

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

***Relazione per la prova finale***  
***«Alluminuri di Titanio per applicazioni in***  
***campo automobilistico e aeronautico»***

Tutor universitario: Prof.ssa Katya Brunelli

Laureando: *Noventa Mirko*

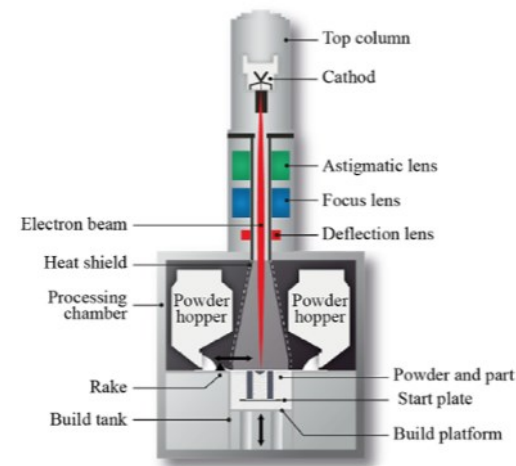
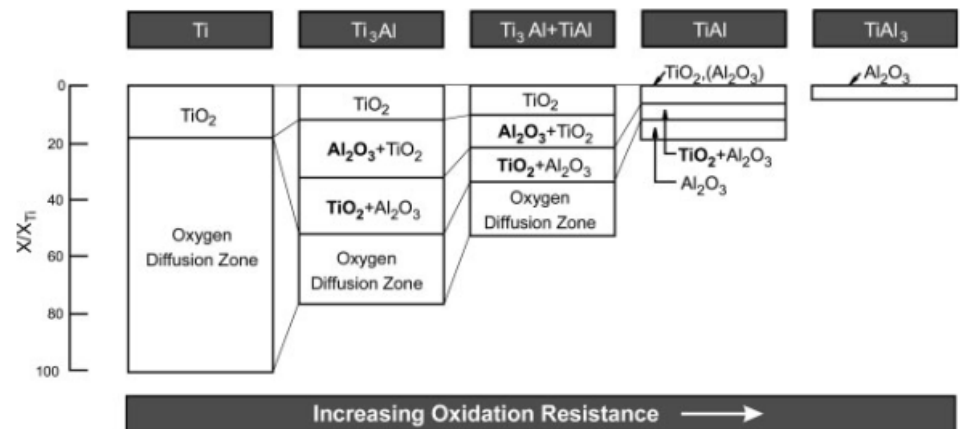
Padova, 10/07/2023

## Obiettivo dell'elaborato:

Approfondire le conoscenze sugli alluminuri di titanio per applicazioni automobilistiche e aeronautiche

## Attraverso:


- Lo studio delle caratteristiche chimiche e fisiche
- L'analisi dei diversi processi di produzione
- La valutazione di alcune tra le principali applicazioni automobilistiche e aeronautiche



