

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale
DURABILITA' STRUTTURALE STATICA E A FATICA DI
COMPONENTI OTTENUTI DA ADDITIVE MANUFACTURING

Tutor universitario: Prof. Alberto Campagnolo

Laureando: *Salvatore Lo Castro*

Padova, 18/03/2024

- Comparazione delle caratteristiche meccaniche di componenti creati attraverso l'ausilio dell'additive manufacturing e processi convenzionali.
- Introduzione alla modalità di produzione dell'additive manufacturing, con relativo procedimento e varie tipologie.
- Vantaggi e svantaggi dell'additive manufacturing.
- Fenomeno della fatica nell'additive manufacturing con relativi parametri di processo.
- Confronto della vita statica e a fatica delle leghe TiAl4V, AlSi10Mg e AISI 316L ottenuti tramite l'ausilio dell'additive manufacturing o processi convenzionali.



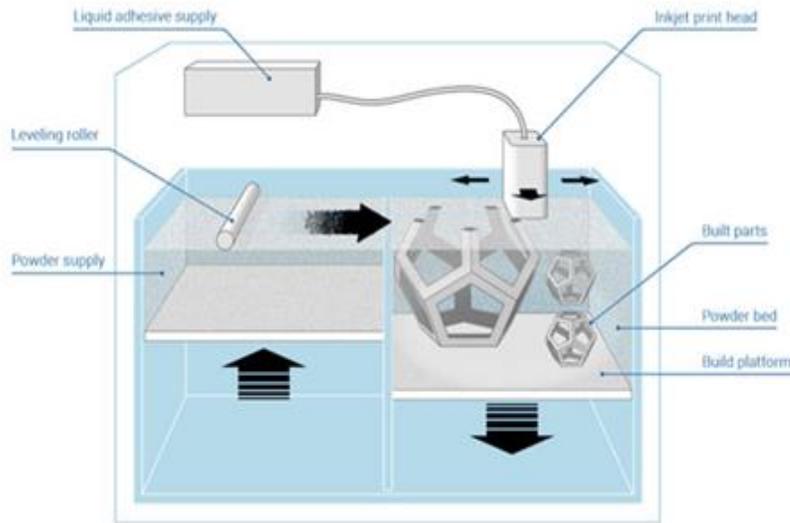


PROCEDIMENTO DELL'ADDITIVE MANUFACTURING:

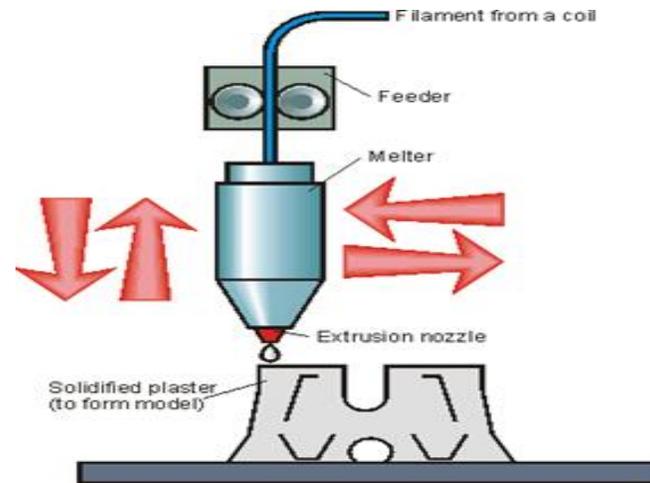
- Si parte da un disegno CAD 3D
- Si importa il solido nel software della macchina
- Si divide il modello in una successione di strati
- Deposito progressivo di strati di materiale
- Si ottiene il modello definitivo
- Eventuali trattamenti di post-produzione

