

SLM dalla preparazione del modello al post processing

LE TECNOLOGIE ADDITIVE CHE LAVORANO CON LETTO DI POLVERE HANNO ORMAI RAGGIUNTO UN ELEVATO GRADO DI EFFICACIA ED EFFICIENZA. IN QUESTO ARTICOLO, VERRÀ FATTA UNA PANORAMICA SULLA LPBF, CON LO SCOPO DI METTERE IN EVIDENZA TUTTE LE FASI PRINCIPALI, DALL'INIZIO ALLA FINE

Il mondo dell'Additive Manufacturing, per quel che riguarda il metallo, è rappresentato da ormai molte tecnologie, delle quali, però, le più consolidate e prestanti sono:

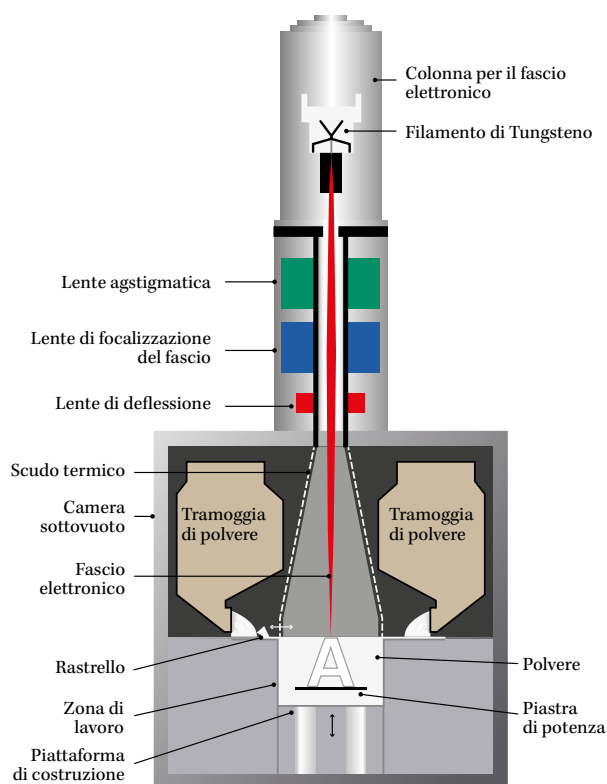
- La LPBF (Laser Powder Bed Fusion), acronimo che generalizza, secondo normativa, i nomi (SLM, DMLS, DMP) dati dai vari produttori (Figura 1);

- L'EBM, adesso indentificato con EPBF (Electron Powder Bed Fusion). Il processo viene schematizzato in Figura 2.

Questa necessità è nata quando un costruttore, la SLM Solution, ha registrato il suo nome utilizzando "SLM". Tuttavia, è rimasto ancora in uso il termine SLM per lo-

calizzare il processo, assieme agli altri sinonimi di cui sopra. L'inizio della LPBF avvenne nel 1995 al Fraunhofer Institute, dalla creazione di Fockele e Schwarze, in seguito fondatori della Realizer e SLM Solution. In contemporanea, nasceva la EOS, i cui fondatori avevano realizzato la prima macchina nominata EOS M250 ed il processo prese il nome di DMLS (Direct Metal Laser Sintering). Questo termine localizza ufficialmente tutte le macchine EOS, sebbene ci siano delle differenze abissali tra la vecchia M250 e la "nuova" M270. In sostanza, una delle differenze più importanti è che mentre nella M250 per fondere il

metallo si utilizzavano degli agglomerati (da cui il termine sinterizzazione), la sorella di ultima generazione fonde effettivamente il metallo. Successivamente, si è passati ad avere macchine con laser con potenze fino a 400 W, contro le prime che arrivavano al massimo a 200 W e sono aumentati anche i volumi di lavoro: da (250x250x250) mm a (400x400x400) mm. Ovviamente, è necessario tenere in considerazione che, più aumentano le dimensioni più i problemi legati alle tensioni residue diventano marcati. La Realizer ha iniziato costruendo macchine piccole (piattaforme con al massimo 100 mm di diametro) per applicazioni come lo studio dei materiali (il consumo di polvere è basso, viste le piccole dimensioni della camera, e quindi si fanno dei cubetti di prova molto piccoli e sufficienti ad ottimizzare i parametri di processo) e nel settore della gioielleria. Man mano si sta cercando di avere delle macchine compatte mediante l'unione di setacci, forni ed altro per innalzare il livello di automazione del sistema. Questo si rende necessario per velocizzare il processo ed evitare quanto più possibile il contatto dell'uomo con le polveri. Nel 2001, invece, è entrata sul mercato la Concept Laser. La tecnologia è uguale per tutti i produttori, ma cambiano alcuni aspetti processuali, come la racla o il rullo utilizzati per stendere la polvere ed il flusso di gas inerte all'interno della macchina.