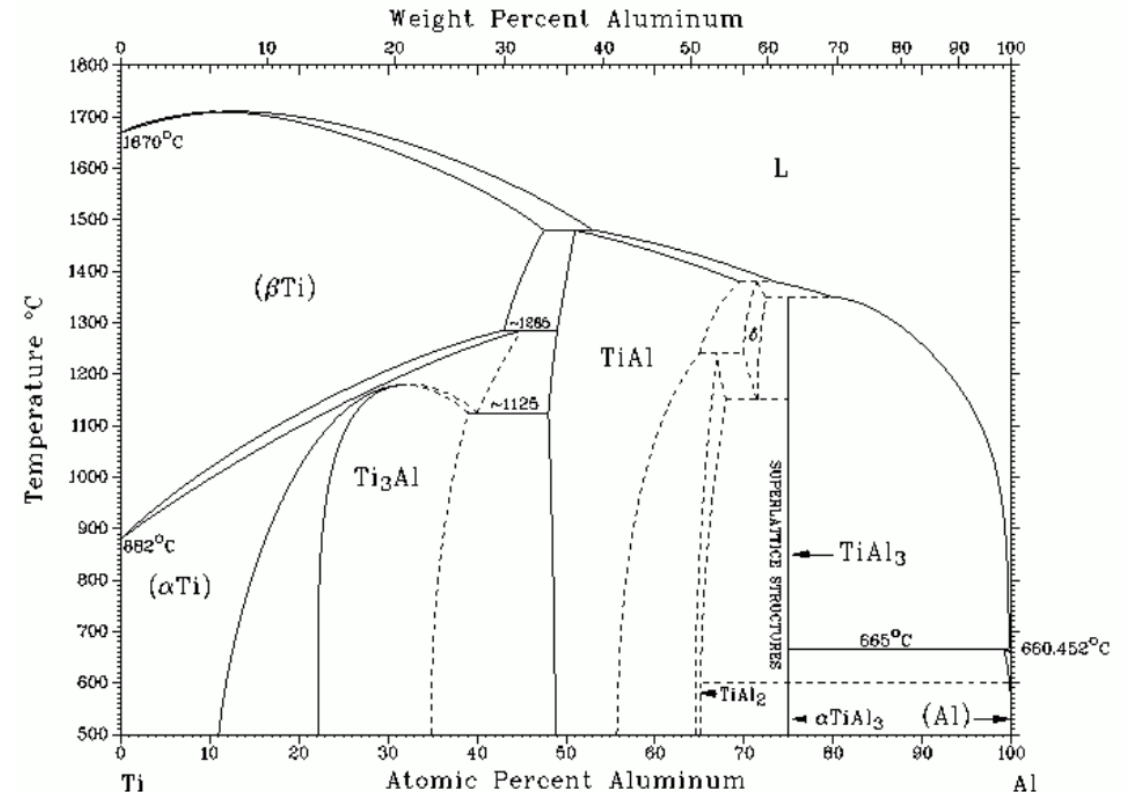
- Alto punto di fusione (1460°)
- Bassa densità compresa tra 3,9 e 4,2 g/cm<sup>3</sup>
- Alto coefficiente elastico
- Basso coefficiente di diffusione
- Buona stabilità strutturale
- Buona resistenza all'ossidazione e alla corrosione

### **Limiti:**

Bassa duttilità e tenacità a temperatura ambiente

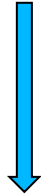
 Cause: Basse densità di dislocazioni ben ancorate.

- Leghe  $\gamma$ -TiAl: composte da fase  $\gamma$  e concentrazioni di Al comprese tra 46% e 50%
- Leghe  $\alpha_2$ : predomina la fase  $\alpha_2$ - $Ti_3Al$  con contenuti di alluminio compresi tra il 35% e il 45%
- Leghe  $\beta$ -TiAl: leghe in cui possono essere presenti sia la fase  $\gamma$  che la fase  $\alpha_2$



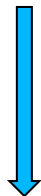
Per migliorare la deformabilità dei componenti in alluminio di titanio:

- Utilizzare leghe di alluminio di titanio con solo fase  $\gamma$



Migliore deformabilità dovuta alla presenza di difetti come dislocazioni (che tendono a muoversi tramite il fenomeno del cross-slip) e sistemi di geminati

- Utilizzare leghe di alluminio di titanio  $\beta$ -TiAl



Sperimentalmente è stato dimostrato come la fase  $\gamma$  e la fase  $\alpha_2$  assieme aumentino sensibilmente la deformabilità

➔ Inclusioni non metalliche

➔ Formazione di uno strato di ossido e di una zona di dissoluzione

Dissoluzione di inclusioni ➔ maggiore anisotropia, dislocazioni maggiormente ostacolate