SETTORI TRAINANTI DELL'AM: automotive, aeronautico e medicale

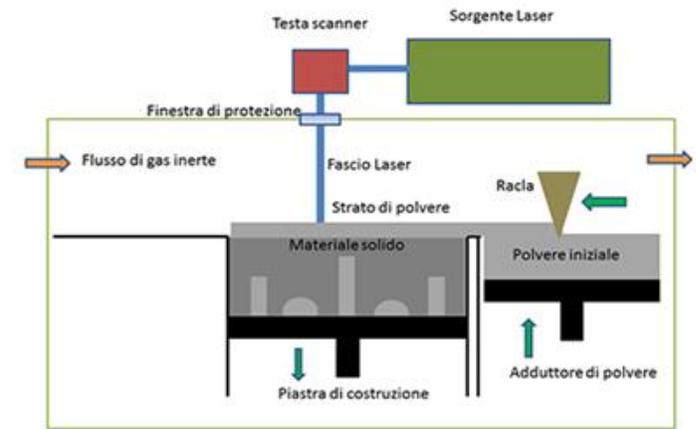
❖ Stampa 3D (binder jetting/inkjet printing)



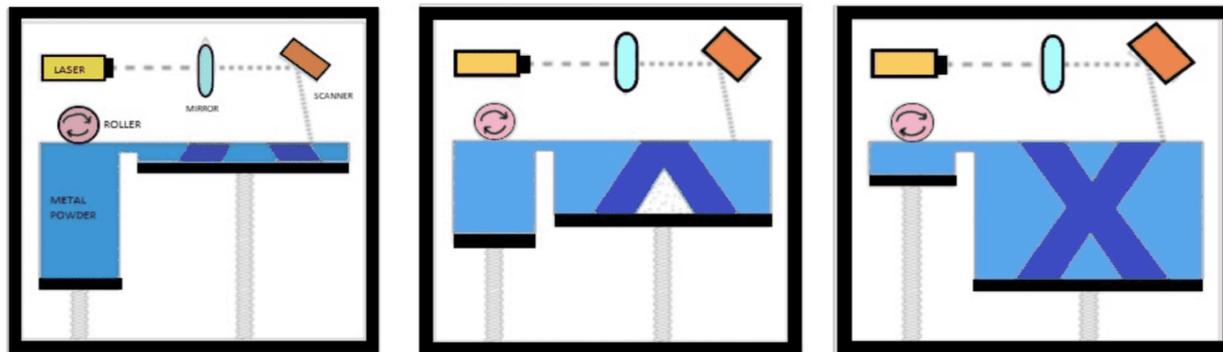
❖ FDM (fused deposition modelling)



❖ SLM (selective laser melting)



❖ DMLS (direct metal laser sintering)



VANTAGGI:

- ✓ Meno risorse umane
- ✓ Elevata automazione
- ✓ Elevata varietà di forme geometriche
- ✓ Produzione veloce
- ✓ Spreco minore di materiale
- ✓ Ricostruire componenti danneggiate