Procedure per la preparazione dei dati

Il CAD deve essere sempre studiato in funzione della tecnologia additiva che si va ad utilizzare per realizzare il pezzo. Ogni macchina ha i suoi limiti, come ad esempio le dimensioni della camera di lavoro: l'altezza di quest'ultima è sempre comprensiva dell'altezza della piattaforma, che varia in base al tipo di materiale utilizzato. Nel caso dell'SLM, dopo un tot di job, la piattaforma deve essere rettificata e man mano lo spessore diminuisce. Vi sono anche dei limiti funzionali sul piano xy: bisogna tenere in conto, infatti, dei fori dei bulloni per il serraggio della macchina. La trasformazione del CAD in STL è uno dei processi più critici, perché se si sbaglia a farlo non si riesce ad ottenere un pezzo in macchina con le caratteristiche previste e volute. Cosa si intende "sbagliare il file STL"? Se si sceglie un numero di triangoli troppo elevato, il software delle macchine, così come Materialise Magics, potrebbe non essere in grado di gestire un'elevata quantità di triangoli e quindi non riuscirà a processare il componente. D'altro canto, se il numero di triangoli è troppo basso in funzione della geometria, è possibile che si vengano a formare dei piccoli fori. Pertanto, si rischia di avere un componente bucherellato, e non è nemmeno detto che il programma della macchina riesca a riconoscere questi fori. Durante la procedura di salvataggio da CAD a STL, è possibile modificare la deviazione e l'angolo di inclinazione, necessari ad individuare l'errore cordale. Aumentando il numero di triangoli, migliorerà sicuramente l'accuratezza, ma si va a sua volta ad aumentare anche il "peso" del file. È possibile avere un'accuratezza elevata anche con un numero inferiore di triangoli, andando quindi a "rimpicciolire" il file anche di qualche megabit. Prima di far partire il Job, il file STL viene convertito nel file proprietario della macchina. Si noti, a questo punto, che durante il processo ci potrebbe essere della polvere non fusa completamente o parzialmente, che andrà peggiorare la rugosità superficiale della parte in quella zona. Ovviamente, però, questo non dipende dal file STL, ma da altri parametri di processo.

Supporti e slicing

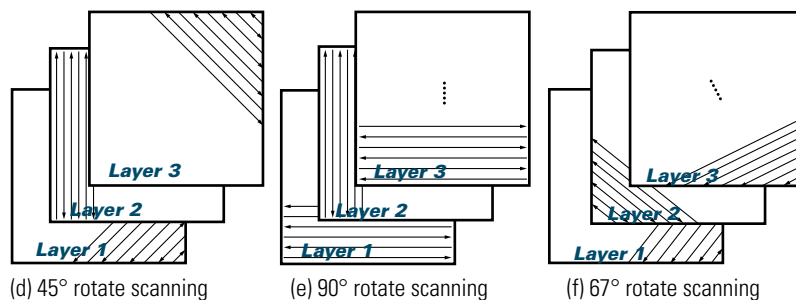
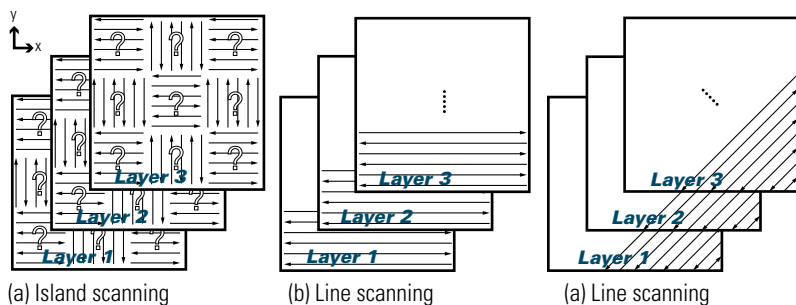
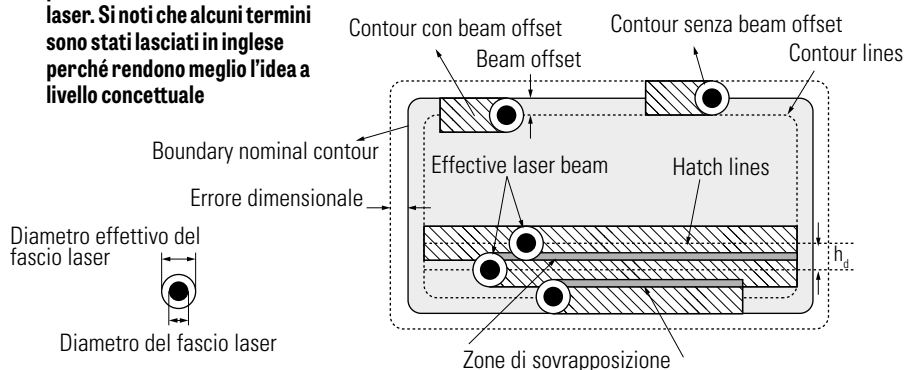
Nella produzione additiva, i supporti hanno un'importanza molto elevata, perché non solo vanno a sostenere le cosiddette superfici aggettanti, ma sono spes-