Zona di dissoluzione dell'ossigeno ➔ abbassa le proprietà meccaniche della lega

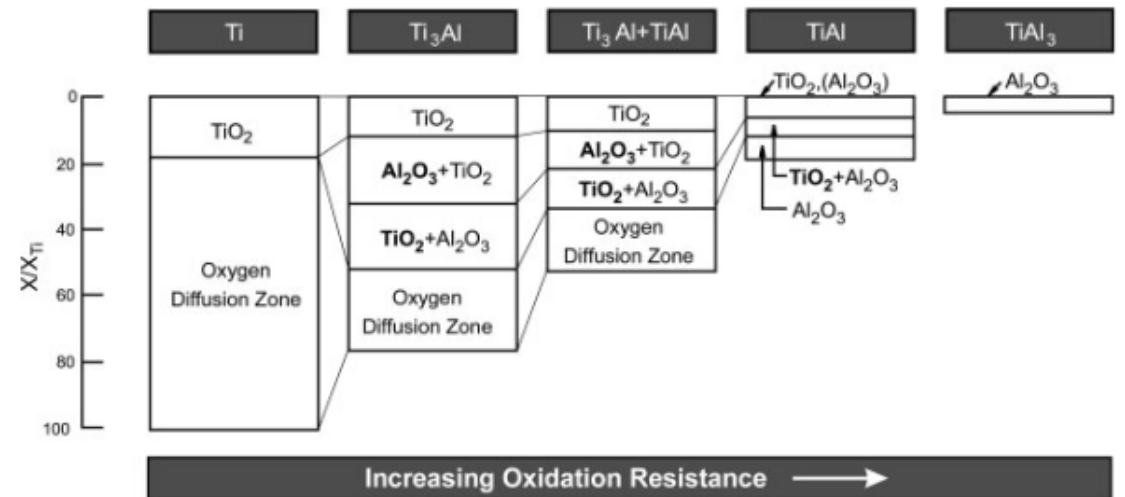
**Soluzioni:**



Elementi alliganti

Pre-ossidazione

Rivestimenti

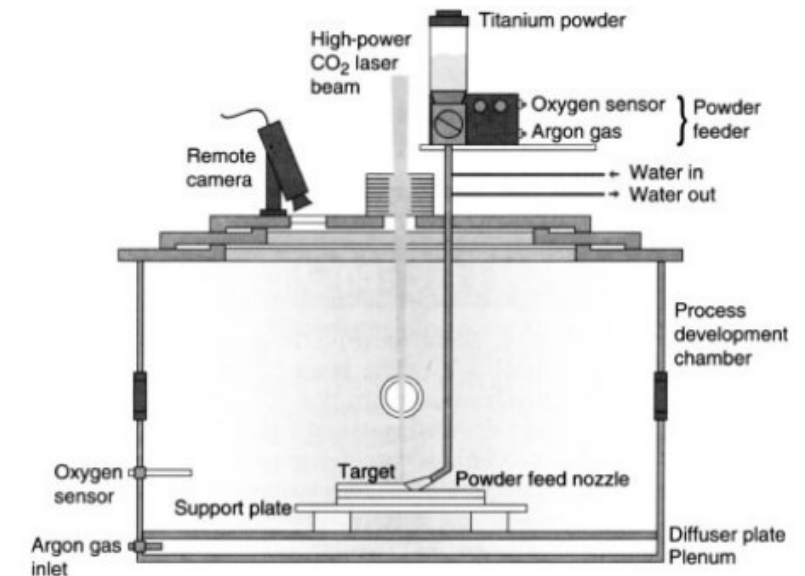
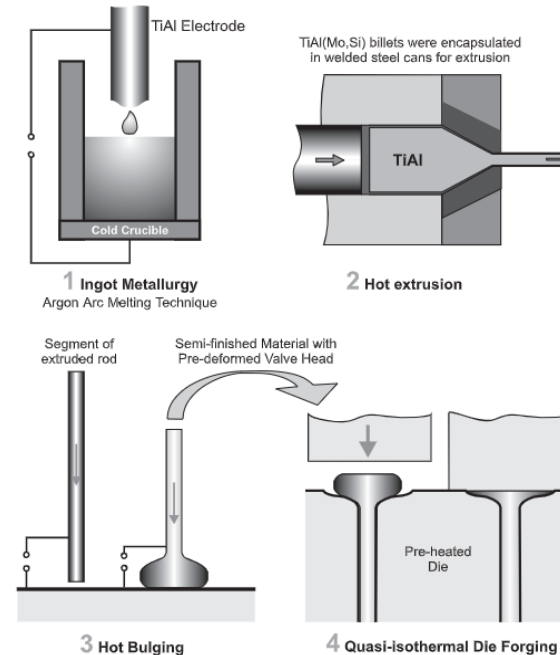