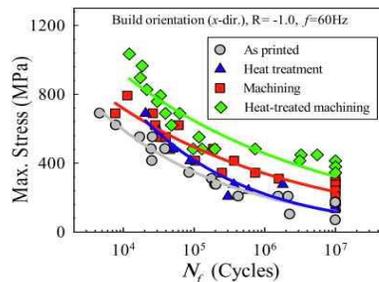
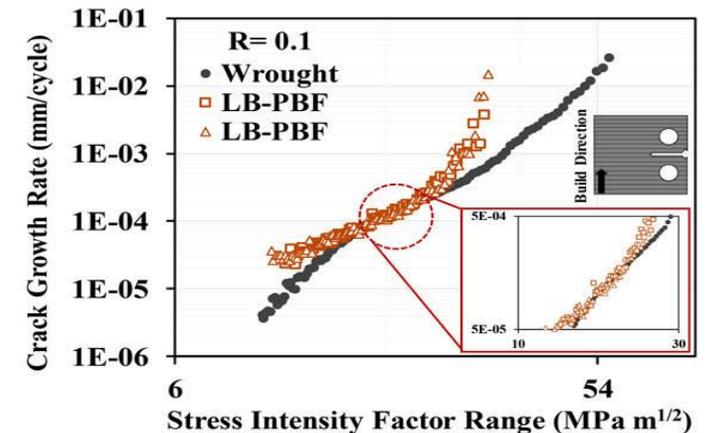
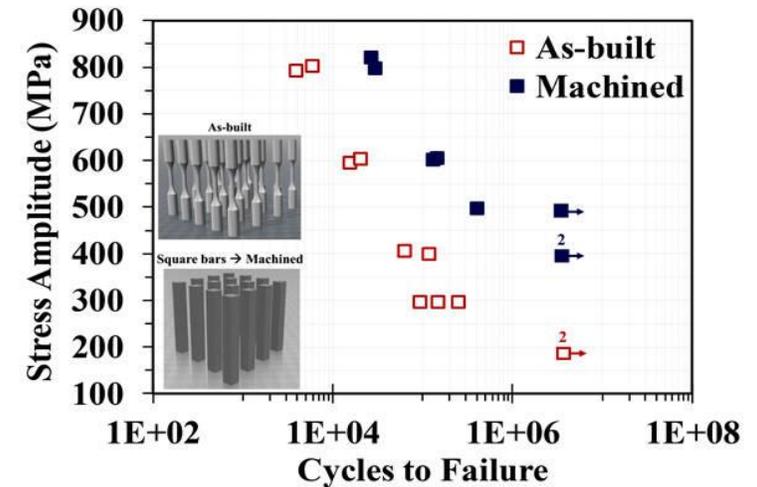
SVANTAGGI

- Numero limitato di materiali utilizzabili
- Produttività delle macchine bassa
- Costo alto delle attrezzature
- Non sempre adattabili
- Pericoloso per i lavoratori
- Necessità di strutture di supporto

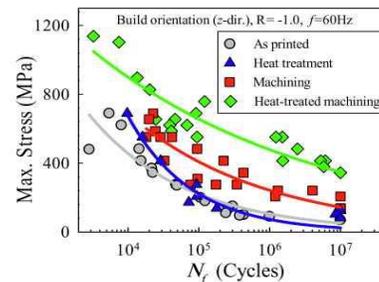
FATICA: fenomeno di progressiva degradazione di un materiale sottoposto a carichi variabili nel tempo

FATTORI CHE INFLUENZANO LA RESISTENZA A FATICA DI COMPONENTI ADDITIVI:

- Rugosità superficiale
- FCG (fatigue growth behavior)
- Effetti dell'orientamento della costruzione e della post-produzione

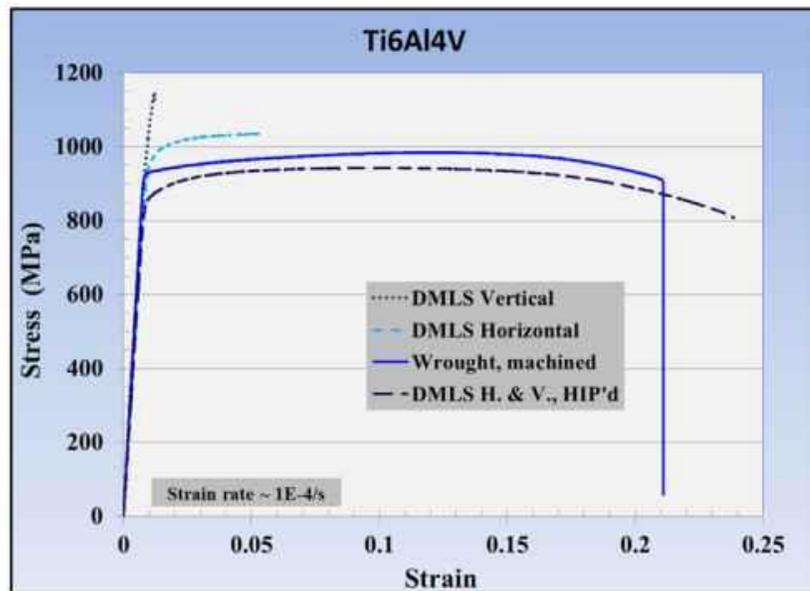


(a)



