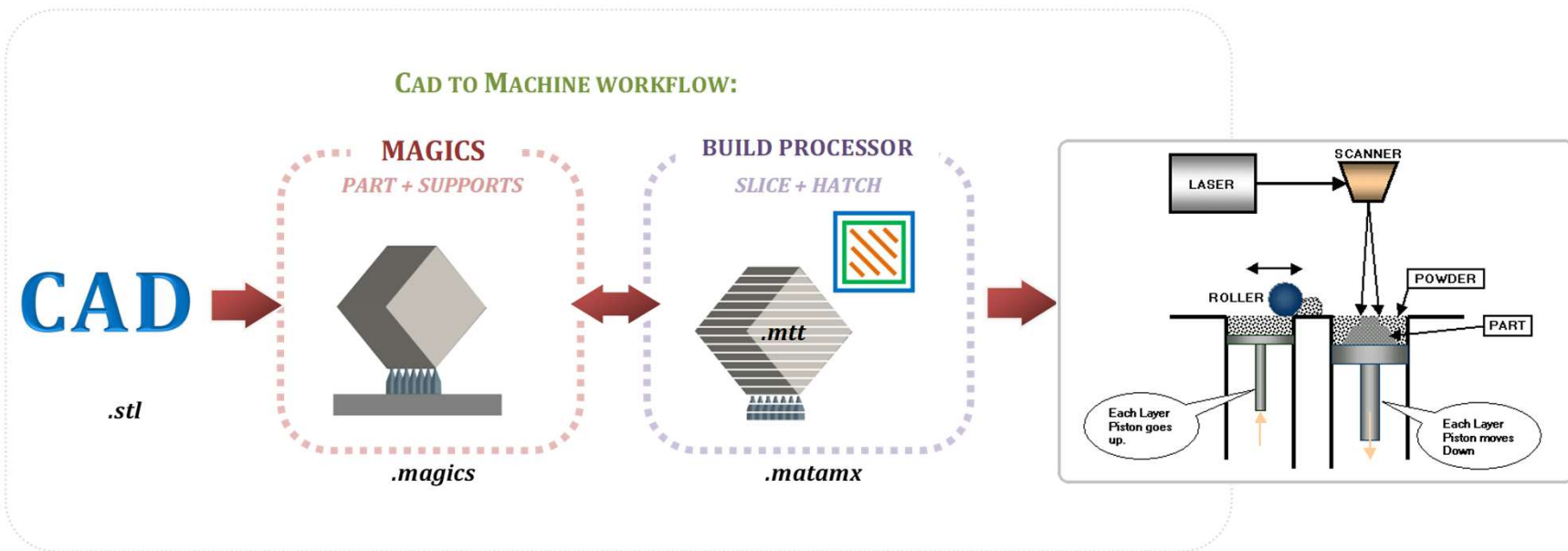
Selective Laser Melting (SLM)

Il processo SLM è il più diffuso a livello sia di ricerca scientifica che a livello industriale, in quanto è il più versatile, flessibile e affidabile.

