



Stampa 3D di metalli: processo Electron Beam Melting - EBM

Contesto

La manifattura additiva di leghe metalliche cambia radicalmente il metodo produttivo tradizionale basato su asportazione di truciolo o su processi di fonderia. I processi di stampa 3D di metalli si collocano al livello più elevato in termini di complessità e di potenzialità, essendo questi materiali di interesse per diversi settori tecnologici e per le loro proprietà strutturali. Esistono diversi metodi di manifattura additiva di leghe metalliche basati o sull'utilizzo di una sorgente di energia (laser o fascio di elettroni) per la fusione localizzata di polveri o filamenti metallici, o su processi di sintering di particelle di piccole dimensioni.

La stampa 3D di leghe metalliche consente di:

- i) realizzare componenti con geometrie complesse;
- ii) realizzare componenti alleggeriti con strutture trabecolari o lattice;
- iii) realizzare componenti in materiali difficili da lavorare con processi tradizionali (ad esempio le leghe di Titanio);
- iv) ridurre drasticamente il numero di pezzi che compongono il componente finale;
- v) utilizzare un numero limitato di supporti richiedendo minori lavorazioni meccaniche, rispetto ad altri processi di stampa di metalli a letto di polvere.

Il processo Electron Beam Melting (EBM) può essere utilizzato per realizzare componenti in diverse leghe metalliche: leghe di titanio, leghe Co-Cr, leghe di rame, leghe di nichel.

MAIA – Laboratorio di stampa 3D mediante processo EBM

Presso l'infrastruttura MAIA è presente una stampante 3D EBM - GE Arcam A2X.

L'*Electron Beam Melting* è un processo di stampa 3D per metalli che utilizza gli elettroni come sorgente per la fusione localizzata delle particelle metalliche. Questa tecnologia a letto di polvere permette la realizzazione di componenti con geometrie complesse partendo da un modello CAD. L'EBM trova applicazione in diversi settori applicativi tra i quali: aerospazio, biomedicale, automotive, energia.

La stampante EBM presente presso MAIA utilizza un processo a letto di polvere, ovvero i componenti vengono realizzati per strati successivi, seguendo un modello digitale, fondendo localmente una lega metallica in forma di polvere con particelle sferiche. In generale:

1. Un fascio di elettroni, accelerati all'interno di una camera da vuoto, viene fatto convergere, mediante un opportuno sistema di lenti elettromagnetiche, su un letto di polvere;
2. Le polveri vengono fuse localmente dal fascio di elettroni;
3. Il fascio di elettroni segue una traiettoria che dipende dalla geometria da realizzare, strato dopo strato, e dalle strategie di stampa. La traiettoria del fascio e i parametri di processo sono memorizzati in un file che viene letto dalla stampante;
4. Le polveri utilizzate hanno una elevata sfericità, quindi un'elevata scorrevolezza, e una granulometria in genere compresa tra 45 e 106 micron. Queste possono essere prodotte mediante processi di gas atomizzazione;
5. Il processo prevede principalmente i seguenti passaggi che si ripetono strato dopo strato: preriscaldamento del letto di polvere, fusione localizzata, discesa del piatto di stampa, stesura di un nuovo strato di polvere;

6. Terminata la stampa, i campioni possono essere estratti mediante un processo di sabbiatura, che consente di recuperare e riutilizzare la polvere di processo;
7. Il processo EBM presenta diversi vantaggi tra i quali: ridotta contaminazione della polvere, ridotte tensioni residue nei componenti, velocità di stampa, elevata densità di energia, realizzazione di componenti con uso limitato dei supporti facilmente removibili;
8. Il volume di stampa è pari a $200 \times 200 \times 380 \text{ mm}^3$.

Tra gli accessori della stampante è presente il PRS - *Powder Recovery System*. Questo viene utilizzato per estrarre i componenti dopo la stampa (sabbiatura) e per il recupero, al fine del riutilizzo, della polvere metallica. Questa viene successivamente reimpressa nella macchina, rendendo il processo sostenibile.

Applicazioni e potenzialità

La stampa 3D di leghe metalliche e in particolare l'utilizzo del processo EBM può trovare applicazione in diversi settori tecnologici:

Aerospazio: produzione di componenti a elevato rapporto resistenza-peso e riduzione del buy-to-fly ratio. Realizzazione di: supporti alleggeriti e in leghe a bassa densità e alta resistenza; pale di turbine e ugelli; componenti per satelliti;

Biomedicina: l'EBM rappresenta la tecnologia d'eccellenza per la produzione di protesi ortopediche con strutture reticolari (lattice) e trabecolari, progettate specificamente per favorire la crescita cellulare e l'osteointegrazione;

Energia: realizzazione di turbine, giranti e altri organi in movimento, scambiatori di calore;

Trasporti: realizzazione di componenti alleggerite per riduzione del peso dei veicoli.

