

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale
RESISTENZA STATICA E A FATICA DI COMPONENTI
OTTENUTI DA ADDITIVE MANUFACTURING

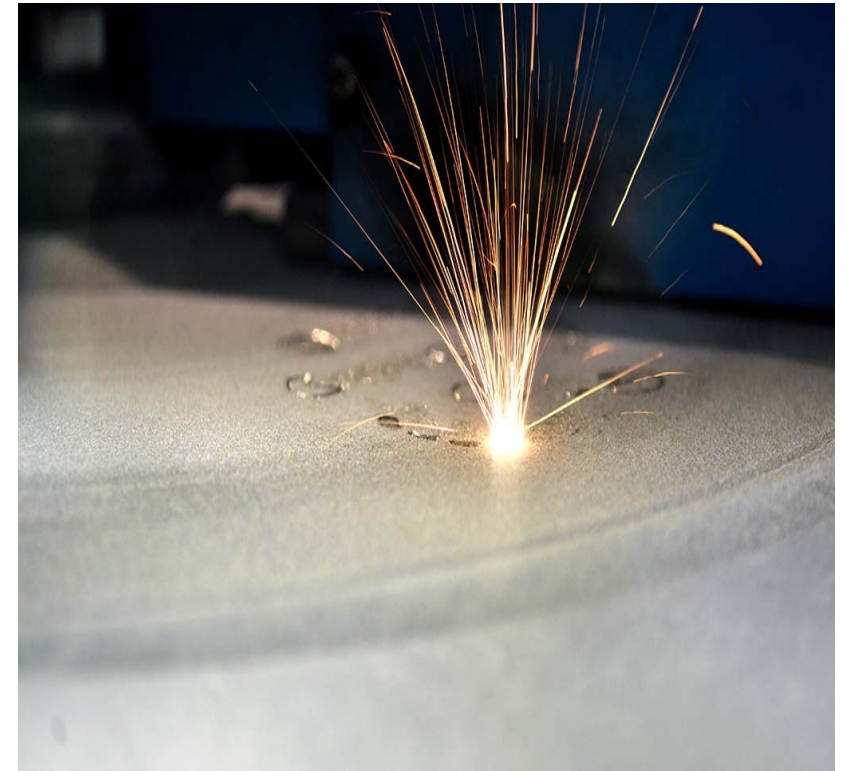
Tutor universitario: Prof. Alberto Campagnolo

