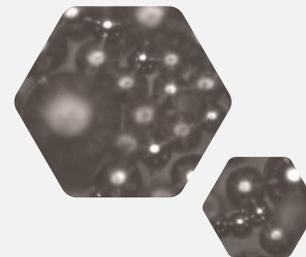




AM per il biomedicale: ProgeoRehateam

Ing. Mattia Lago – UniPD

AMWorkshop 2019



UNIONE EUROPEA
Fondi strutturali e di investimento europei





Obiettivo di Progeo Rehateam

Progettazione e produzione di carrozzine ultraperformanti (es. super leggera) su misura

Additive Manufacturing

Diventano accessibili nuove forme e materiali

L' additive manufacturing apre prospettive progettuali difficili o impossibili da percorrere con le tecniche manifatturiere tradizionali; ciò riguarda

- **Nuovi materiali (es. metalli refrattari)**
 - Nb, Ta, W
- **Geometrie innovative**
 - Topology optimization -> minor peso / migliori proprietà meccaniche

Il laboratorio di stampa additiva del DIAM possiede le macchine EOS M100 e M280.

Technical data	EOS M100	EOS M280
Building volume	Ø 100 mm x 95 mm	250 x 250 x 325 mm
Laser type(maxpower)	Yb (200W)	Yb (400W)
Focus diameter	40 µm	100-500 µm
Scan speed	up to 7 m/s	up to 7 m/s
Inert gas supply	max 50 L/m	max 100 L/m



Materiale: AlSi10Mg

AlSi10Mg è una lega da colata che permette di ottenere geometrie complesse e pareti sottili

Offre buona

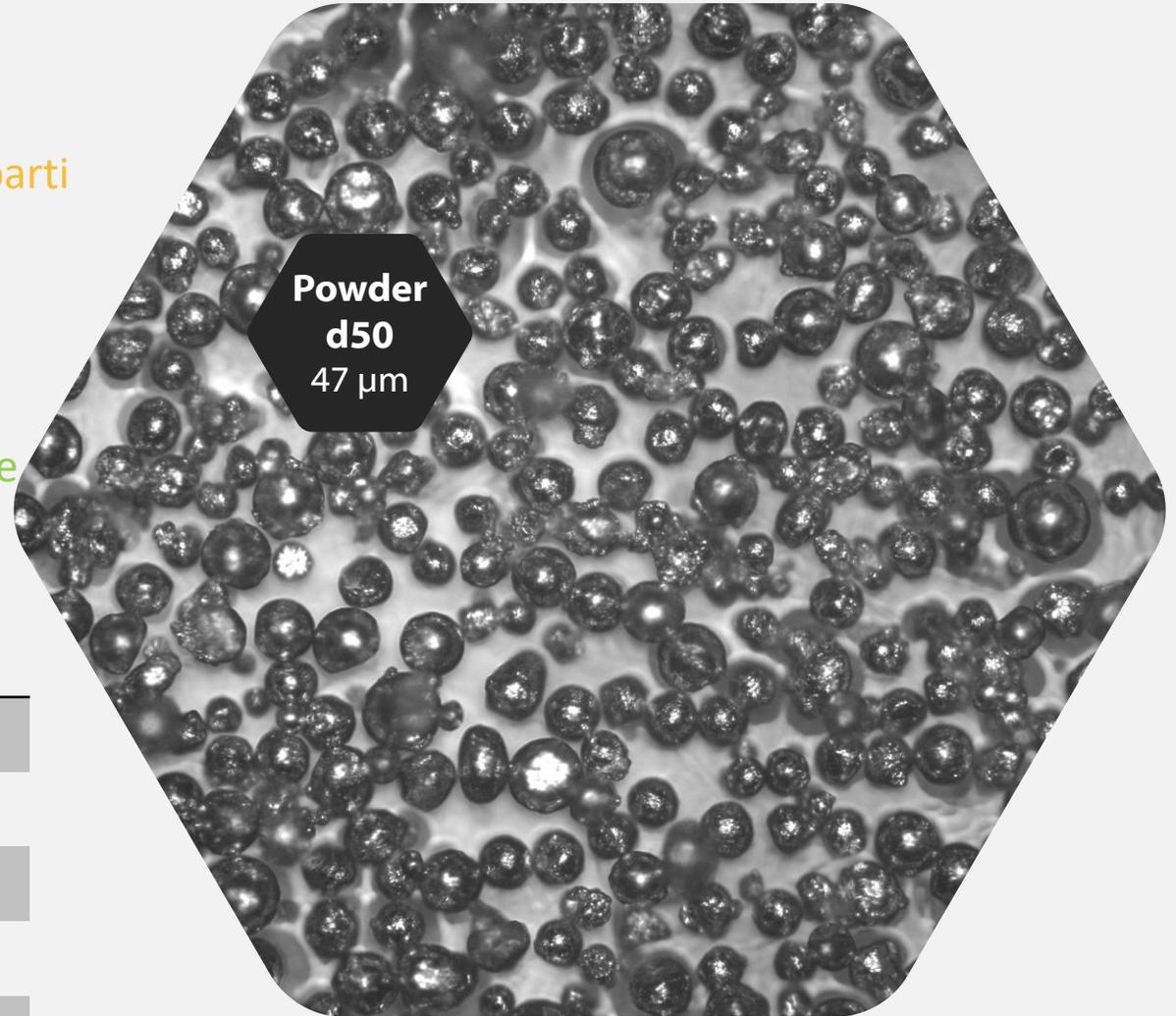
- Resistenza
- durezza
- Resistenza a fatica

Può essere saldata, sabbiata, lucidata e rivestita. È inoltre facilmente lavorabile all'utensile per ottenere le geometrie e le tolleranze volute

Adatta per costruire parti soggette a carichi.