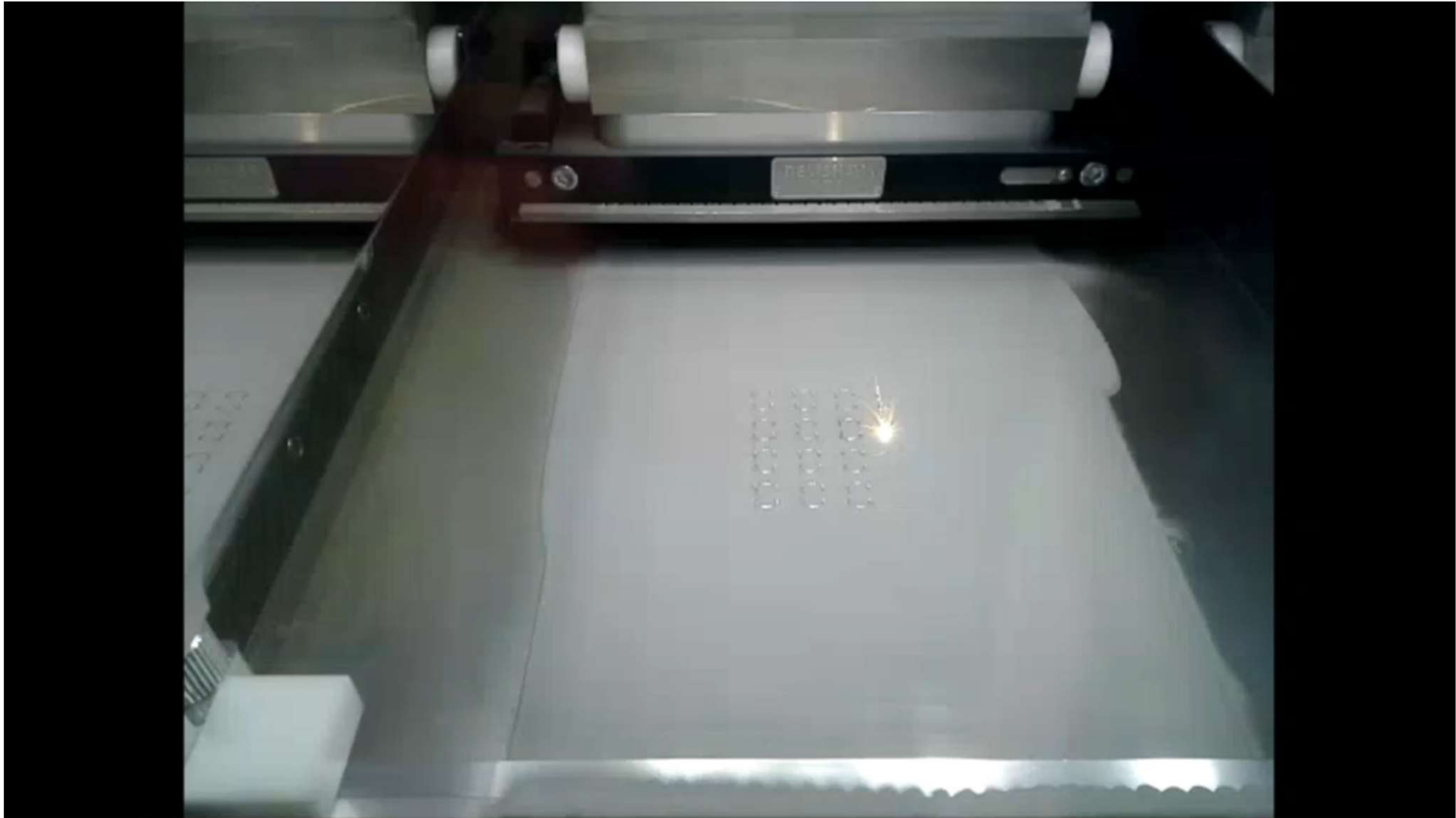


SLM: il processo passo a passo

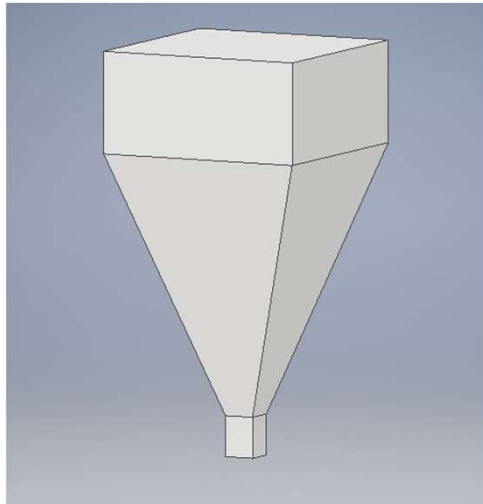
- ✓ Disegno CAD del componente
- ✓ Discretizzazione della geometria 3D su slice
- ✓ Fusione selettiva con fascio energetico sul singolo strato, dove è richiesta la presenza di materiale consolidato
- ✓ Ripetizione del processo lungo l'asse di costruzione



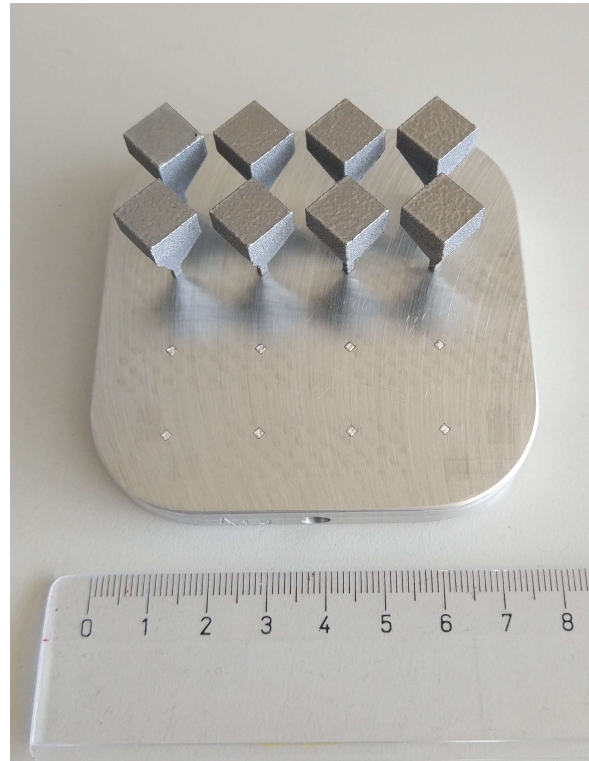
SLM: durante il processo...