Laureando: *Grigolon Simone*

Padova, 11/03/2022

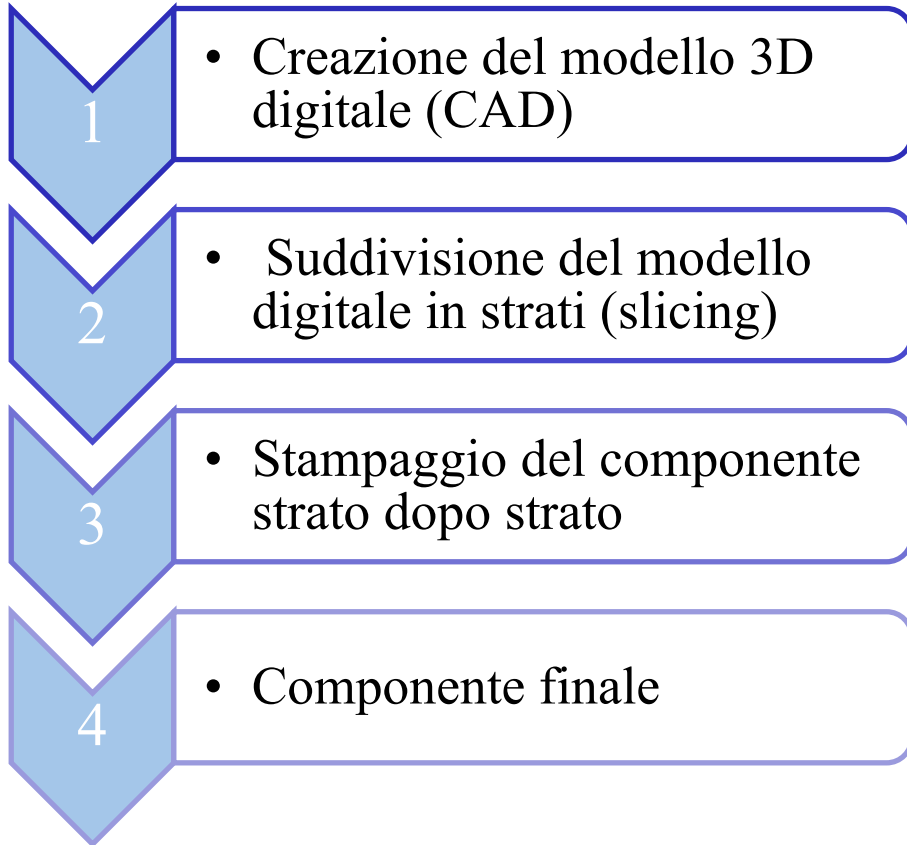
Obiettivi

- Presentazione della tecnologia di Additive Manufacturing e delle relative tecniche principali in relazione ai materiali metallici
- Analisi dei principali fattori che influenzano il comportamento a fatica dei materiali metallici AM
- Confronto a fatica tra materiali metallici ottenuti mediante Additive Manufacturing e mediante tecniche produttive tradizionali. Analisi dei seguenti materiali: AlSi10Mg, Ti6Al4V, AISI 316L, 17-4 PH
- Studio del comportamento a fatica di un componente reale, appartenente all'ambito aerospaziale: una forcella di supporto per il velivolo Airbus A350 XWB