Schematizzazione del processo EPBF

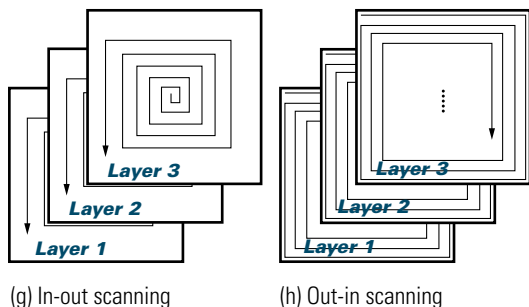
PARAMETRI DI PROCESSO

Laser	Scansione	Polvere	Temperatura
Potenza del laser	Strategia di scansione	Dimensione delle particelle	Piattaforma di costruzione
Spot del laser	Spaziatura di scansione	Forma e distribuzione delle particelle	-
-	Velocità di scansione	Spessore del layer	-

Schematizzazione del processo di fusione con il laser. Si noti che alcuni termini sono stati lasciati in inglese perché rendono meglio l'idea a livello concettuale



Varie strategie di scansione che portano ad avere diverse caratteristiche meccaniche e fisiche nel pezzo finale



so necessari per direzionare il gradiente termico (nel caso del LPBF), in modo da non far collassare il pezzo a causa delle tensioni residue.

I supporti possono essere di vario tipo:

- A “blocco”, la tipologia più usata e collaudata;
- A “punto”: è effettivamente un punto con delle piccole alette. Vengono utilizzati normalmente per supportare gli spigoli.

- A “linea”: anch'esso viene utilizzato per gli spigoli più estesi.
- “Web e contour”: sono quelli meno utilizzati perché sul metallo (e soprattutto nell'SLM) non riescono a mantenere ancorati i pezzi.

Esistono nei supporti i “denti”, che permettono di rimuovere facilmente le parti senza andare a danneggiare eccessivamente la superficie del pezzo supportato, essendo minima l'estensione del contatto tra supporto e superficie. Anche qui è molto importante ottimizzare il processo, perché denti troppo larghi creano delle superfici troppo esposte che potrebbero collassare (“effetto drox”: si creano delle sferette non fuse e la superficie tende a piegarsi).

Dopo aver realizzato il file STL, la macchina esegue la cosiddetta operazione di slicing, ovvero esegue un “affettamento” del pezzo di un certo numero di layer, a seconda della risoluzione impostata. È evidente che, per avere delle finiture e delle tolleranze dimensionali precise, bisognerebbe usare uno slicing adattativo, in modo da assecondare al meglio il processo. Tuttavia, quest'operazione ha un grande limite: sulla piattaforma di lavoro si possono mettere solo pezzi uguali. In altri termini, oltre ad avere dei vincoli puramente tecnologici, bisogna tenere in considerazione alcuni “limiti” di natura software, inevitabili per una corretta riuscita del processo finale.

Parametri di processo

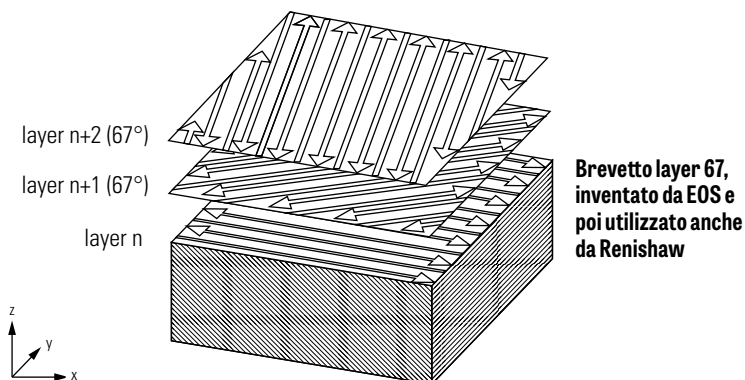
I parametri di costruzione della LPBF sono circa 130. Ciò dà un'idea di cosa voglia dire mettere a punto un nuovo materiale per tale tecnologia. Molti parametri sono tutti collegati tra di loro e per poterli settare al meglio si dovranno fare un tot di prove che moltiplicato per il numero di parametri dà valori di combinazioni spropositati. È per tale ragione che per questa tecnologia esistono, ad oggi, pochi materiali certificati. Per lo sviluppo, quindi, di nuove varianti di ma-