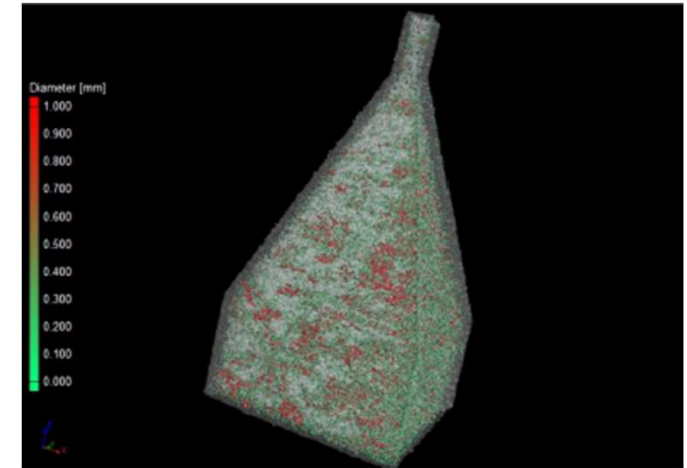
Dal disegno al campione ...



Disegno CAD



Produzione dei campioni



Micro-CT

Polvere

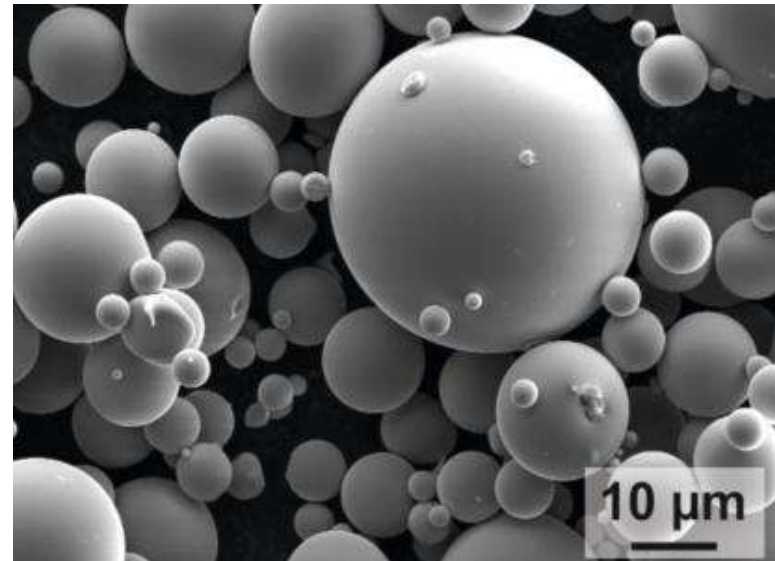
Le polveri vengono generalmente prodotte per atomizzazione via gas.

Caratteristiche fondamentali:

- ✓ Dimensione e distribuzione
- ✓ Forma
- ✓ Purezza ed omogeneità della lega
- ✓ Scorrevolezza (flowability)

Materiali disponibili sul mercato (SLM e EBM):

- ✓ AlSi10Mg
- ✓ CrCo
- ✓ Inconel (In718 e 625)
- ✓ Maraging Steel (1.2709)
- ✓ Stainless Steels GP1 and PH1
- ✓ TiAl6V4
- ✓ TiAl
- ✓



Recupero della polvere:

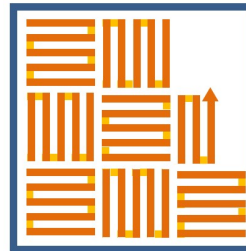
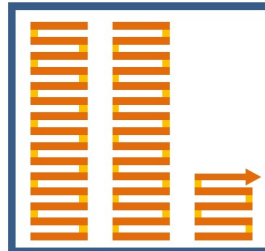
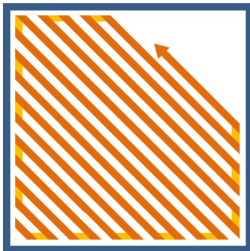
Attenzione allo strato superficiale (ossidazione, altre contaminazioni)

Strategie di scansione

La modalità di scansione del fascio è definita in funzione di:

- tipo di «riempimento» da implementare,
- caratteristiche del fascio
- dimensioni della geometria da produrre (massiva, strutture fini)

I parametri di processo sono generalmente diversi per il **contorno** e per il **riempimento**. Alcuni esempi di strategie di scansione:



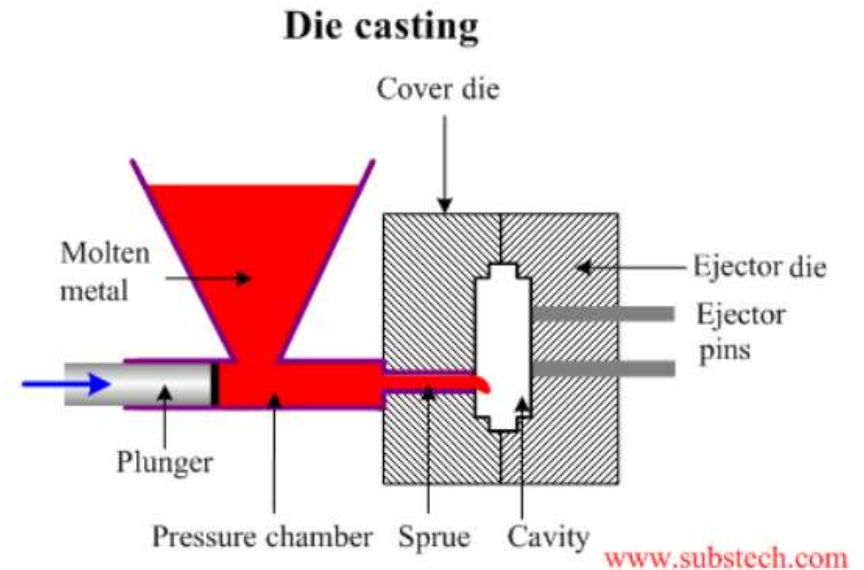
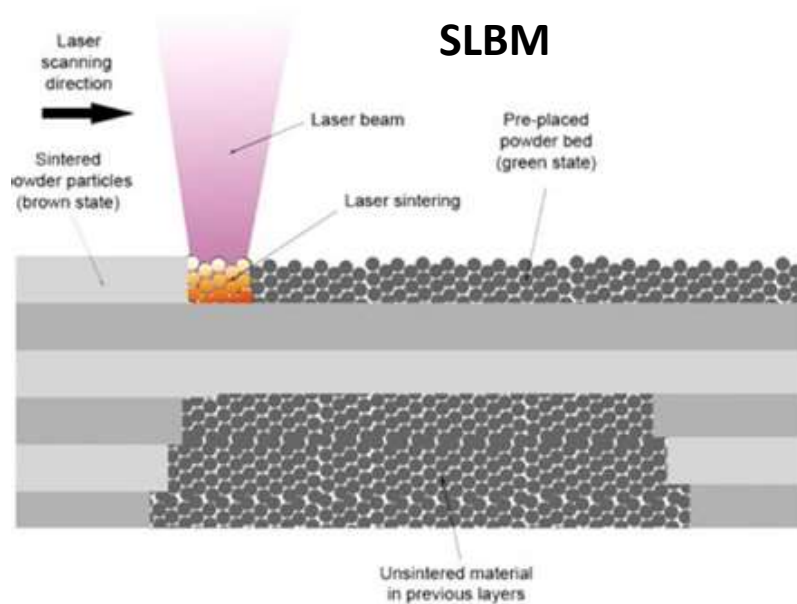
Inoltre, per garantire maggiore uniformità di proprietà, le direzioni di scansioni ruotano strato su strato (ad esempio, 67° di rotazione).



Courtesy of Renishaw

Microstruttura

Confronto tra processo SLBM/SEBM e die casting:



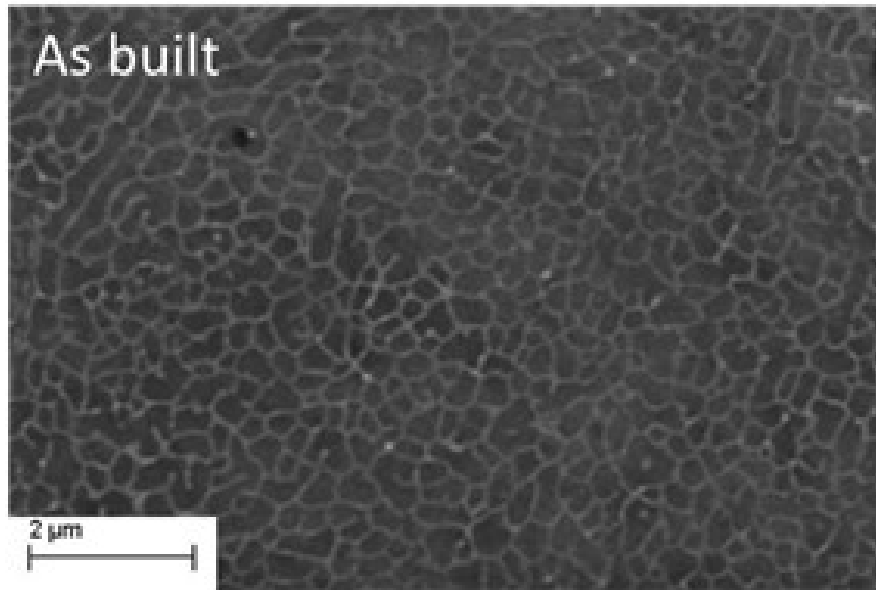
Le dimensioni della pozza fusa sono proporzionali al fascio energetico, quindi molto ridotte nei processi di AM: questo implica velocità di raffreddamento elevate.