(b)

	Fe	Al	V	C	O	N	H	Ti
TiAl4V	0,25	6,5	4,5	0,08	0,13	0,03	0,0125	Bilanciato



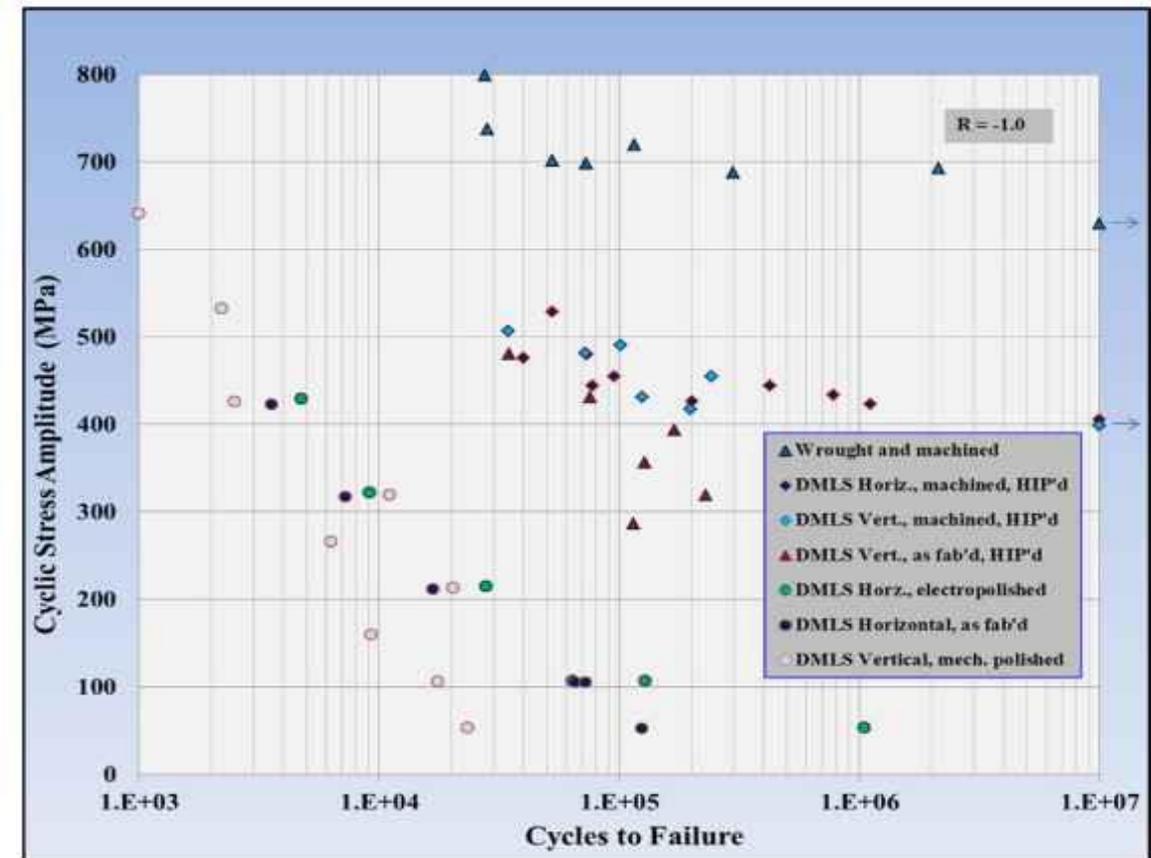
Materiale	Direzione	Modulo (GPa)	Tensione (Mpa)	Tensione ultima (Mpa)	deformazione a rottura
Wrought TiAl4V	Longitudinale	113,1	945	979	0,1
DMLS TiAl4V	Orizzontale	108,8	972	1034	0,055
DMLS TiAl4V	Verticale	114,9	1096	1130	0,012
DMLS TiAl4V (HIP)	Orizzontale e verticale	111,7	862	931	0,24

DETTAGLI PROVA:

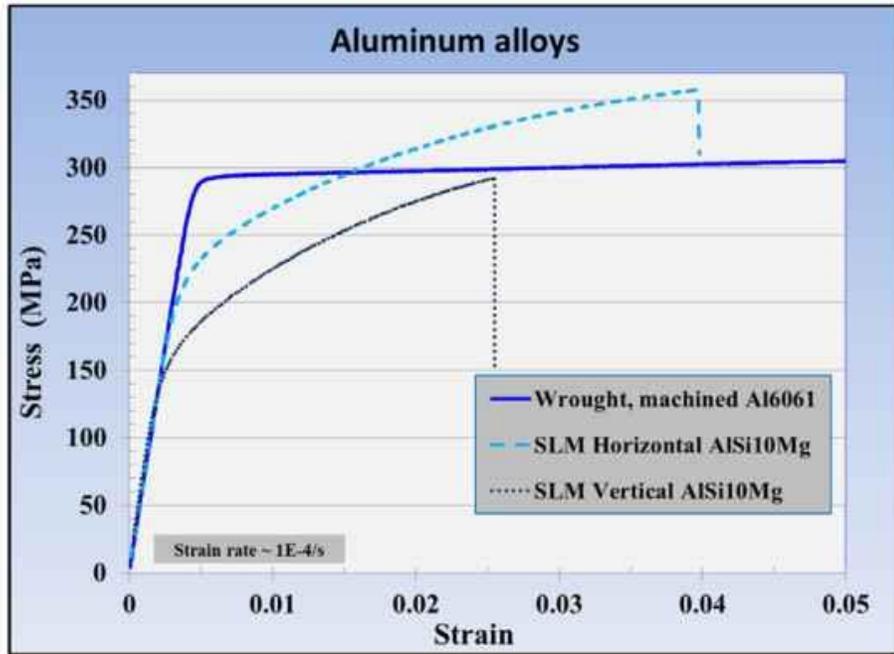
- Macchina servoidraulica Instron 8501 a temperatura ambiente
- Prove di trazione in controllo di spostamento
- Estensimetro senza contatto (con errore dall'1% al 3%)
- Campioni additivi fabbricati con EOS M280 (DMLS)
- Polvere ottenuta da EOS GmbH (dimensione tra 15 e 45 μm)
- Trattamento di distensione termica a 650 °C per 2 ore
- Lotto separato di campioni sottoposto a pressione isostatica a caldo (HIP)
- Provini a «ossa di cane» in orizzontale e verticale

DETTAGLI PROVA:

- Modalità a flessione rotante $R=-1$
- Macchina Systems Integrators RBF850 a temperatura ambiente
- Frequenza da 20 a 25 Hz
- Trattamento di campioni DMLS sia con lucidatura meccanica o elettrolucidatura
- Altri campioni sottoposti a pressione isostatica a caldo (HIP)



	Si	Mg	Fe	Cu	Zn	Ni	Ti	Mn	Al
AlSi10Mg	9,5	0,33	0,15	<0,001	<0,002	<0,003	<0,004	<0,01	balance