Facile da riprendere all'utensile

Diam. polvere	D 50 47 μm
Grado sfericità	90%
Precisione max	$\pm 100 \mu\text{m}$
Densità apparente	1.2 g/cm ³
Min. spessore parete	0.4 mm
Rugosità as-built	6-10 μm



I Caso di studio

Supporto forcella V-DESIGN

Obiettivo

Produrre un supporto alleggerito mantenendo le proprietà meccaniche e la geometria esterna del pezzo originale



I Caso di studio

Supporto forcella V-DESIGN

Additive manufacturing

Una soluzione che fornisce

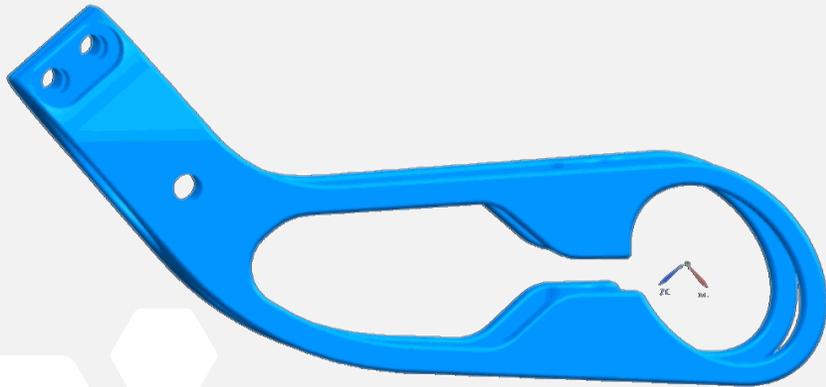
- a. minori vincoli progettuali
- b. stampi obsoleti
- c. una geometria finale quasi net shape



Supporto V-DESIGN

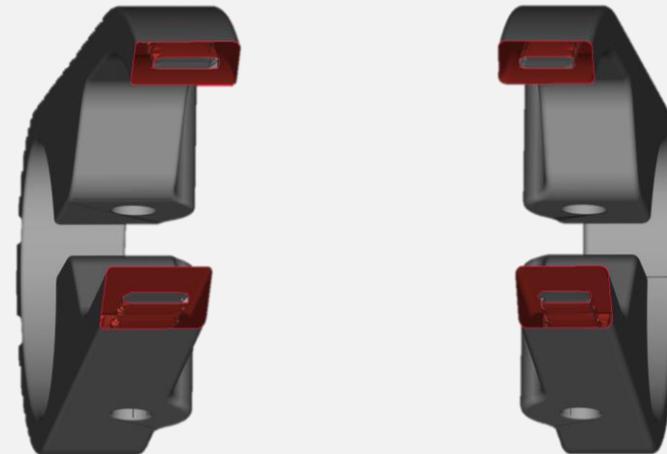
Componente originale

- Il pezzo originale è prodotto per pressofusione e successivamente ripreso a macchina.
 - Interno pieno



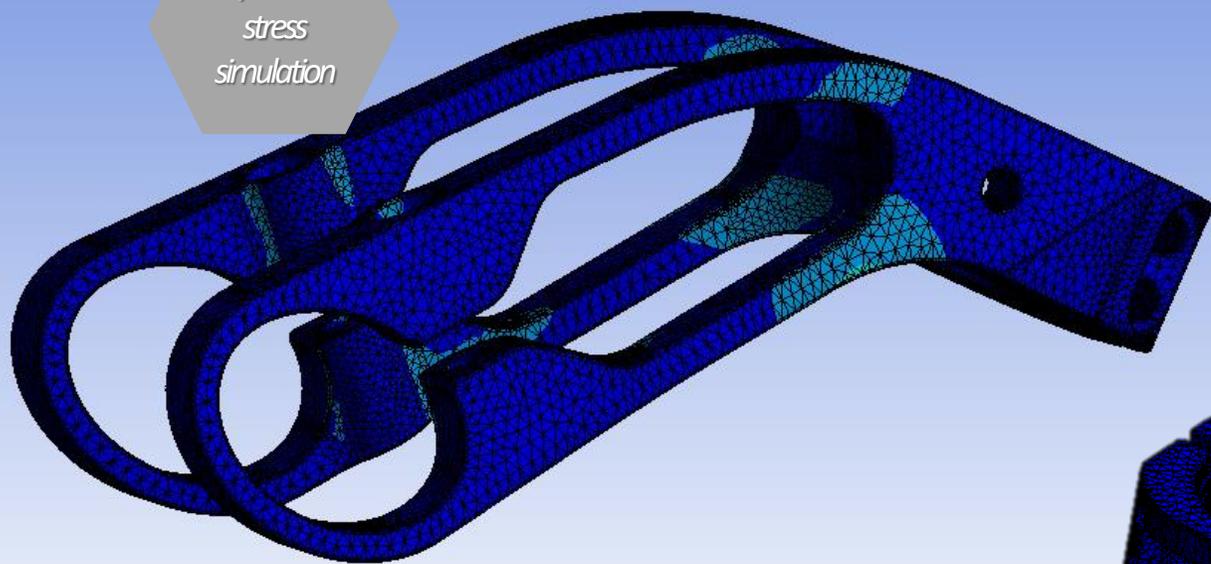
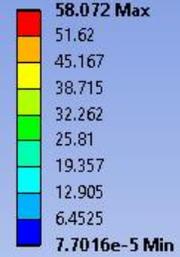
Verso il componente AM...

- La progettazione di una versione AM del supporto parte dall'idea di mantenere immutata la struttura esterna
- Si è pensato inizialmente ad una pelle sottile 2 mm
 - Quali sono le problematiche associate?



A: Static Structural
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 09/09/2019 10:09