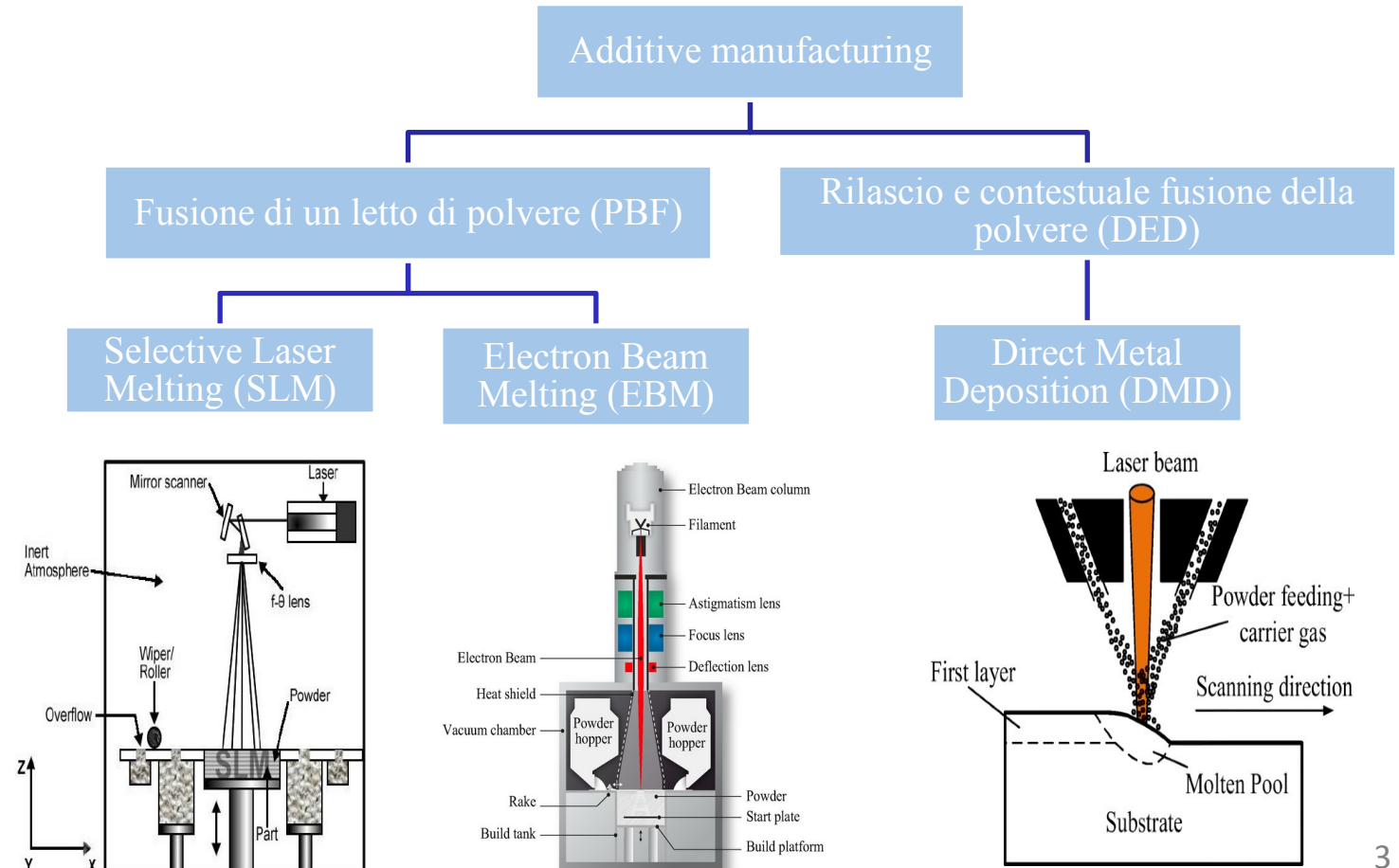


L' Additive Manufacturing

PROCESSO



TECNOLOGIE

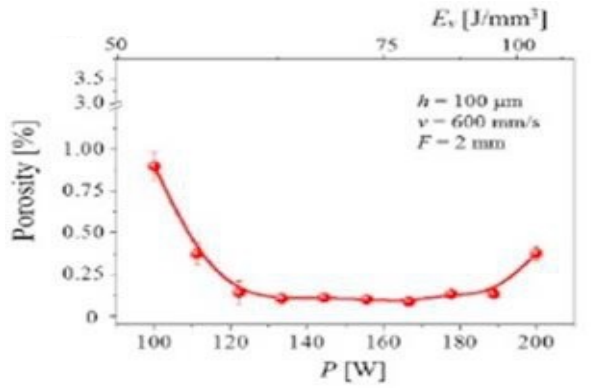
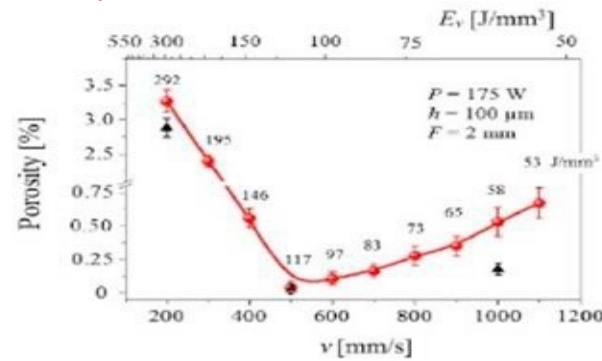


Fattori di influenza sulle proprietà dinamiche (1/2)

