

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

# ***Relazione per la prova finale***

Analisi della finitura superficiale

in seguito a lavorazione della lega di alluminio AlSi7Mg  
ottenuta mediante Laser Powder Bed Fusion

Tutor universitario: Professoressa Stefania Bruschi

Laureando: *Enrico Turetta*

Padova, 16/07/2024

## **Obiettivo dell'esperienza:**

Il percorso di tesi, di tipo sperimentale, è stato strutturato al fine di prendere confidenza con una tecnologia manifatturiera innovativa: l'Additive Manufacturing (AM) impiegato nella produzione di componenti metallici, nello specifico in una lega di alluminio al silicio AlSi7Mg.

## **La ricerca:**

Nella fabbricazione tramite AM di componenti in lega di alluminio, variando i parametri di processo viene influenzata la microstruttura.

Trovare una correlazione tra tali parametri e le caratteristiche meccaniche dei provini stampati significa poter strutturare vari tipi di ottimizzazioni:

- Delle prestazioni di lavorazioni meccaniche a valle del processo di stampa;
- Funzionale e/o cosmetica dei prodotti finiti;
- Economica.

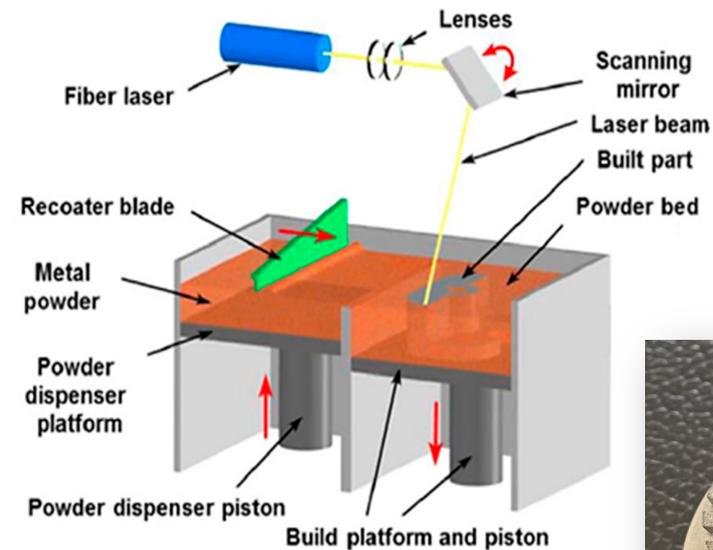
## La tecnologia Laser Powder Bed Fusion (LPBF):

È un processo di manifattura additiva ampiamente utilizzato nella realizzazione di componenti dalla geometria complessa, talvolta non fabbricabili con tecnologie tradizionali.

La produzione di un componente parte dal deposito di un sottile strato di polvere metallica sul piano di lavoro che si trova immerso in atmosfera controllata. Successivamente si sfrutta la potenza di un laser che si muove lungo una traiettoria XY fondendo la polvere al suo passaggio.

Una volta terminato un layer, la piattaforma si abbassa lungo Z di un tratto pari allo spessore della polvere depositata e il processo è ripetuto fino al completamento del pezzo.

Viene rimossa infine la polvere in eccesso e il componente è liberato dalla base ed eventuali supporti.

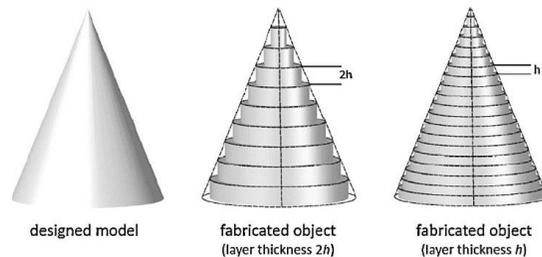


## I parametri di processo del LPBF:

- Potenza del laser (P);
- Hatch spacing (H);
- Layer thickness (L);
- Velocità di scansione (S);
- Strategia di scansione.

## L'effetto Staircase:

Si tratta di un errore di rappresentazione tipico dell'AM, che si basa sulla necessità di suddividere il modello 3D in layer lungo la build direction Z. Tale effetto è proporzionale al layer thickness.



In questa trattazione ci concentreremo sulla finitura superficiale, una caratteristica fortemente penalizzata nelle fabbricazioni tramite AM.

## Norma ISO 25178:

è una norma internazionale che definisce i metodi e le specifiche per la misurazione e l'analisi della texture superficiale in tre dimensioni.