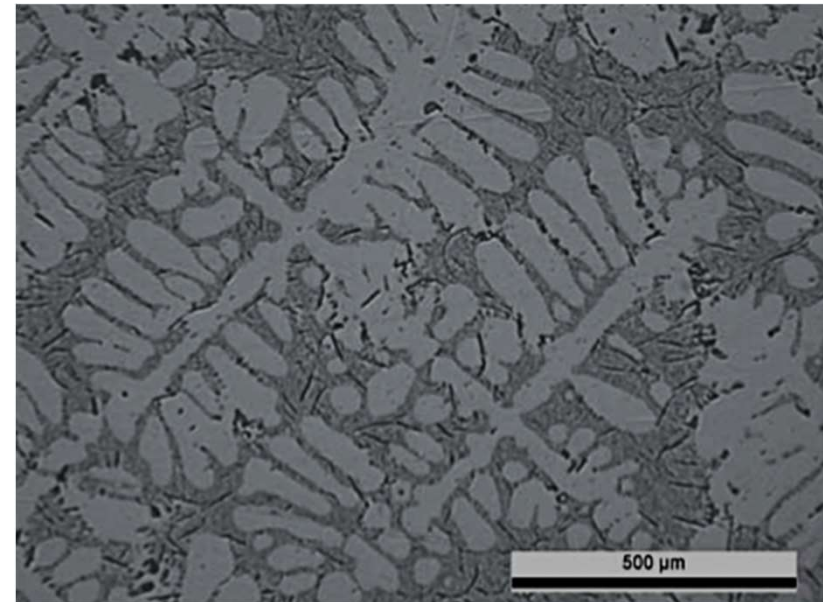
Microstrutture molto più fini, caratterizzate da proprietà meccaniche almeno analoghe a quelle dei materiali prodotti via casting.

Microstruttura

Legna di AlSi10Mg prodotta via SLM e via metodo tradizionale di casting:



SLM



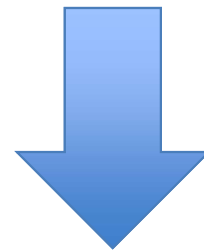
Casting convenzionale

Differente scala dimensionale e morfologia del silicio disperso nella matrice di alluminio

Approccio ai Processi di AM

I processi di AM possono essere concepiti secondo una natura duale:

- ✓ **Sintesi** del materiale, a partire dalla polvere, con una microstruttura «ben definita»
- ✓ **Produzione** di componenti complessi «near net shape»



Approccio **multidisciplinare**

Integrazione di diverse funzionalità in un unico componente, realizzato mediante un unico processo → INNOVAZIONE a livello di:

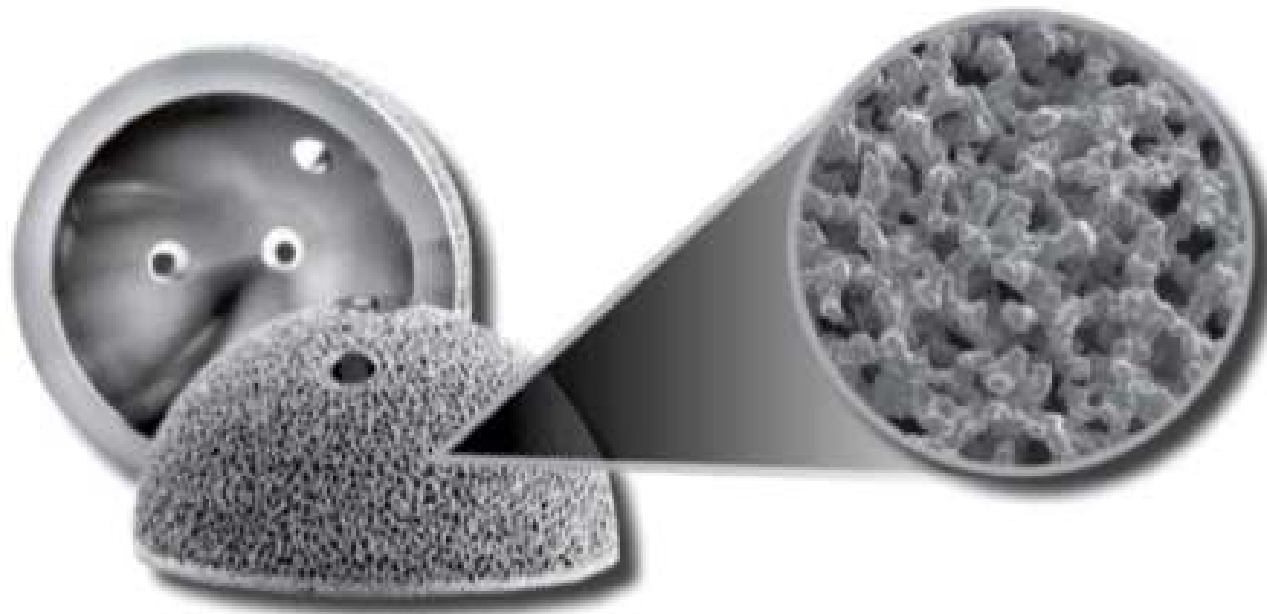
- Processo* (studio di processo)
- Materiale* (sviluppo materiali «ottimali» per AM)
- Geometria del Prodotto* (ottimizzazione topologica).