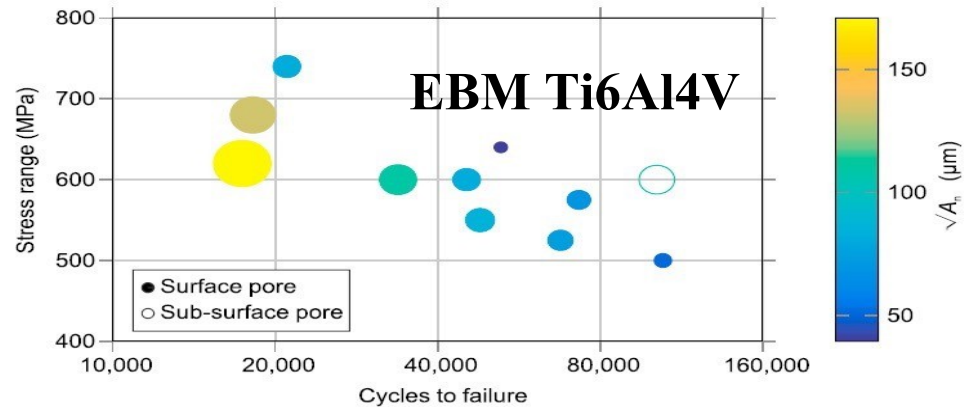
• **Microstruttura e difetti** dipendono da **parametri di processo**

velocità di scansione

potenza del laser



difetti: localizzazione e dimensioni



- Kasperovich G. et al., (2016), correlation between porosity and processing parameters in Ti6Al4V produced by selective laser melting, *Materials and Design*, **105**, 160-170.
- Tammas-Williams S. et al., (2017), the influence of porosity on fatigue crack initiation in additive manufactured titanium components, *Scientific Reports*, **7**.

Fattori di influenza sulle proprietà dinamiche (2/2)

• **Orientamento di stampa**

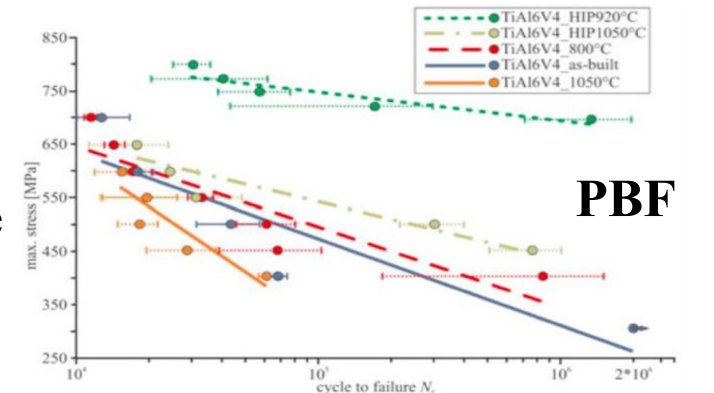
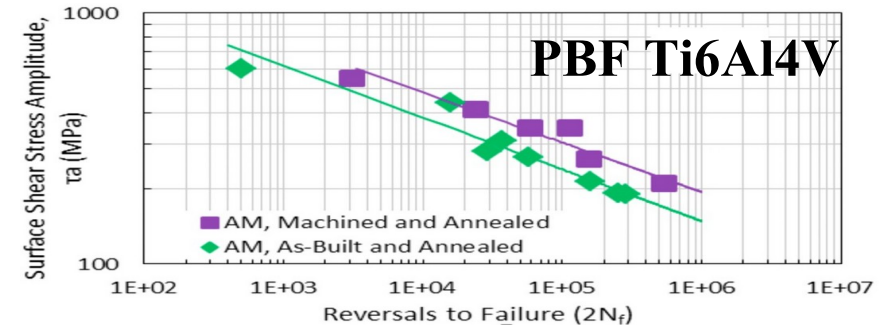
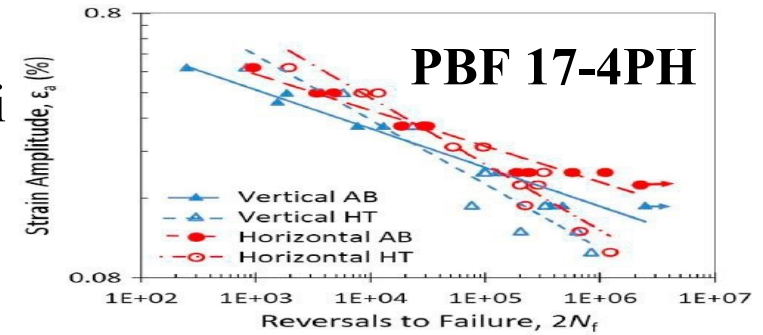
- verticale → tensioni \perp piani
- orizzontale → tensioni \parallel piani