## Processi convenzionali:


- Casting
- Estrusione
- Forgiatura
- Laminazione
- Formatura superplastica

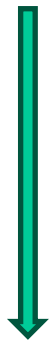
## Processi non convenzionali:

- Selective laser melting (SLM)
- Electron-beam melting (EBM)

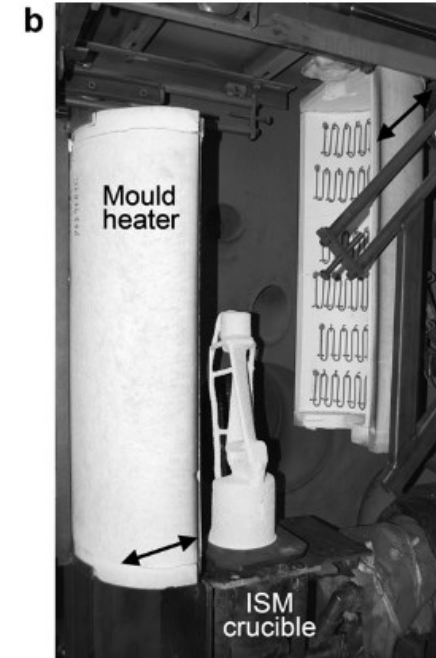
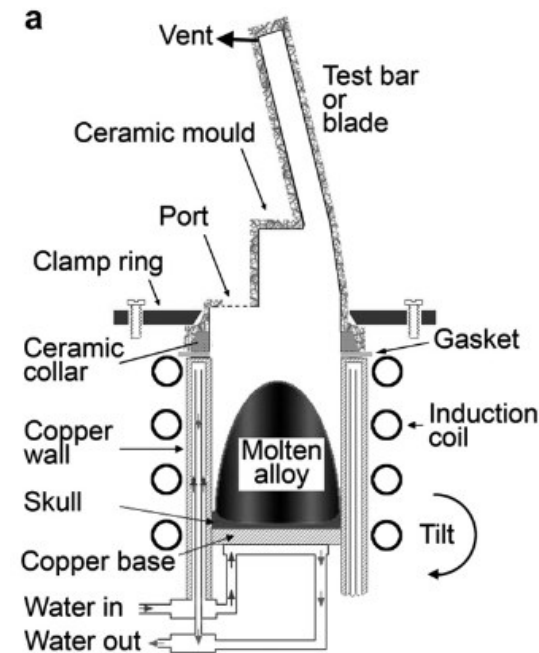