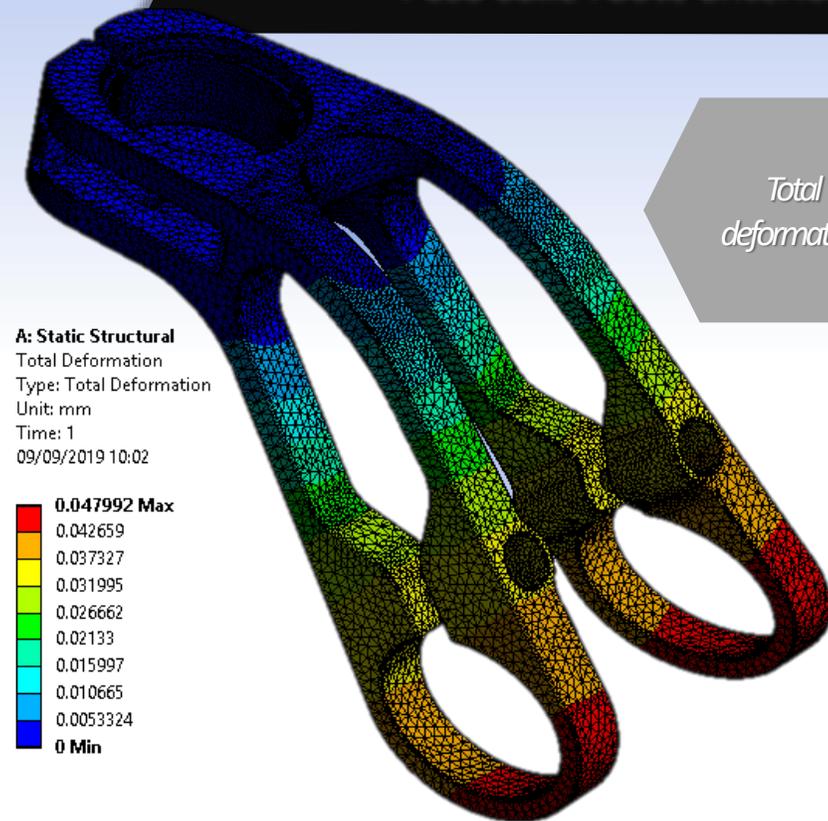
Equivalent stress simulation



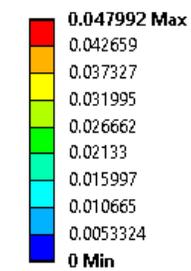
Modello

- Peso persona: 80kg
- Peso sulle ruote anteriori: 25kg

Total deformation



A: Static Structural
 Total Deformation
 Type: Total Deformation
 Unit: mm
 Time: 1
 09/09/2019 10:02



Modello	σ equivalente [Mpa]	Deformazione max [mm]	Massa [g]
Pressocolato	58	0.05	146
Pelle 2mm interno cavo	118	0.2	85
Pelle 2mm interno trabecolare	80	0.08	105

Design originale pressocolato

- Sezione piena
- Tempi di realizzazione molto brevi
- Processo molto automatizzato
- Elevati investimenti iniziali

Rivisitazione additive

- Pelle 2 mm
- Strutture trabecolari orientate lungo la direzione del carico
- Tempo di stampa 10h
- 4 pezzi per piattaforma
- 30% più leggero



Il Caso di studio

Supporto forcella tubolare

Obiettivo

Produrre un supporto mantenendo la geometria esterna del pezzo originale, migliorandone le proprietà meccaniche ed eliminando gli stampi di idroformatura



Il Caso di studio

Supporto forcella tubolare

Additive manufacturing

Una soluzione che fornisce

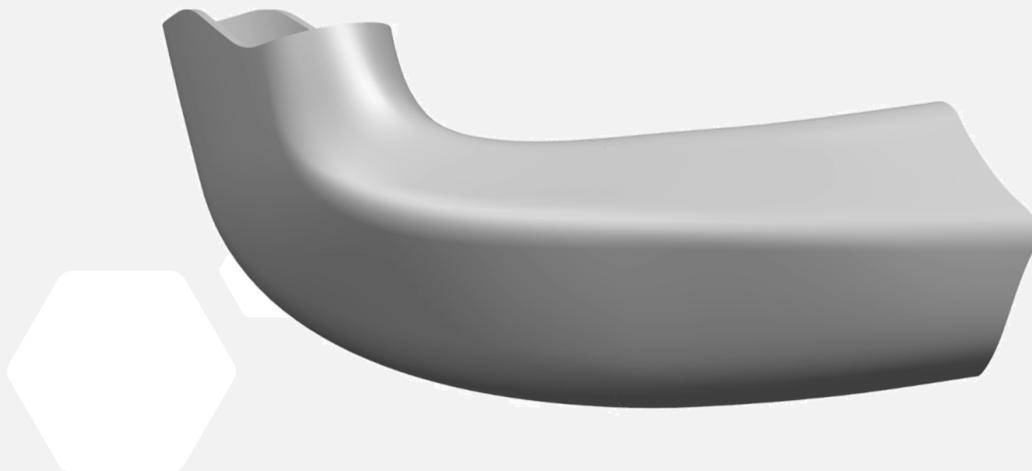
- a. minori vincoli progettuali
- b. migliori proprietà meccaniche
- c. stampi obsoleti
- d. una geometria finale net shape



Supporto tubolare

Componente originale

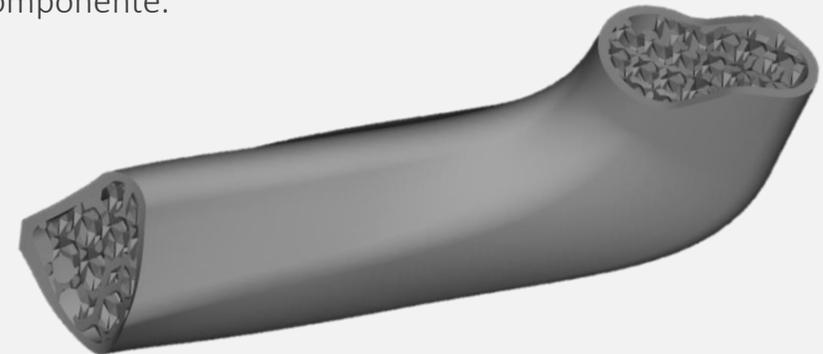
- Sezione variabile complessa ottenuta mediante *idroformatura*.
 - richiesta stampo per componente dx e sx **(costo elevato)**
 - impossibilità di variare la geometria
 - nessuna possibilità di personalizzazione



Verso il componente AM...



- La progettazione di una versione AM del supporto parte dall'idea di mantenere immutata la struttura esterna
- Quali sono le problematiche associate?
 - angoli $\geq 45^\circ$ all'interno del pezzo: servono supporti
 - i supporti sono meccanicamente deboli
 - **Soluzione:** strutture trabecolari, che permettono di ridurre lo spessore della parete di 1mm, senza intaccare la rigidità del componente.