Nuove frontiere

Emergono **nuove opportunità**:

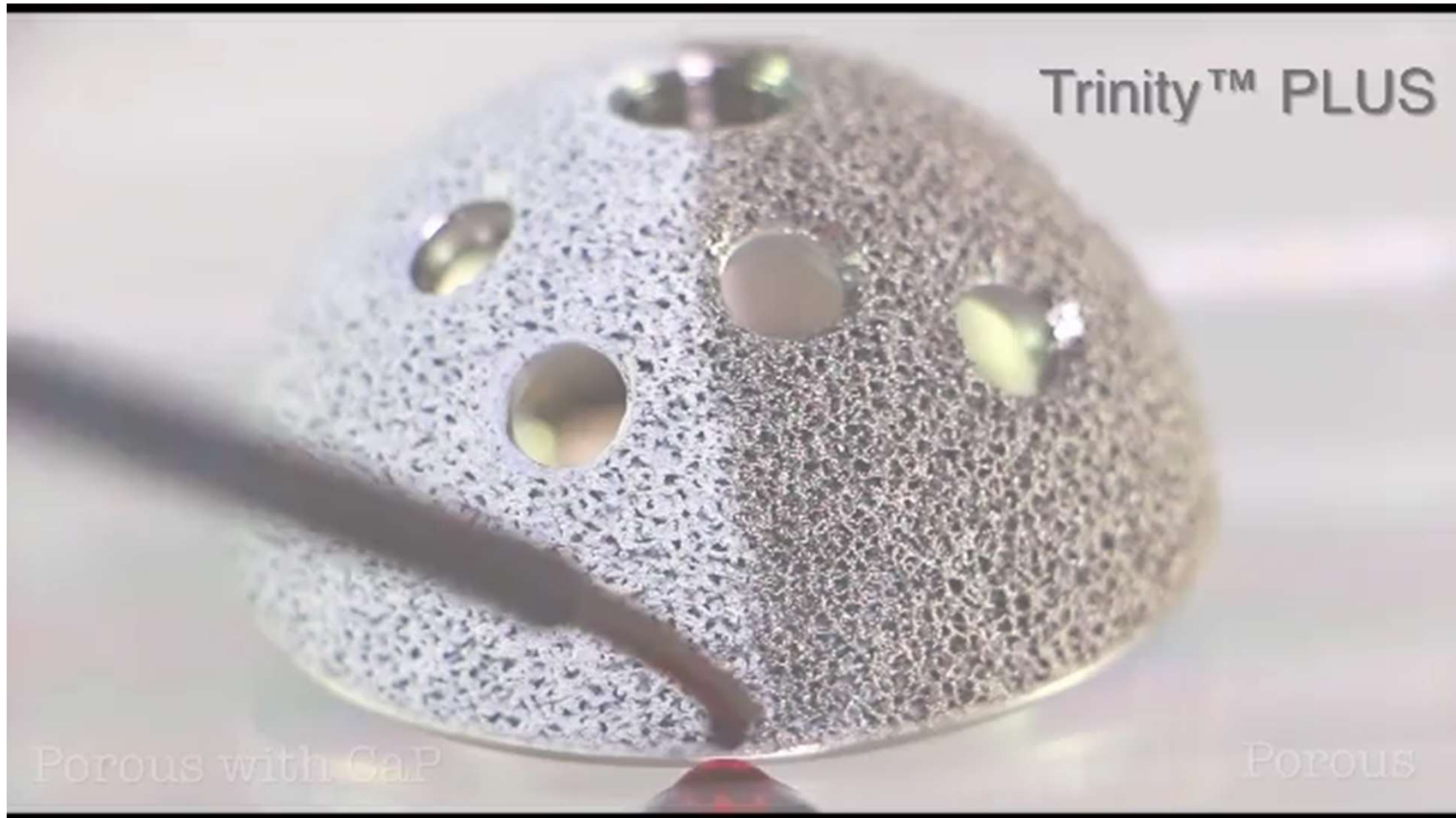
Possibilità di produrre nuovi prodotti non realizzabili mediante altre tecnologie

La prima applicazione reale è quella delle protesi nel campo biomedicale, caratterizzate da una struttura lattice per favorire l'osseointegrazione.