• **Rugosità superficiale**

- effetto scalino
- rimozione concentrazione di tensioni

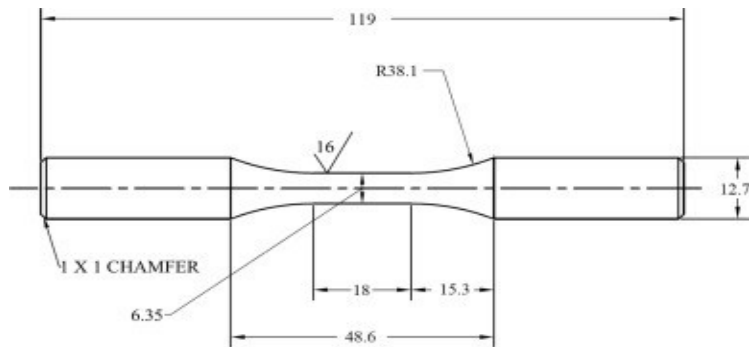
• **Trattamenti termici**

- HIP → riduzione tensioni residue di trazione



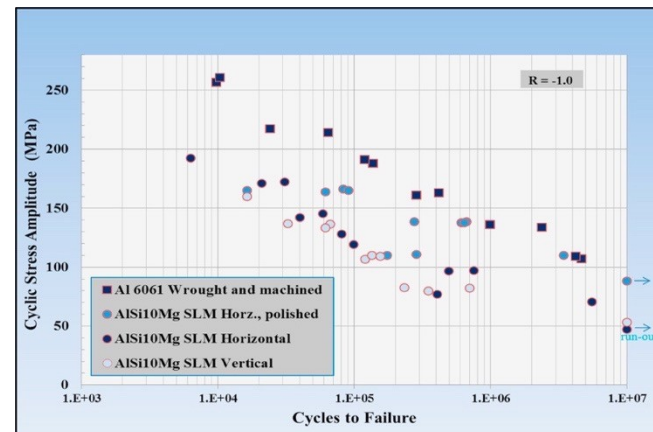
Reza Molaei, Ali Fatemi, (2018), Fatigue design with additive manufactured metals: issues to consider and perspective for future research, *Procedia Engineering*, **213**, 5-16

Confronto a fatica tra materiali metallici AM e tradizionali (1/2)



- provini di fatica a forma di clessidra cilindrica ($L=119\text{mm}$, $\varnothing=12,7\text{mm}$)
- flessione rotante
- ciclo alterno simmetrico, $R = -1$
- controllo di forza
- Frequenza 25 Hz

➤ AlSi10Mg (vs Al 6061)