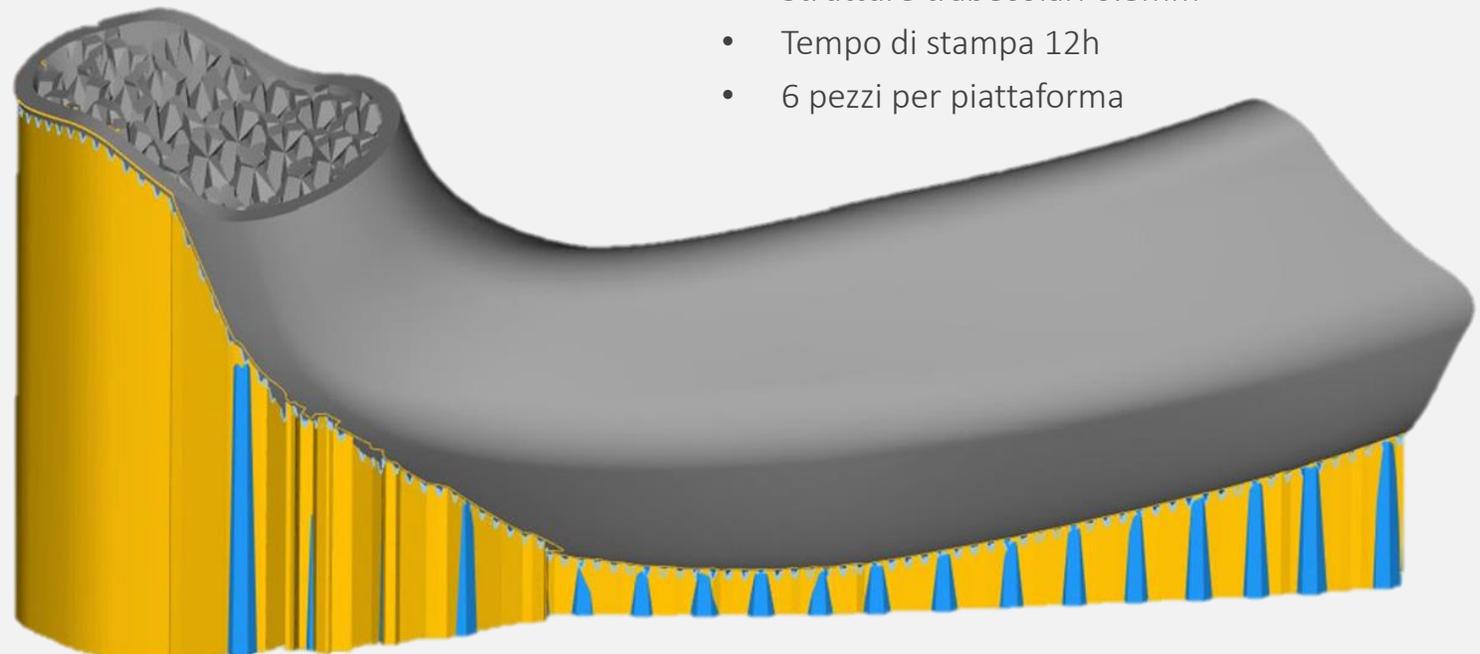


Supporto tubolare

- I **supporti forati** minimizzano la massa necessaria per i sostegni e permettono il recupero della polvere in eccesso
- I **coni** evitano distorsioni dovute locale dovute al surriscaldamento, estraendo il calore durante la fase di stampa

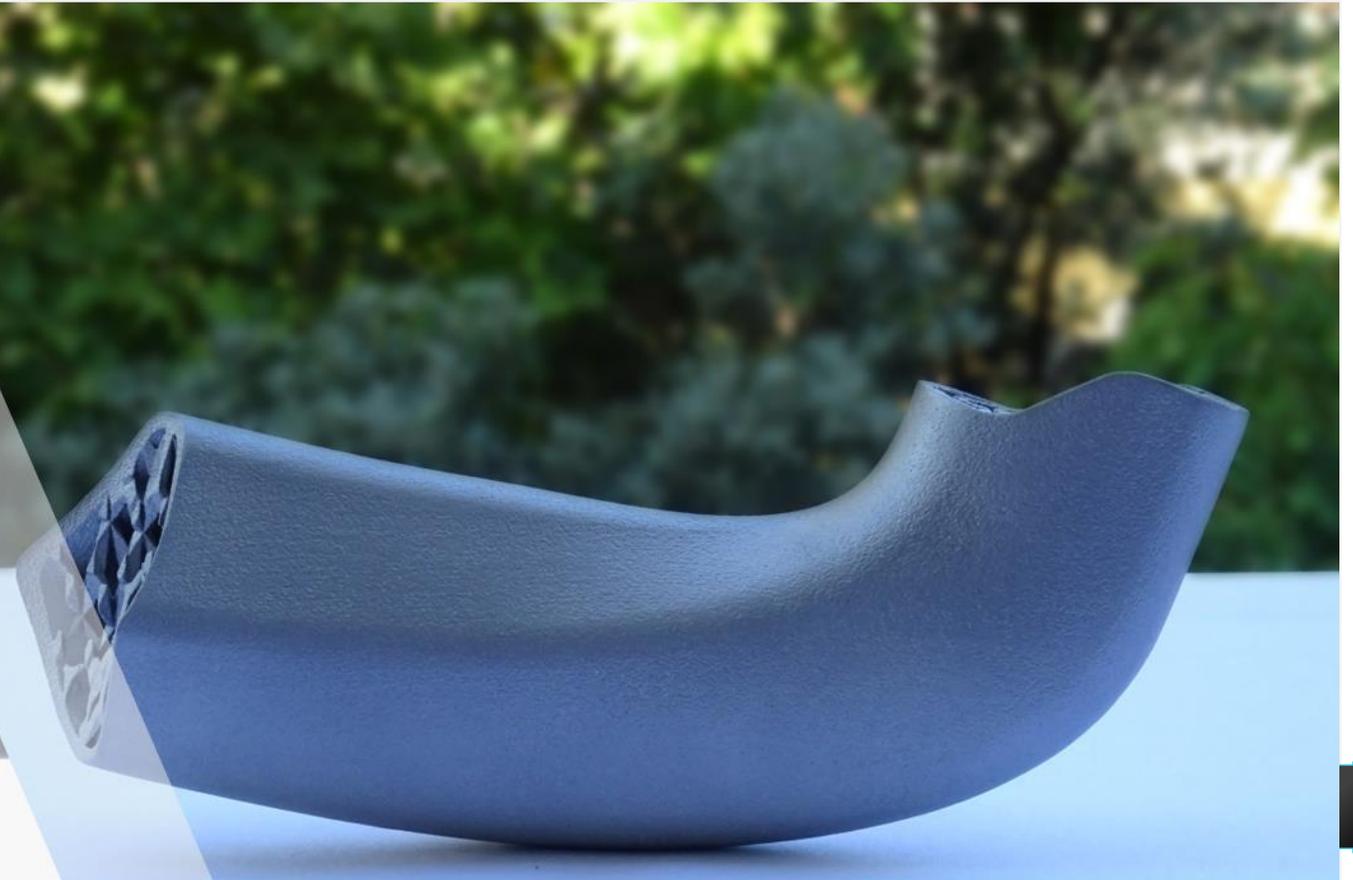
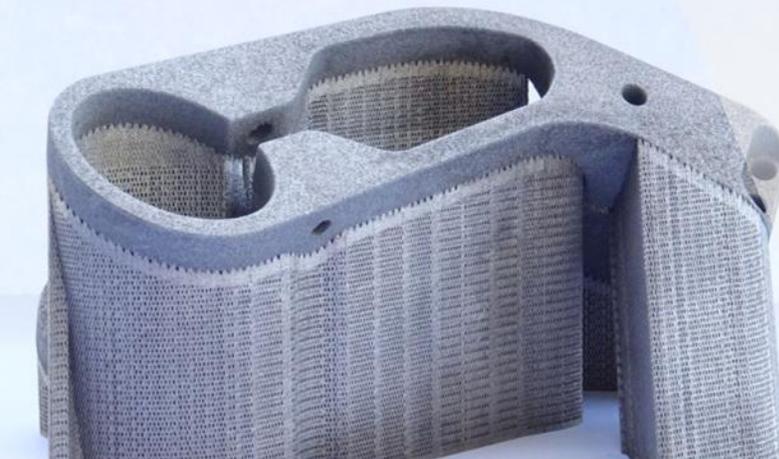
Caratteristiche