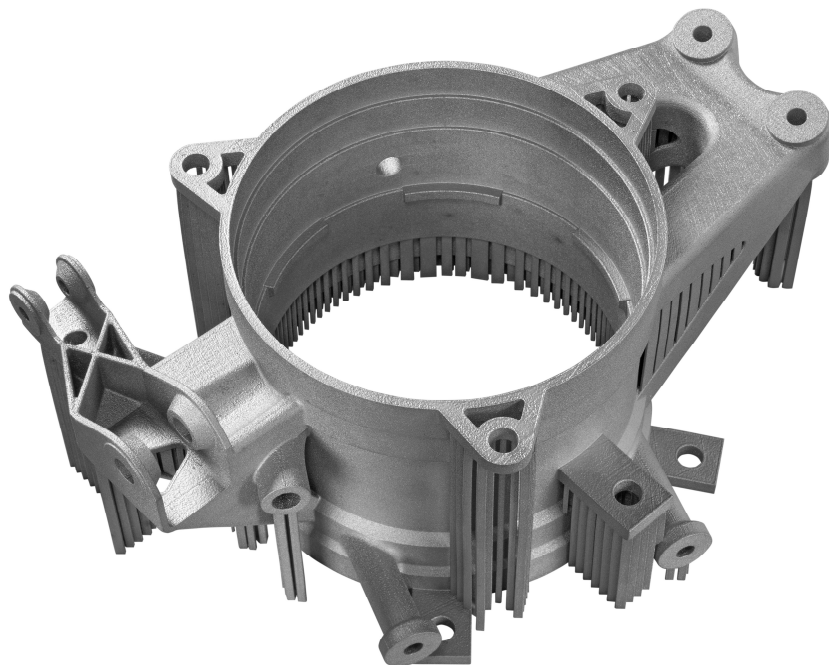
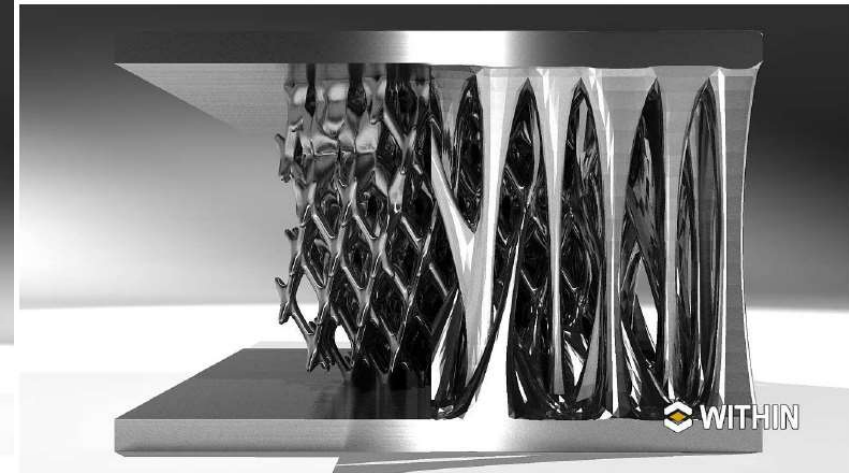
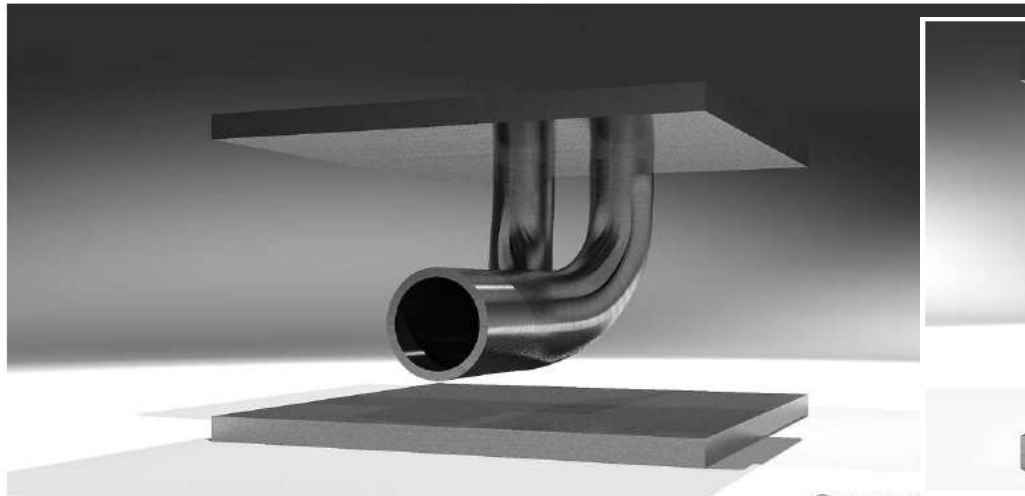