## Parametri di interesse per questa ricerca:

- $S_a$ : è l'altezza media aritmetica di tutti i punti della superficie rispetto ad un piano di riferimento;
- $S_{pk}$ : rappresenta l'altezza media dei picchi sopra il nucleo della superficie;
- $S_{vk}$ : misura la profondità media delle valli sotto il nucleo della superficie.

La ricerca è stata svolta presso il laboratorio Te.Si. dell'Università degli Studi di Padova, dove è stato possibile usufruire dei seguenti macchinari e strumenti:

- **Stampante LPBF(1);**

Sisma™ MYSINT100 equipaggiata con laser a fibra con potenza di 200W e un diametro focale di  $55\mu\text{m}$ , camera insufflata di argon con livelli di ossigeno inferiori allo 0,01%.

- **Bilancia di precisione (2);**

KERN™ ABT 120-5DM che sfrutta il principio di Archimede per identificare la densità dei componenti.

- **Tornio CNC;**

Mori Seiki™ NL1500TM equipaggiato con inserti rivestiti VCEX 11 03 01L-F 1125 Sandvik Coromant.

- **Profilometro (3);**

Sensofar Plu Neox™ equipaggiato con lenti 20x Nikon™.

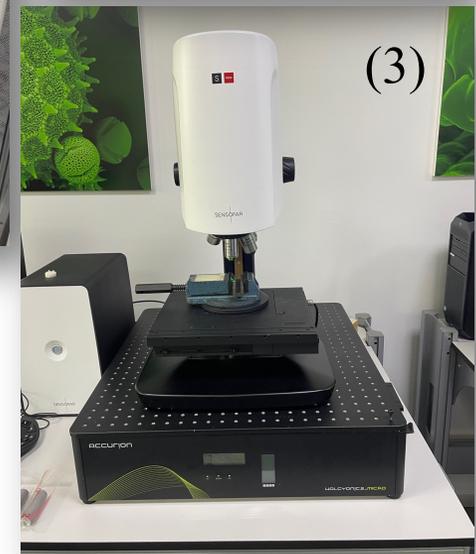
- **Microscopio ottico;**

Keyence™ VHX-7000.

- **Levigatrice per metallografia;**

- **Forno elettrico per trattamenti termici;**

- **Software dedicati.**



La ricerca è stata strutturata in due fasi:

## ***PRIMA FASE***

Sono stati stampati dei campioni cubici con lato di 10mm, con diversi valori di potenza laser, hatch spacing, velocità di scansione e layer thickness, ai quali è stata effettuata una caratterizzazione di:

- Densità;
- Porosità;
- Microstruttura.

La caratterizzazione ha identificato valori dei parametri di processo pari a:

$$P=170W \quad S=1056\text{mm/s} \quad H=150\mu\text{m} \quad L=30\mu\text{m}$$

Sono stati dunque prodotti dei provini cilindrici (1) del diametro di 20mm e altezza di 70mm, facendo variare i valori di hatch spacing e layer thickness nell'intorno dei dati sopraindicati. Rispettivamente  $H=125-150-175\mu\text{m}$  e  $L=20-25-30\mu\text{m}$



## SECONDA FASE

I provini ottenuti sono stati quindi sottoposti a un trattamento termico T6 (1) che comprende tempra di soluzione a 535°C per 3 ore e invecchiamento artificiale a 150°C per 6 ore.