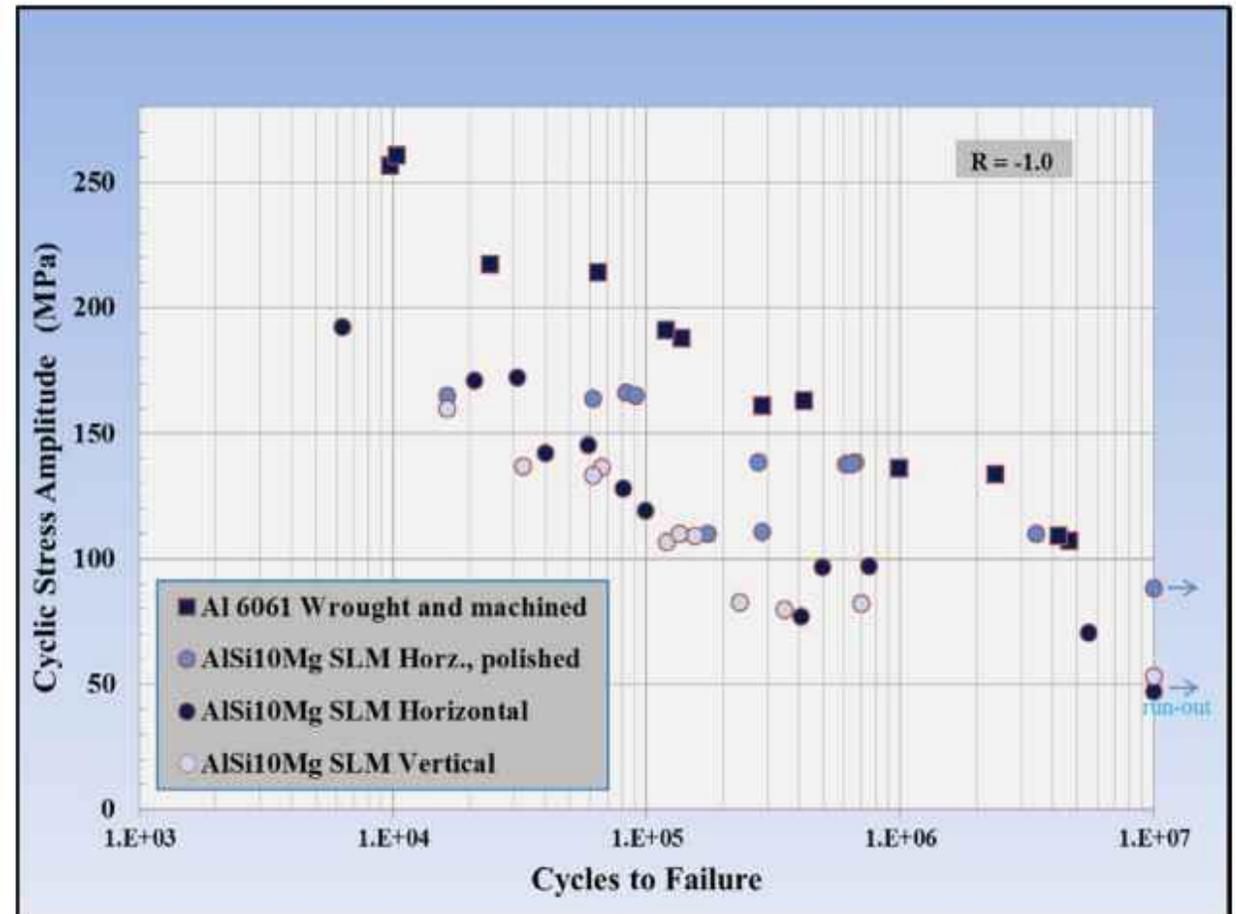
Materiale	Direzione	Modulo (GPa)	Tensione (Mpa)	Tensione ultima (Mpa)	Deformazione a rottura
Wrought Al6061	Longitudinale	66,5	293	310	0,15
SLM AlSi10Mg	Orizzontale	65,5	227	358	0,039
SLM AlSi10Mg	Verticale	75,4	172	289	0,026

DETTAGLI PROVA:

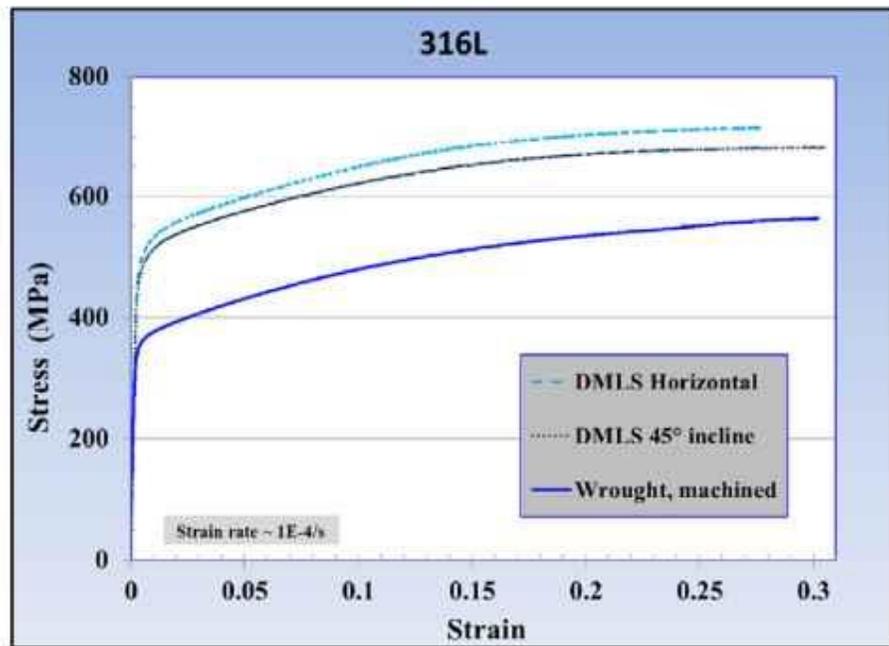
- Macchina servoidraulica Instron 8501 a temperatura ambiente
- Prove di trazione in controllo di spostamento
- Estensimetro senza contatto (con errore dall'1% al 3%)
- Campioni additivi fabbricati con EOS M280 (SLM)
- Polvere ottenuta da EOS GmbH (dimensioni da 20 a 63 μm)
- Provini a «ossa di cane» in orizzontale e verticale
- Provini convenzionali lavorati da barre laminate e da Al6061 certificato

DETTAGLI PROVA:

- Modalità a flessione rotante $R=-1$
- Macchina Systems Integrators RBF850 a temperatura ambiente
- Frequenza da 20 a 25 Hz
- Alcuni campioni post-trattati con lucidatura elettrochimica



	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	C	S	O	N	Fe
AISI 316L	16,9	10,9	2,4	1,3	0,5	0,02	0,003	0,04	0,18	Bilanciato



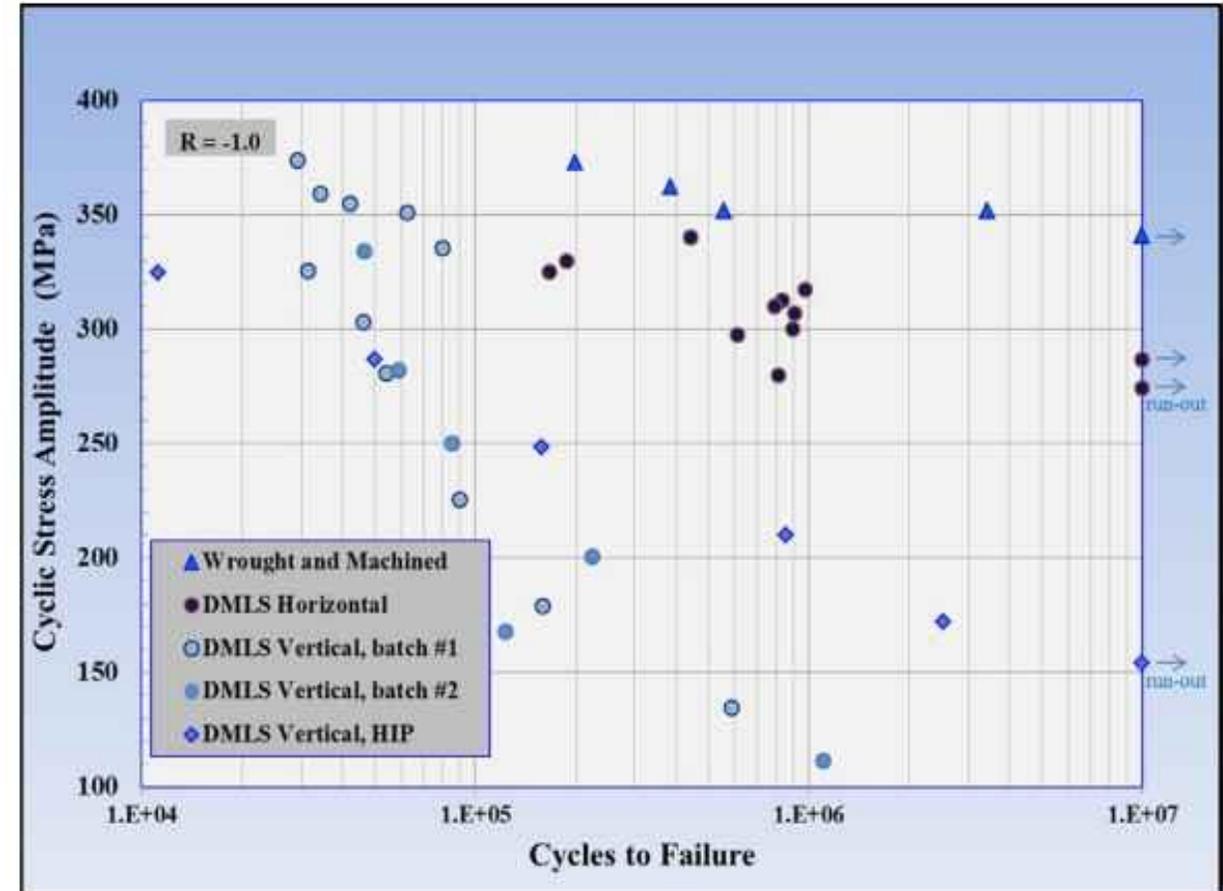
Materiale	Direzione	Modulo (GPa)	Tensione (MPa)	Tensione ultima (MPa)	Deformazione a rottura
Wrought 316L	Longitudinale	187	345	563	0,3
DMLS 316L	Orizzontale	180	496	717	0,28
DMLS 316L	45° inclinato	193	473	680	0,3