## Tipologie di colate principalmente utilizzate:

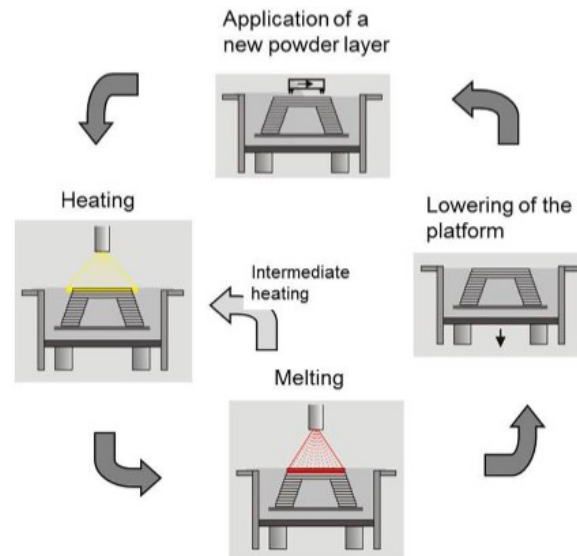
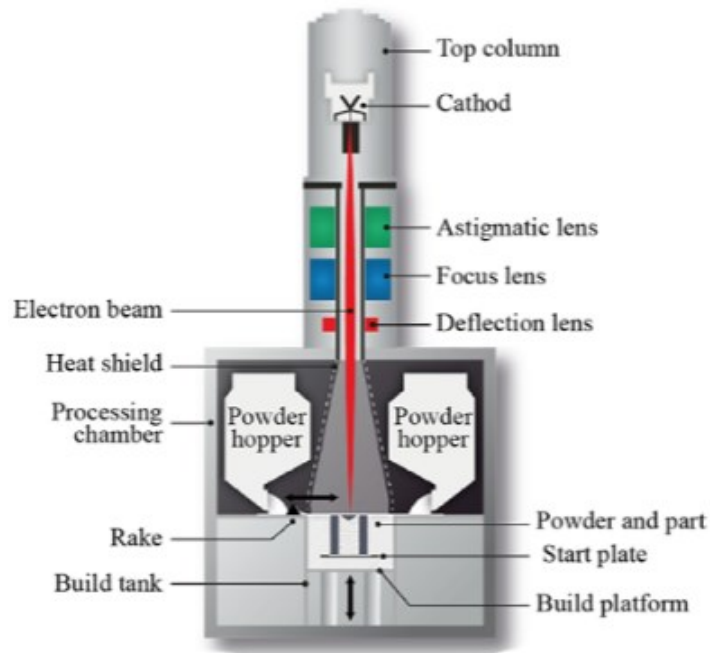
- Con stampi in grafite
- Microfusione in cera persa
- Colata centrifuga
- Tilt casting: 



tecnica innovativa (2011), risparmio di costi e minori turbolenze durante la colata







## Confronto con SLM:

### Vantaggi:

- EBM ha maggiori velocità di produzione perché il fascio può essere separato
- Per le  $T_{preriscaldamento}$  sono necessari rinforzi minori in fabbricazione

### Svantaggi:

- Precisione dell'EBM inferiore all'SLM per le dimensioni del fascio
- EBM non può produrre pezzi di grandi dimensioni a causa dei limiti tecnologici del macchinario

## Utilizzi principali degli alluminuri di titanio negli aerei ipersonici:

- Diminuzione del peso totale del velivolo al decollo



$$M_i = M_s + M_{fu} + M_e + M_p$$

$M_i$  = massa totale al decollo

$M_s$  = massa della struttura

$M_{fu}$  = massa del carburante

$M_e$  = massa del motore

$M_p$  = massa del carico utile

- Utilizzo nei componenti aerodinamici



Limite dato da componenti in rotazione che portano ad aumentare il carico meccanico, non sopportabile per velocità di rotazione molto elevate.

Restrizioni legislative per cui è iniziata la ricerca:

- Minori consumi di carburante
- Minori emissioni
- Diminuire il rumore prodotto dalle automobili



Caratteristiche necessarie alle valvole in alluminio di titanio:

- Resistenza alla fatica ad elevati numeri di cicli
- Resistenza ad alte temperature
- Resistenza all'ossidazione
- Resistenza all'usura → utilizzo di rivestimenti

Property	TiAl-base alloys	Superalloys
Density (gm/cm <sup>3</sup> )	3.7-3.9	8.3
Room temperature modulus (GPa)	160-176	206
Yield strength (MPa)	400-630	1000
Tensile strength (MPa)	450-700	1200
Ductility at room temperature (%)	1-3	15
Creep limit (°C)	1000	1090
Oxidation (°C)	900-1000	1090
Cost (\$/lb)	1300 <sup>a</sup>	20

<sup>a</sup> Cost is for Gamma Met PX Titanium Aluminide Alloy fabricated by Plansee, Austria.

Utilizzo e risoluzione  
di alcune problematiche



Alluminuri di Titanio



Molto più leggeri delle superleghe di Ni  
ma molto più costosi

Contribuzione nell'ambito della ricerca,  
nell'aumento delle performance di motori  
in campo automobilistico/aeronautico e  
nella risoluzione di problemi ambientali.  
Grossi limiti di costi e lavorabilità.