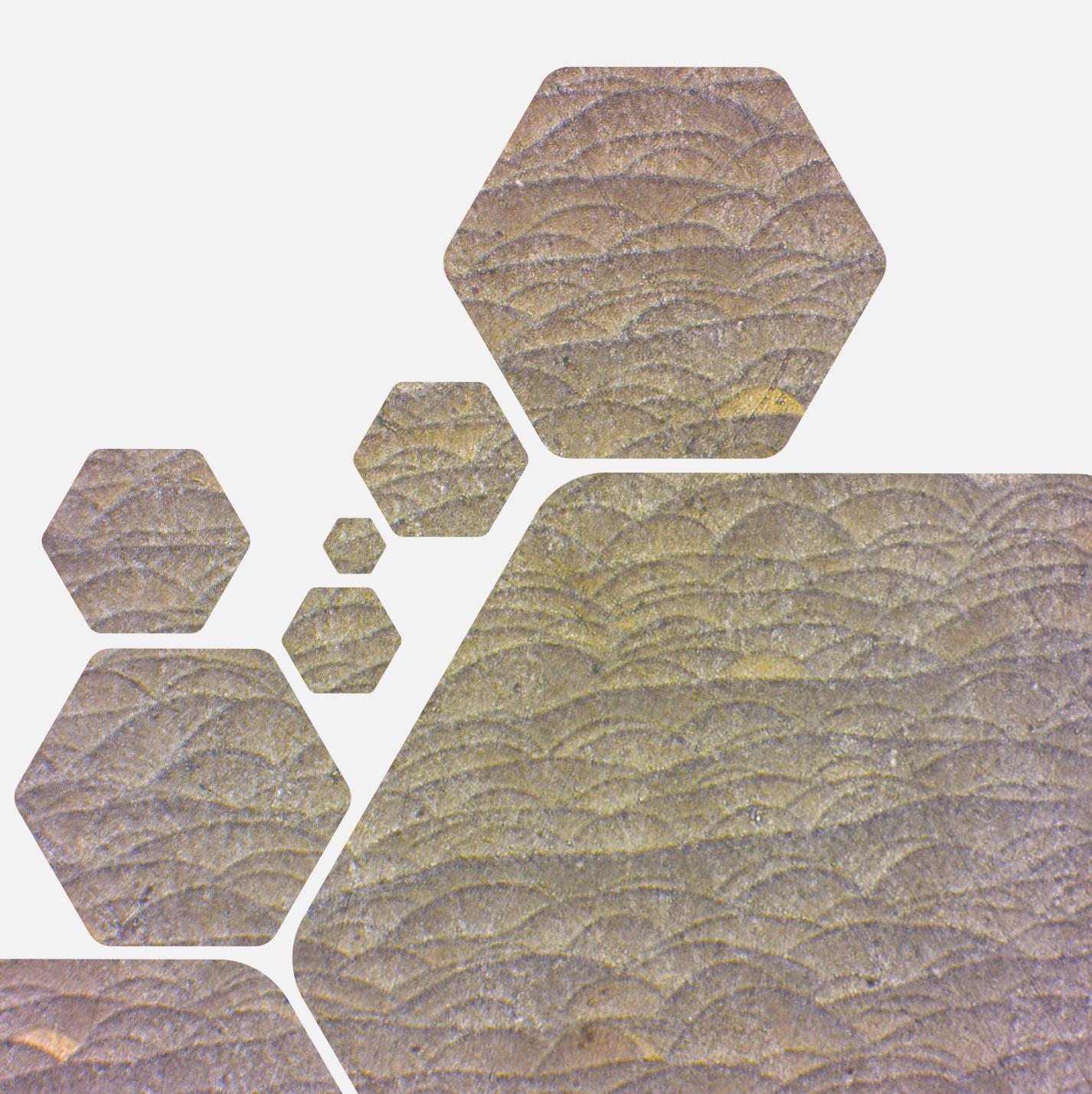
- Materiale AlSi10Mg
- Spessore parete 1 mm
- Strutture trabecolari 0.8mm
- Tempo di stampa 12h
- 6 pezzi per piattaforma



Post-processing

- a. Trattamento termico 300°C 2h (raffreddamento in aria):
rilassamento tensioni
- b. Taglio pezzi dalla piattaforma
- c. Rimozione manuale dei supporti
- d. Eventuale ripresa all'utensile
- e. Eventuale finitura superficiale