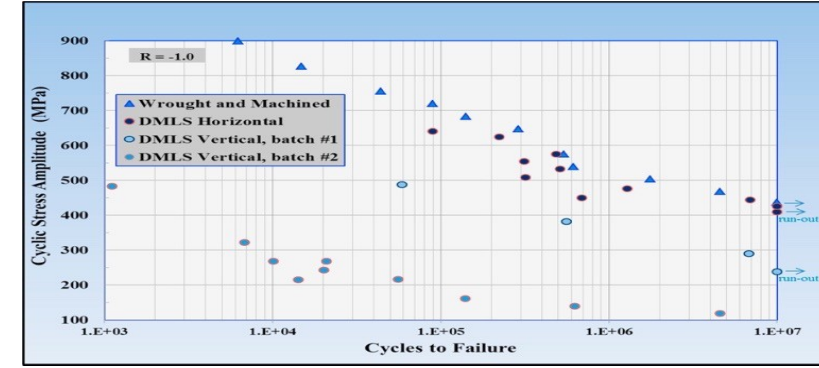
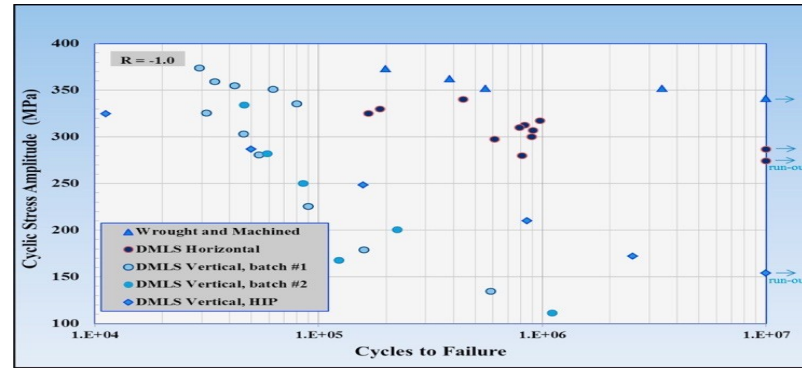
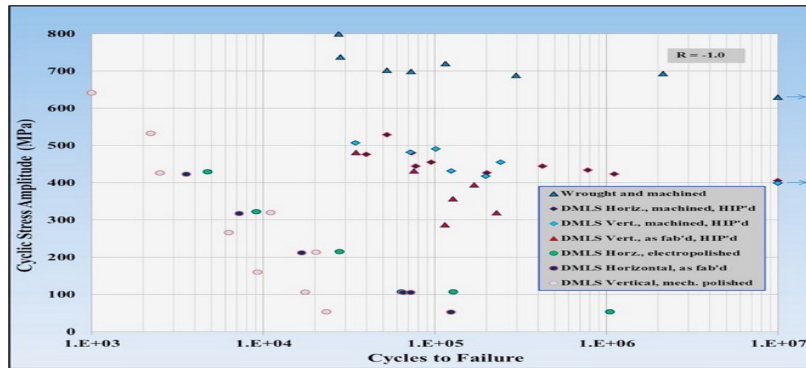
- SLM
- orientamento verticale e orizzontale
- trattamento superficiale: lucidatura

Confronto a fatica tra materiali metallici AM e tradizionali (2/2)

➤ Ti6Al4V

➤ AISI 316L

➤ 17-4 PH



- DMLS
- orientamento verticale e orizzontale
- trattamento superficiale: elettrolucidatura
- trattamento termico: HIP

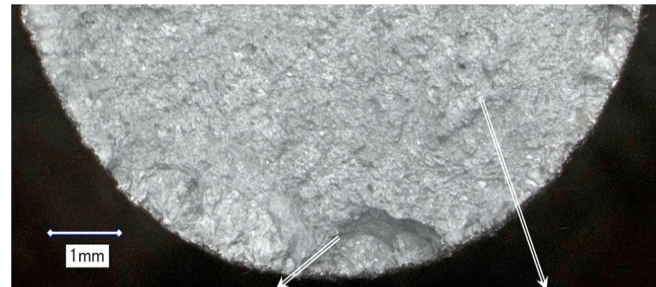
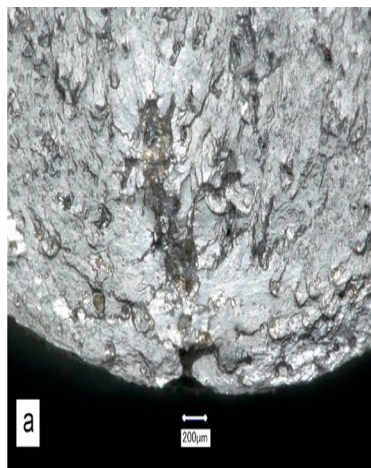
- DMLS
- orientamento verticale e orizzontale
- trattamento termico: HIP