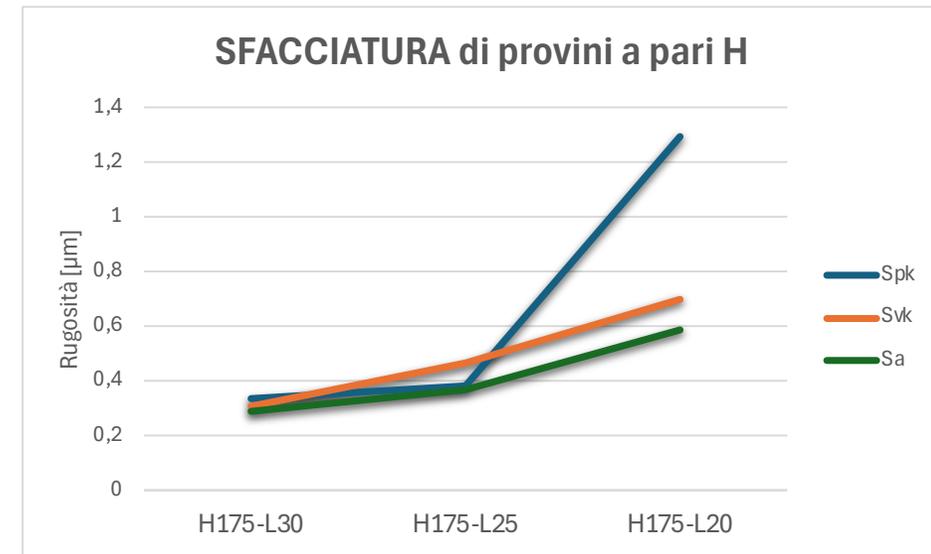
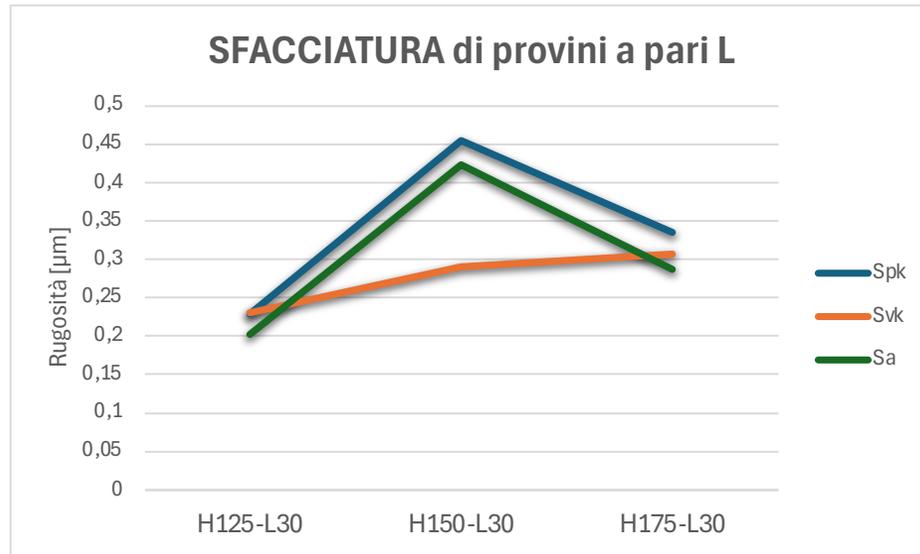
A questo punto i cilindri sono stati lavorati al tornio con le seguenti impostazioni operative di finitura, al fine di ottenere una rugosità minima:

- Profondità di passata = 0,25mm
- Velocità di taglio = 200m/min
- Avanzamento = 0,03mm/giro

Ogni cilindro è tornito in tre sezioni lunghe 5mm ciascuna. (2)

È ora possibile ottenere le profilometrie delle superfici tornite e sfacciate di ogni campione, per poi analizzarle con il software SensoView applicando la norma ISO 25178, in modo da poter valutare i valori di Sa, Spk ed Svk.





		SFACCIATURA		
		Spk	Svk	Sa
L30	H125	0,23	0,23	0,20
	H150	0,45	0,29	0,42
	H175	0,33	0,31	0,29
H175	L30	0,33	0,31	0,29
	L25	0,38	0,47	0,37
	L20	1,29	0,70	0,59