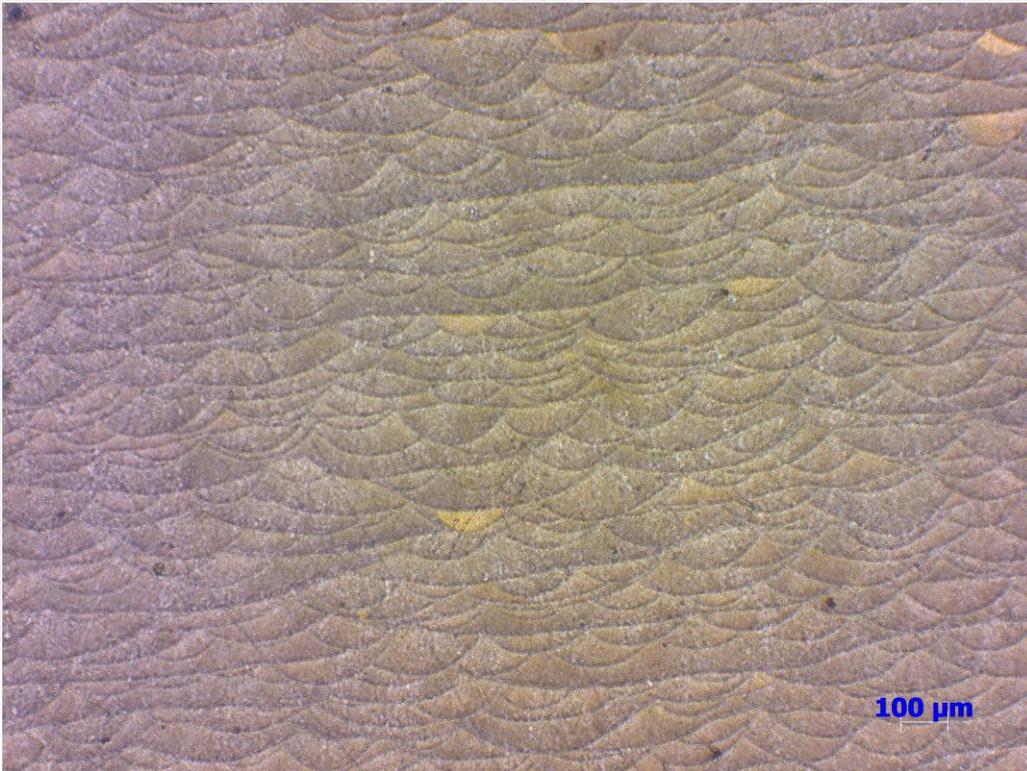


Caratterizzazione materiale

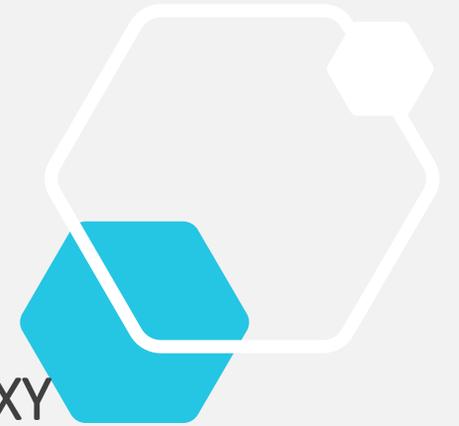
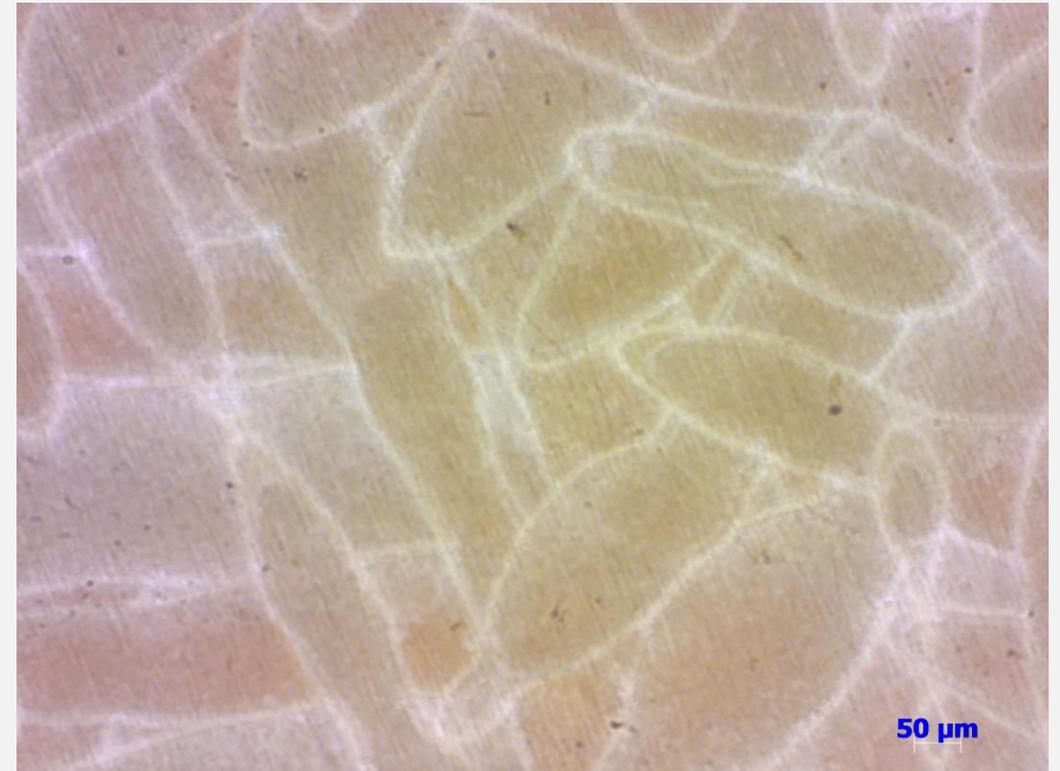
- Analisi metallografica
- Prove meccaniche
- Controllo porosità

Analisi metallografica

Sezione XZ



Sezione XY



Proprietà meccaniche

Sforzo di snervamento. Modulo di Young. Allungamento rottura.