- DMLS
- orientamento verticale e orizzontale

	Al6061 tradiz.	AM AlSi10Mg vert.	AM AlSi10Mg orizz.	AM AlSi10Mg orizz. lucidato	Ti6Al4V tradiz	AM Ti6Al4V orizz. elettroluc.	AM Ti6Al4V vert. HIP	AM Ti6Al4V orizz. HIP	316L tradiz.	AM 316L orizz.	AM 316L vert.	AM 316L vert. HIP	17-4 PH tradiz.	AM 17-4PH orizz.	AM 17-4 PH vert.
Resistenza a fatica a basso numero di cicli (10^4); σ_a	260MPa	160 MPa	180 MPa	180 MPa	>800MPa	320 MPa	>500 MPa	>500MPa	> 400 MPa	>350 MPa	350 MPa	320 MPa	850 MPa	> 700 MPa	300-500 MPa
Resistenza a fatica ad alto numero di cicli (10^7); σ_a	100MPa	50 MPa	50 MPa	90 MPa	630 MPa	/	400 MPa	400 MPa	340 MPa	280 MPa	<100 MPa	150 MPa	450 MPa	430 MPa	100-250 MPa

Superfici di frattura

	AM AlSi10Mg As-built	AM AlSi10Mg lucidato	AM Ti6Al4V As-built	AM Ti6Al4V HIP	AM 316L orizzontale As-built	AM 316L verticale As- built	AM 17-4 PH orizzontale As- built	AM 17-4 PH verticale As-built
Inizio cricche di fatica	superficie	cuore del provino	superficie	sub-superficie	sub-superficie	superficie	sub-superficie	cuore del provino/ superficie



Comportamento a fatica di un componente reale (1/2)

❖ Il componente: forcella per il velivolo Airbus A350 XWB

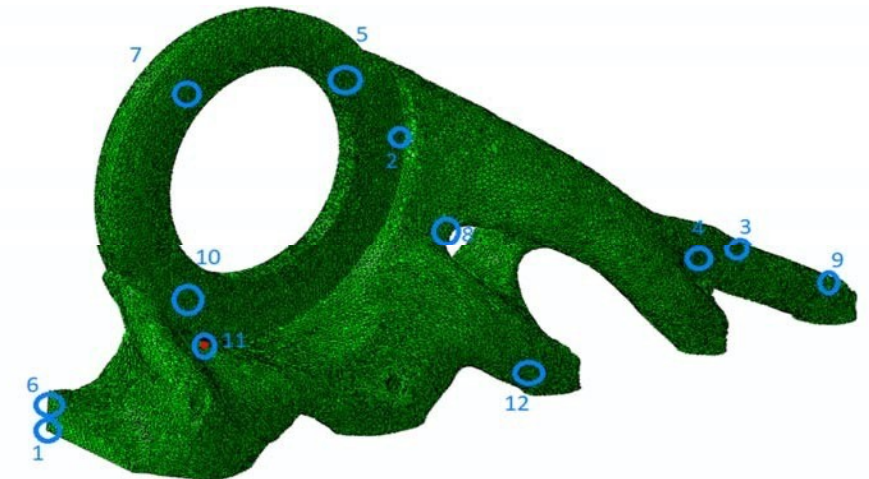
➡ Al 7075 vs AISI 316L (AM)



❖ Candidati punti critici per il comportamento a fatica

➡ 12 punti totali

➡ localizzati sulla superficie del componente

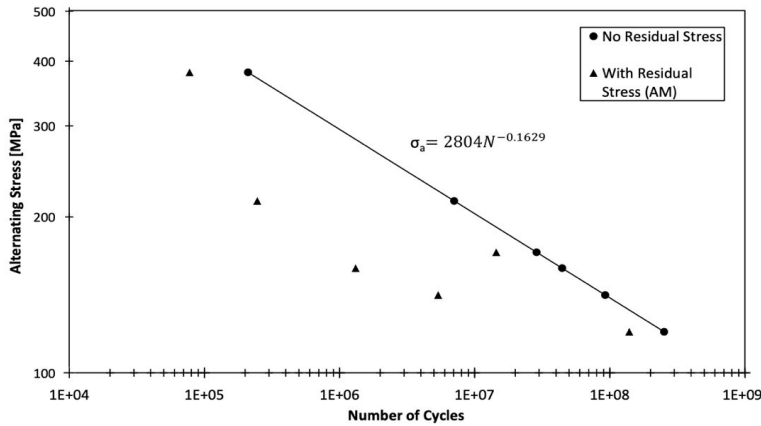


Comportamento a fatica di un componente reale (2/2)