DETTAGLI PROVE:

- Macchina servoidraulica Instron 8501 a temperatura ambiente
- Prove di trazione in controllo di spostamento
- Estensimetro senza contatto (con errore dall'1% al 3%)
- Campioni additivi fabbricati con EOS M270 (DMLS)
- Polvere ottenuta da EOS GmbH (dimensioni da 15 a 45 μm)
- Trattamento di distensione a 388°C per 4 ore
- Provini a «ossa di cane» in orizzontale e inclinati di 45°

DETTAGLI PROVE:

- Modalità a flessione rotante $R=-1$
- Macchina Systems Integrators RBF850 a temperatura ambiente
- Frequenze da 20 a 25 Hz
- Alcuni campioni post-trattati con pressione isostatica a caldo (HIP)



COMPORTAMENTO DI TiAl4V:

- Snervamento DMLS TiAl4V superiore al materiale convenzionale
- Materiali DMLS TiAl4V → rotture fragili
- Trattamento HIP abbassa lo snervamento e consente deformazioni significative prima della rottura
- Lucidatura superficiale non migliora il comportamento a fatica
- Materiali DMLS trattati con HIP → miglioramento del 70% della vita a fatica rispetto al materiale convenzionale

COMPORTAMENTO DI AlSi10Mg:

- Snervamento SLM AlSi10Mg notevolmente inferiore al materiale convenzionale Al6061
- Valori di deformazioni di 3-4% per campioni AlSi10Mg
- L'SLM AlSi10Mg ha mostrato resistenza a fatica pari al 60% del materiale convenzionale Al6061
- Lucidatura superficiale migliora la resistenza a fatica solo in alcuni casi
- La resistenza a fatica di SLM AlSi10Mg si può migliorare mediante trattamento termico di post-produzione

COMPORTAMENTO DI AISI 316L:

- DMLS AISI 316L → comportamento duttile con allungamento del 30%
- Snervamento DMLS AISI 316L superiore del materiale convenzionale
- Materiali DMLS AISI 316L orizzontali quasi uguali al materiale convenzionale
- Trattamento HIP migliora la resistenza a fatica