	As built	Trattato termicamente
$\sigma_{0.2}(XY)$	270 ± 10 MPa	230 ± 15 MPa
$\sigma_{0.2}(Z)$	240 ± 10 MPa	230 ± 15 MPa
$\sigma_R(XY)$	460 ± 20 MPa	345 ± 10 MPa
$\sigma_R(Z)$	460 ± 20 MPa	350 ± 10 MPa
E (XY)	75 ± 10 GPa	70 ± 10 GPa
E (Z)	70 ± 10 GPa	60 ± 10 GPa
$\epsilon_R(XY)$	9 ± 2 %	12 ± 2 %
$\epsilon_R(Z)$	6 ± 2 %	11 ± 2 %
Durezza	120	110
Densità relativa	99.85%	

Digressione

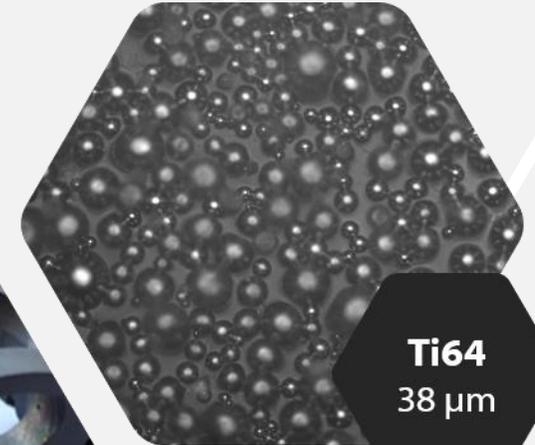
Ti6Al4V, materiale più prestazionale con più elevate proprietà meccaniche specifiche

Pro

- Possibilità di ridurre ulteriormente spessore parete
- Maggiori finiture superficiali disponibili (es. elettrolucidatura)

Contro

- Maggiori difficoltà tecniche di stampa
 - tensioni termiche elevate
 - posizionamenti delicati in macchina
- Trattamento termico più macchinoso (in Ar)