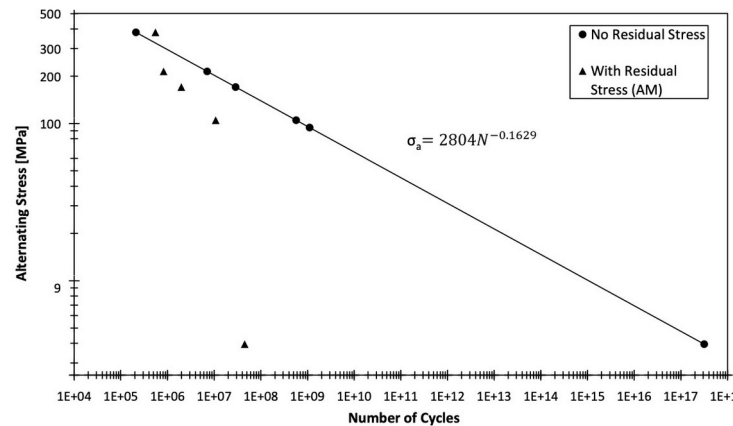
❖ Influenza dell'orientamento di stampa sul comportamento a fatica

➡ effetto delle tensioni residue

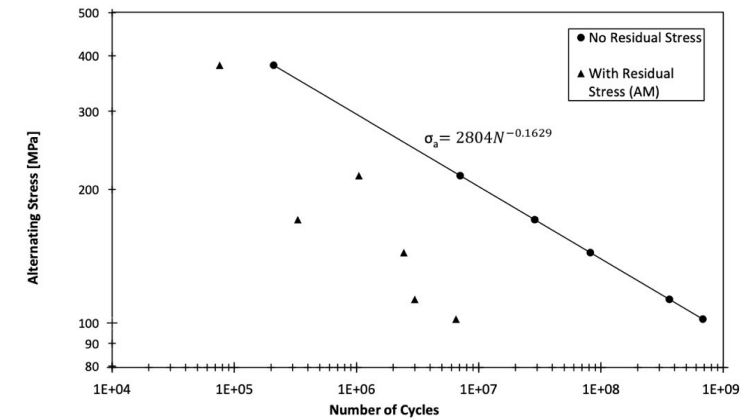
carico applicato = 34155N R = -1



Orientamento di stampa 1



Orientamento di stampa 2



Orientamento di stampa 3

	tradizionale	Orientamento 1 AM	Orientamento 2 AM	Orientamento 3 AM
Vita a fatica	1.1×10^5 cicli	2.0×10^4 cicli	5×10^5 cicli	2.0×10^4 cicli

Conclusioni

- Il trattamento termico HIP (hot isostatic pressing) dimostra effetti benefici nei riguardi del comportamento a fatica della lega di titanio AM Ti6Al4V: la resistenza a fatica passa dal 15% a circa il 70% rispetto alla resistenza a fatica esibita dal materiale prodotto tradizionalmente
- I trattamenti superficiali sui metalli leggeri AM (lega di alluminio e di titanio) mostrano effetti benefici limitati, che si attestano in un aumento della vita a fatica di circa il 10% rispetto agli stessi materiali non trattati
- L'orientamento di stampa si è rivelato essere un fattore importante negli acciai inox AM, sia nei provini di fatica che nella forcina studiata; nei primi, la vita a fatica di quelli prodotti orizzontalmente risulta aumentata di oltre il 50% rispetto agli stessi prodotti verticalmente, nella seconda la vita a fatica è aumentata da 1.1×10^5 cicli a 5×10^5 cicli rispetto al componente tradizionale, scegliendo l'orientamento di stampa 2

Grazie

per

l'attenzione