teriali normalmente si parte da quelli già certificati e si vanno a modificare certi fattori in base all'esperienza. Ad esempio, quando si fa una procedura del genere, la prima cosa che bisogna ottenere è la densità (almeno il 99,9%). Si vanno a settare, quindi, i parametri per riuscire ad ottenere il target di densità. Una volta fatto ciò si va a lavorare su altri parametri che riguardano le tolleranze geometriche. I parametri che più di tutti vanno ad agire sia in tal senso che sulle tolleranze geometriche possono essere suddivisi in quattro categorie, come si vede dallo schema in Figura 3.

Strategie di scansione

Il laser, normalmente, fa un contorno, poi riempie tutta la parte e poi di nuovo un altro contorno per rifinire il primo. In base ai parametri impostati, questo contorno può stare interno o esterno rispetto alle dimensioni del pezzo. Quest'ultimo, quindi, può risultare un po' più largo o addirittura un po' più piccolo rispetto al nominale del CAD. Questo tipo di calibrazione viene chiamato "beam offset". Bisogna notare che la dimensione dello spot del laser ha un diametro effettivo di circa 20 micron in più e quindi si hanno questi 20 micron di polvere parzialmente fusa, che si vanno ad attaccare in modo capillare alla parte più fusa, mantenendo comunque una certa rugosità, che dovrà essere eliminata se necessario. Quando si setta il beam offset, pertanto, bisogna tenere in conto di questo diametro effettivo del fascio laser che, inoltre, è direttamente proporzionale alla potenza del laser ed inversamente proporzionale alla velocità di scansione del laser. Nella Figura 4, viene riportato un dettaglio di quanto detto. Per ogni materiale, esiste un beam offset che rappresenta, quindi, dei valori di scala di Δx e Δy . Questi valori, a loro volta, si trovano nei pannelli di settaggio di altri parametri di costruzione. Da qui si può notare come nomi di parametri di processo possono avere dei significati differenti a seconda del contesto. Il costruttore della macchina non dirà mai il significato di ciascun parametro, perché essendo tutti i parametri chiusi si è obbligati a comprare le proprie polveri con i relativi settaggi già certificati e che garantiscono la costruzione di un pezzo perfetto. Di conseguenza diventa un *know how* importante sapere come agiscono tutti i relativi parametri. In base alla distanza dell'attach distance, si può avere un pezzo più o meno denso. Quello che si vede nella Figura 5 sono tutte le strategie di scansione fino ad ora note. Ogni tipo di strategia dà origine a vari tipi di strutture interne ai pezzi re-

Strategia di scansione EOS



alizzati. La EOS aveva adottato il famoso 67° (brevetto ormai scaduto ed usato pure da Renishaw): 67° è un numero primo tale per cui ogni volta che il layer ruota vengono ridotti gli stress all'interno del pezzo (Figura 6). Non ci sarà mai un layer che si andrà a sovrapporre ad uno dei precedenti, perché essendo 67 un numero primo non si arriverà mai ad avere la stessa posizione (avere delle scansioni sovrapposte con lo stesso andamento può creare dei problemi di porosità). Da vari studi, si è visto che le altre strategie di scansione danno degli stress eccessivi per cui i pezzi si deformano facilmente oppure si possono ottenere delle porosità all'interno dei pezzi.

Post processo

Finita la costruzione del pezzo, prima di rimuovere i supporti, viene messo all'interno di un forno con tutta la piattaforma per sottoporlo ad un trattamento termico, la cui durata e temperatura dipendono dal materiale utilizzato e serve proprio per rilasciare gli stress residui, che si creano all'interno del pezzo in modo che quando il pezzo viene staccato dalla piattaforma non si deforma. Se prima dello stress relieving non viene rimossa quanto più polvere possibile dalle parti interne, c'è il rischio che tali particelle all'interno si compattino andando a deteriorare il pezzo che sarà quindi da scartare. Finita la distensione, diventa molto importante anche come vengono tolti i supporti. Dopo aver rimosso il pezzo dalla piattaforma viene fatta una pallinatura per togliere quelle microparticelle che rimangono a causa della parziale fusione della polvere (quindi non è una vera e propria finitura). Dopo di ciò, si procede con la finitura tramite pallinatrice con determinate pressioni e a seconda del materiale del pezzo. In linea generale, una volta eseguite tutte le operazioni suddette, il processo si può ritenere ultimato. ■