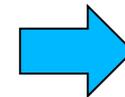
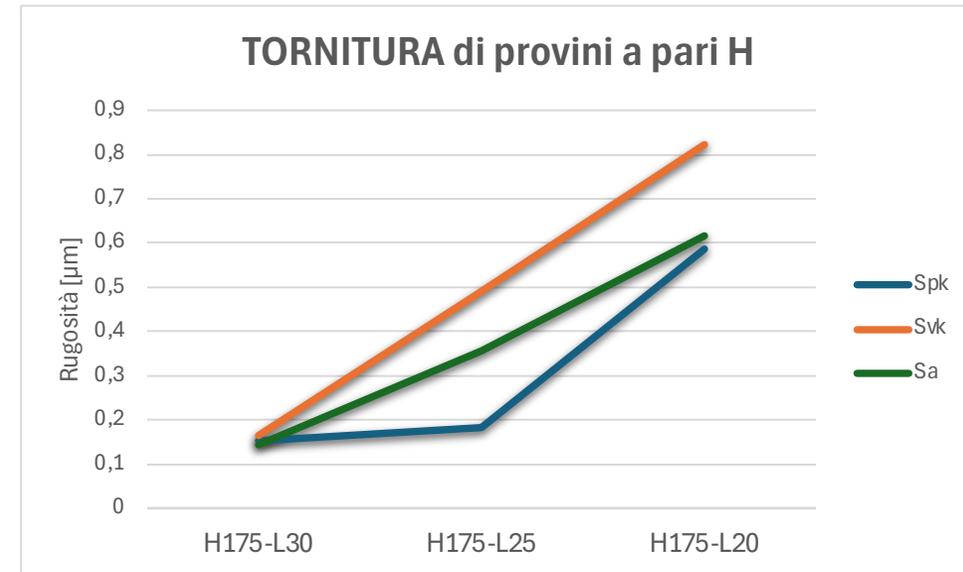
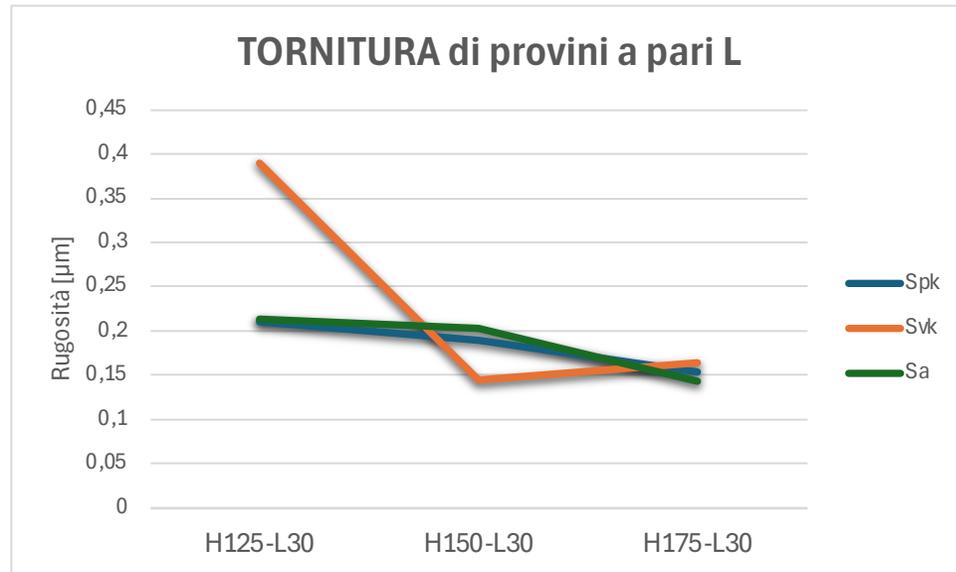
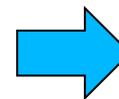


Tabella riassuntiva dei valori di rugosità [ $\mu\text{m}$ ] ottenuti dalle profilometrie della superficie sfacciata.

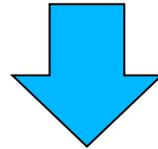


TORNITURA				
		Spk	Svk	Sa
L30	H125	0,21	0,39	0,21
	H150	0,19	0,15	0,20
	H175	0,15	0,16	0,14
H175	L30	0,15	0,16	0,14
	L25	0,18	0,49	0,36
	L20	0,59	0,82	0,62



Schema riassuntivo dei valori di rugosità [ $\mu m$ ] ottenuti dalle profilometrie della superficie tornita.

Osservando i risultati, è possibile fare delle considerazioni sull'influenza delle variazioni dei valori di hatch spacing e layer thickness nelle rugosità ottenute.



Notiamo come sia nel caso della sfacciatura che della tornitura, il variare di  $H$  sia decisamente meno rilevante rispetto al variare di  $L$  nel condizionamento delle rugosità dei campioni.

Una diminuzione del layer thickness, infatti, comporta in entrambi i casi un innalzamento considerevole delle rugosità, sia in termini di altezza media aritmetica che di parametri funzionali.

Tuttavia, si può notare come anche la variazione di hatch spacing influenzi le rugosità nell'ordine di qualche decimo di micrometro.

Nel caso delle superfici sfacciate avremo un aumento di rugosità proporzionale alla crescita di  $H$ . nel caso della superficie tornita, invece, vi sarà un aumento inversamente proporzionale.

La finitura superficiale non è considerata una caratteristica meccanica in senso tradizionale, poiché non fornisce informazioni sul comportamento del materiale sottoposto a sollecitazioni.

Tuttavia, essa svolge un ruolo importante nel condizionamento delle prestazioni meccaniche dei componenti.

Sono fortemente influenzate dalle condizioni della superficie, infatti:

- La resistenza a fatica;
- L'usura e l'attrito;
- La corrosione.

Nell'ambito delle applicazioni industriali, inoltre, altri importanti aspetti da considerare sono estetica e funzionalità. La texture di un componente è spesso tra le prime caratteristiche che balzano agli occhi del consumatore, che non deve quindi essere trascurata.

È possibile intuire dunque l'importanza di questo studio nel panorama delle applicazioni ingegneristiche del Laser Powder Bed Fusion e più in generale dell'Additive Manufacturing.

# ***GRAZIE PER L'ATTENZIONE***