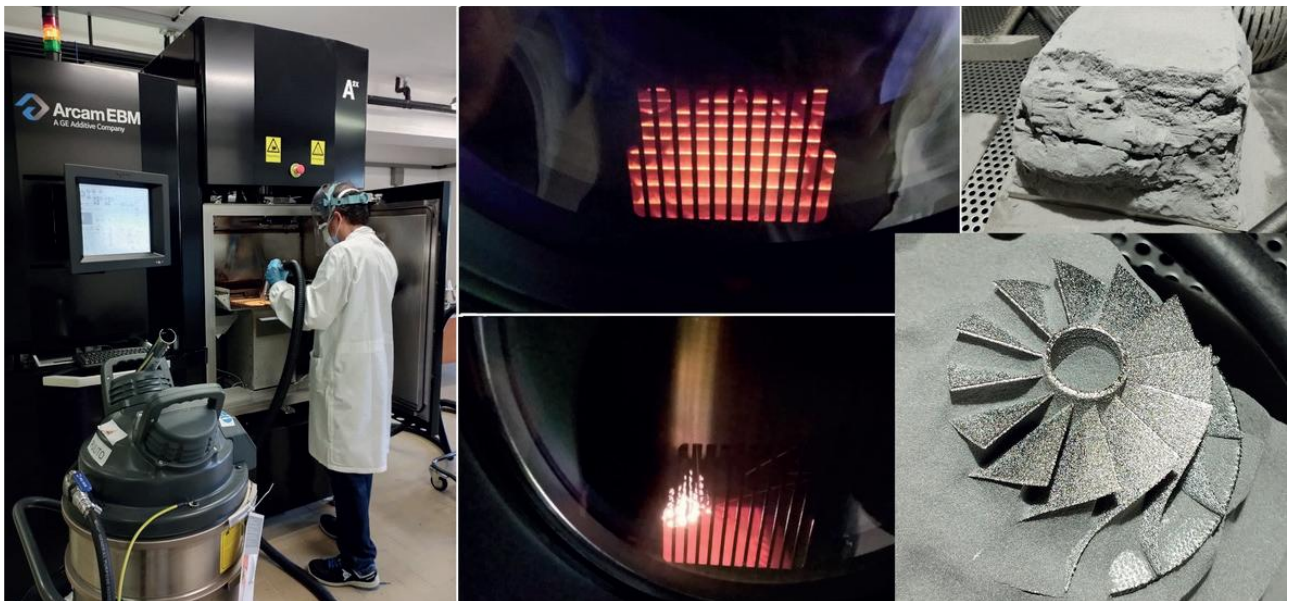
Questo processo additivo presenta alcuni vantaggi competitivi rispetto ai processi tradizionali:

- Riduzione dell'utilizzo di materiale: è possibile recuperare e riutilizzare le polveri di processo per le stampe successive, riducendo al minimo gli scarti di materiale;
- Elevata velocità di stampa rispetto ad altri processi di stampa 3D a letto di polvere (circa $80 \text{ cm}^3/\text{h}$);
- Il processo avviene in vuoto consentendo una minore contaminazione delle polveri di processo che possono essere recuperate e riutilizzate in successive stampe;
- L'EBM può stampare materiali ad elevate prestazioni, quali le leghe di titanio, di nichel, cromo-cobalto e altre leghe, che sono difficili da lavorare con metodi convenzionali;
- *Nesting:* è possibile stampare diversi componenti in un'unica lavorazione (*build*) senza dover aprire la camera e interrompere il processo, e utilizzando come supporto la polvere stessa. Questo permette di ottimizzare i tempi e i costi della stampa;
- Mediante un'opportuna progettazione, effettuata con l'ausilio di software di ottimizzazione topologica, è possibile realizzare componenti alleggeriti nei quali, nelle parti meno sollecitate, è stato rimosso il materiale, utilizzando strutture lattice o trabecolari.

Bibliografia

Daniele Mirabile Gattia, Alessandra Palombi, Antonino Coglitore, Fabio De Pascalis, Michele Nacucchi, Fania Palano, Angelo Tatì, Giuseppe Barbieri, Maria Richetta, Ugo De Angelis, Production of a Ti6Al4V Automobile's Lower Control Arm with EBM, Key Engineering Materials, Vol. 964 (2023) pp 41-46, doi:10.4028/p-eX3nPy, ISSN: 1662-9795

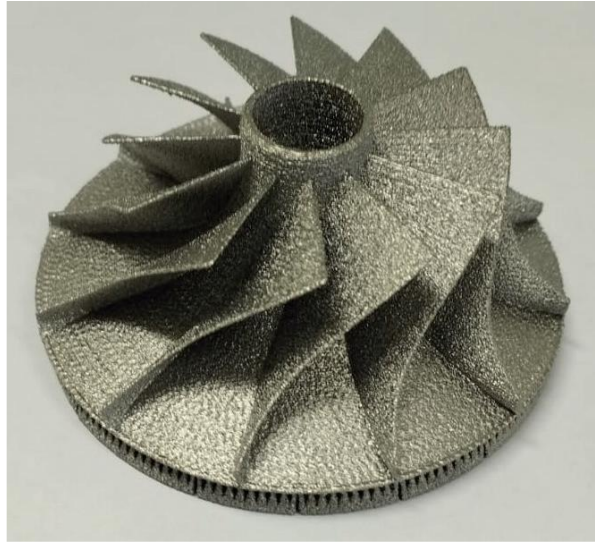
Daniele Mirabile Gattia, Luciano Pilloni, Giuseppe Corallo, Alloy Design for AM: A Ferritic Alloy for Applications in Corrosive Alkaline Environment, Key Engineering Materials Vol. 964 (2023) pp 163-167, doi:10.4028/p-NQPrd8, ISSN: 1662-9795



Preparazione della macchina, fasi di pre-riscaldamento e fusione delle particelle mediante il fascio di elettroni e componenti stampate 3D mediante EBM durante le fasi di sabbiatura



Sabbiatura dei componenti al termine della stampa EBM



Componenti alleggerite per il settore Automotive e Turbina per settore energetico realizzata in Ti6Al4V



REGIONE
LAZIO