Nuove frontiere

Trinity™ PLUS



Esempi di componenti prodotti per SLM



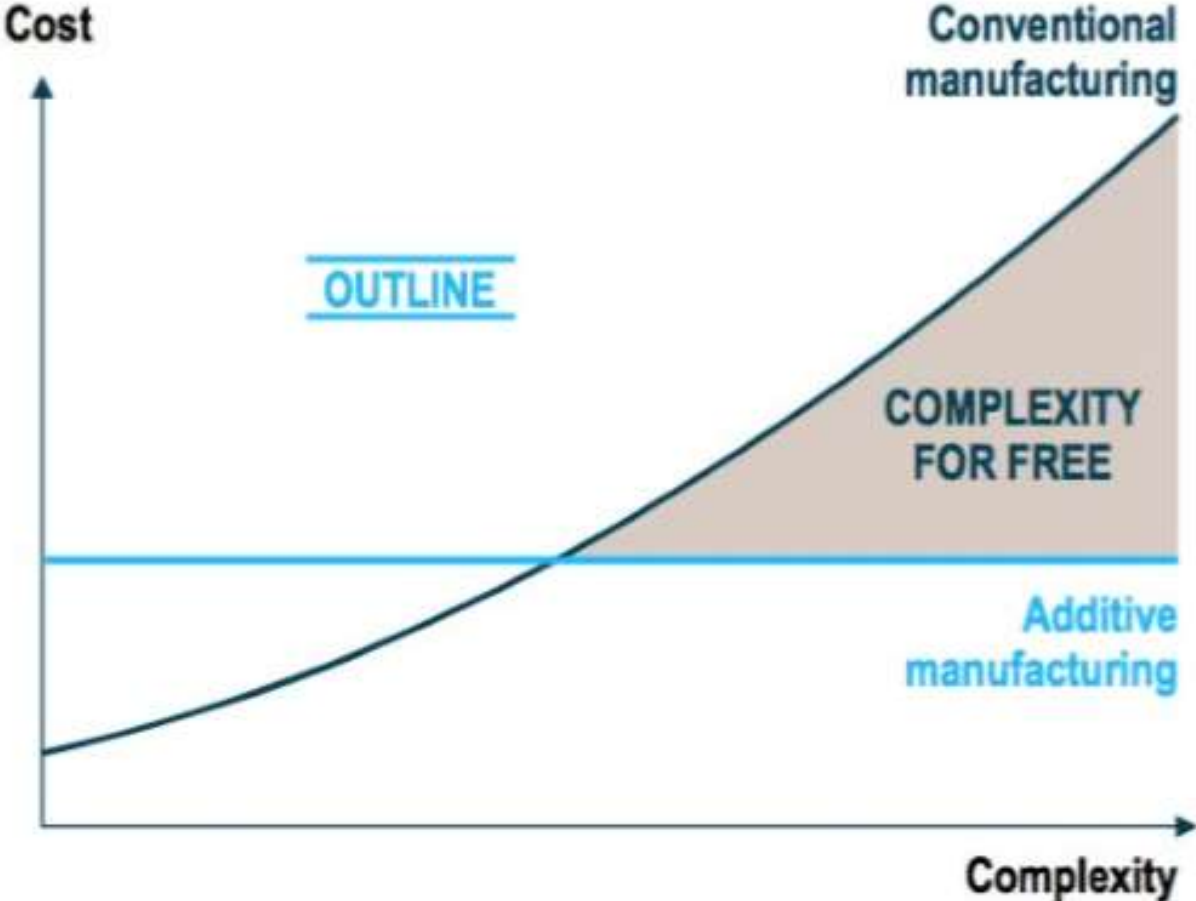
Conclusioni

Principali vantaggi:

- ✓ Le tecnologie di AM (SLM in primis) consentono di produrre componenti *near net shape* di forme molto complesse (integrazione di differenti funzionalità)
- ✓ I materiali prodotti offrono caratteristiche microstrutturali ottimali e meccaniche elevate
- ✓ Il processo SLM consente il recupero della polvere non reagita (no spreco)

Conclusioni

Quando conviene?



SLM presso ICMATE@Lecco



Renishaw AM 400

Maximum power: 400 W
Spot diameter: 65 μm
Inert atmosphere (Ar)
Active pulsed fiber laser



SLM presso ICMATE@Lecco

Collaborazioni scientifiche con università/centri di ricerca:

- *Dip. Aerospaziale (PoliMI BOVISA)-Nespoli*
- *Univ. Bicocca-Nespoli*
- *Dip. Meccanica (PoliMI BOVISA e LECCO)-Biffi,Fiocchi,Tuissi*
- *Università di Toledo (USA)-Biffi,Bassani,Tuissi*
- *Università di Pavia-Biffi,Fiocchi,Tuissi*
- *Politecnico di Torino-Biffi,Fiocchi,Tuissi*
- *Università della Calabria-Biffi,Fiocchi,Tuissi*
- *ICMATE LECCO-PADOVA e MILANO-Nespoli+Biffi*
- *ICMATE LECCO-GENOVA-Biffi,Fiocchi,Bassani,Tuissi*
- *INAF-Nespoli*

Progetti di ricerca in corso:

- *FHfFC –Nespoli+Biffi*
- *EMPATIA@Lecco- Nespoli*

Progetti con aziende:

- *Mimete-Nespoli*
- *TAV-Biffi (congiunto con ICMATE-Pd)*
- *Permedica-Biffi*

Publicazioni scopus: n. 8-
Biffi,Fiocchi,Bassani,Tuissi

Organizzazione eventi:

- *corso AIM Additive Metallurgy (1° e 2° edizione)-Biffi,Tuissi*
- *Giornate studio AIM-Biffi*

Attività presentate al Congresso di Istituto 2019:

Posters:

- **Deposition of AlTiN Thin Films onto Additive Manufactured Parts in Ti6Al4V Alloy**
C.A. Biffi, S. Battiston, F. Montagner, A. Fiorese, A. Gionda, V. Zin, J. Fiocchi, A. Tuissi
- **Microstructural and mechanical characterization of superalloys processed through advanced manufacturing technologies**
R. Donnini, C. A. Biffi, J. Fiocchi, D. Ripamonti, A. Tuissi
- **Selective Laser Melted AlSi alloys**
J. Fiocchi, C. A. Biffi, M. Verri, P. Bassani, A. Tuissi
- **NiTi components for sensors and actuators**
A. Nespoli, E. Villa, F. Passaretti



Carlo Alberto Biffi

carloalberto.biffi@cnr.it

CNR ICMATE- Lecco