Ti64
38 µm



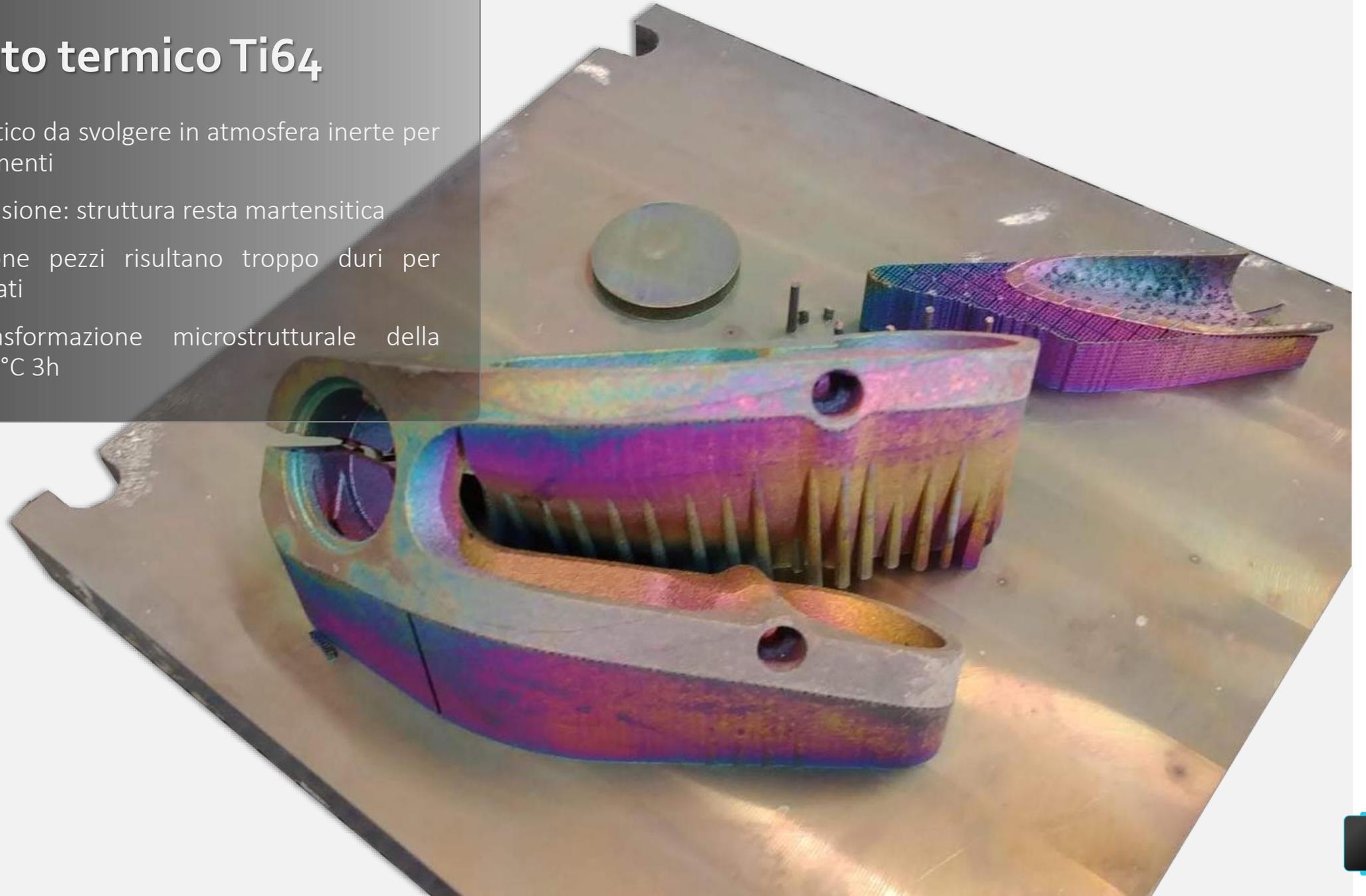
Supporto tubolare

Problematiche riscontrate

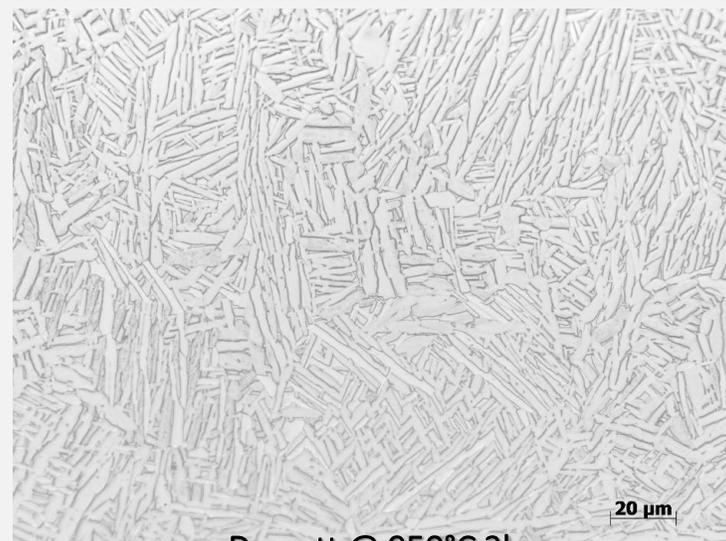
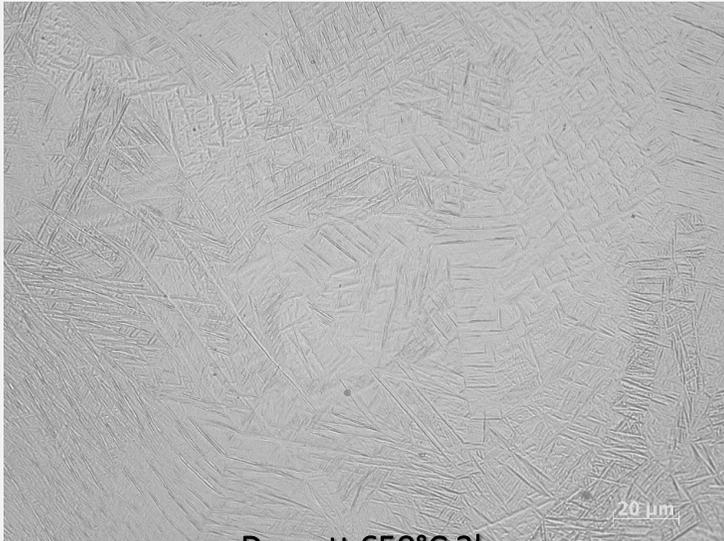
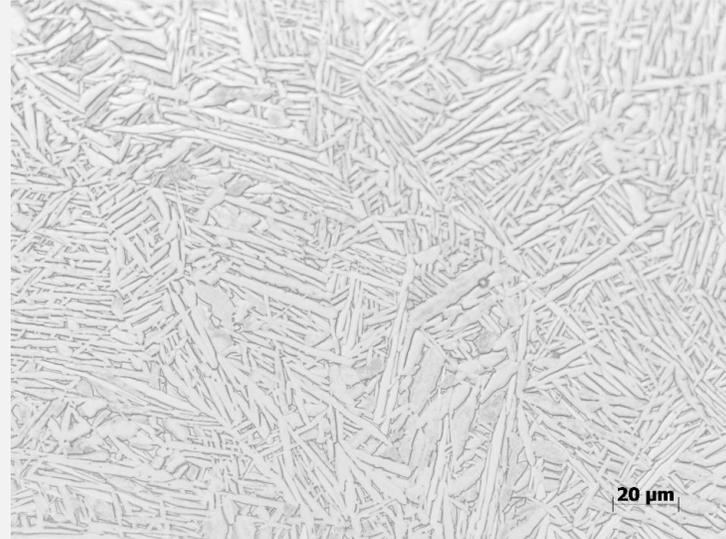
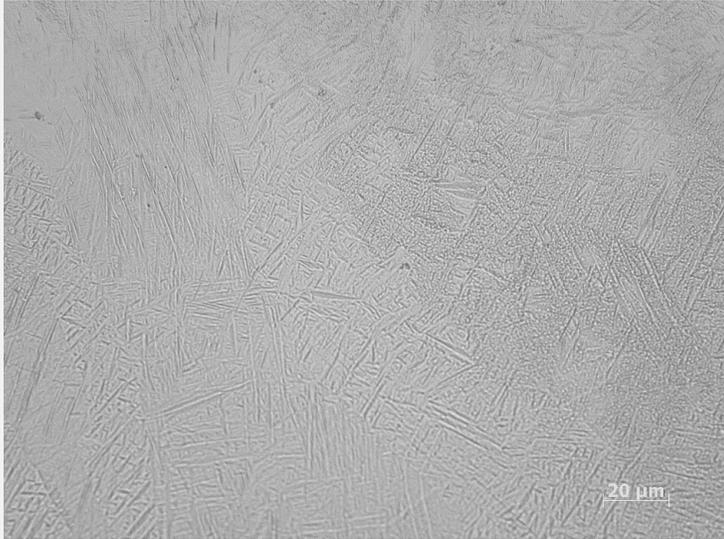
- Sezioni delle strutture sottili e forti tensioni termiche causano perdita di planarità
 - Collasso strutture durante il recoating causano crash
 - Soluzione: retrofitting M280 con recoater morbido

Trattamento termico Ti64

- Trattamento critico da svolgere in atmosfera inerte per evitare infragilimenti
- 650°C 3H distensione: struttura resta martensitica
- Dopo distensione pezzi risultano troppo duri per essere macchinati
- Necessaria trasformazione microstrutturale della martensite: 950°C 3h



Trattamento termico. Micrografie



Sezione longitudinale 500x

Sezione trasversale 500x

Dopo tt 650°C 3h

Notare aghi martensite (HV 370)

Dopo tt @ 950°C 3h

Martensite solubilizzata (HV 310)

Conclusioni

Benefici che può portare l'introduzione dell'additive nel ciclo produttivo:

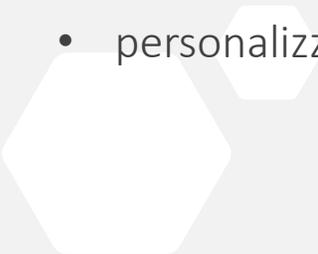
- ottimizzazione topologica dei componenti: pezzi meccanicamente performanti e al tempo stesso leggeri perché il materiale è «aggiunto» dove serve
- produzione di componenti near net-shape: la ripresa all'utensile è minima

Rivoluzione della gestione del magazzino:

- magazzino può essere ridotto: spare parts possono essere stampate in tempo reale e avere pezzo disponibile virtualmente subito avendo un database dei disegni cad dei ricambi

Per produzione di piccole serie inoltre risulta essere economicamente competitiva:

- no stampi
- versatilità
- personalizzazione pezzi





Grazie per l'attenzione

 Lago Mattia

 lago@pd.infn.it

 Diam.pd.infn.it

