

CSM

Boundless Innovation



La metallurgia delle polveri per Additive Manufacturing

Workshop: Additive Manufacturing nel settore aerospaziale

Foligno, 24 marzo 2015

Dante Pocci

L'approccio di sistema

Razionale

L'evoluzione tecnologica dei sistemi di AM (*dalla prototipazione al manufacturing*) consente un reale vantaggio competitivo se vengono governate sia l'intera filiera tecnologica che va dalle materie prime (polveri nel caso di metalli) alle lavorazioni e trattamenti finali sia le necessarie competenze di processo riassumibili in una «**metallurgia di processo/prodotto delle tecnologie additive**»

Il ruolo strategico dei materiali

Aree di intervento sui materiali

Alloy design e fabbricazione polveri

Metallurgia di processo

Messa a punto di trattamenti post processo

Caratterizzazione meccanica e microstrutturale

L'approccio

Dotazioni

Impieghi

Materiali

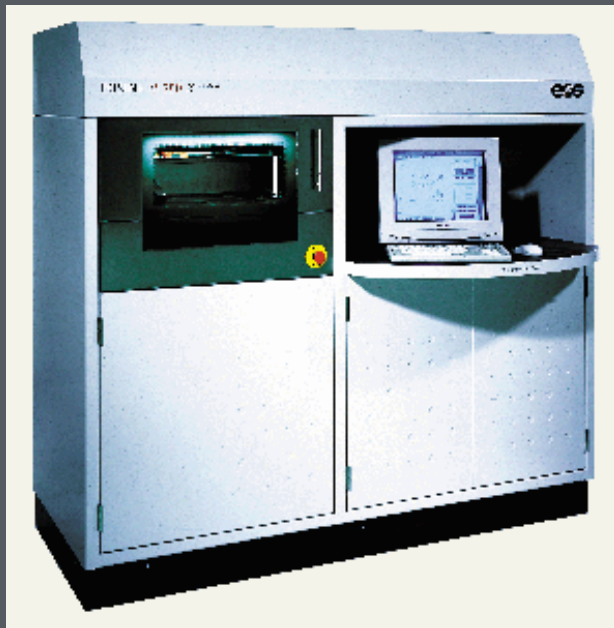


Dotazioni



Sistema Stereolitografico: 3D System Viper Si2

- Volume di lavoro:
250x250x250 mm
- Layer Thickness:
0.05 ÷ 0.10 mm
- Materiale:
Resina Epossidica
- Applicazioni:
 - ✓ Testing di assemblaggio
 - ✓ Prototipi funzionali
 - ✓ Investment Casting



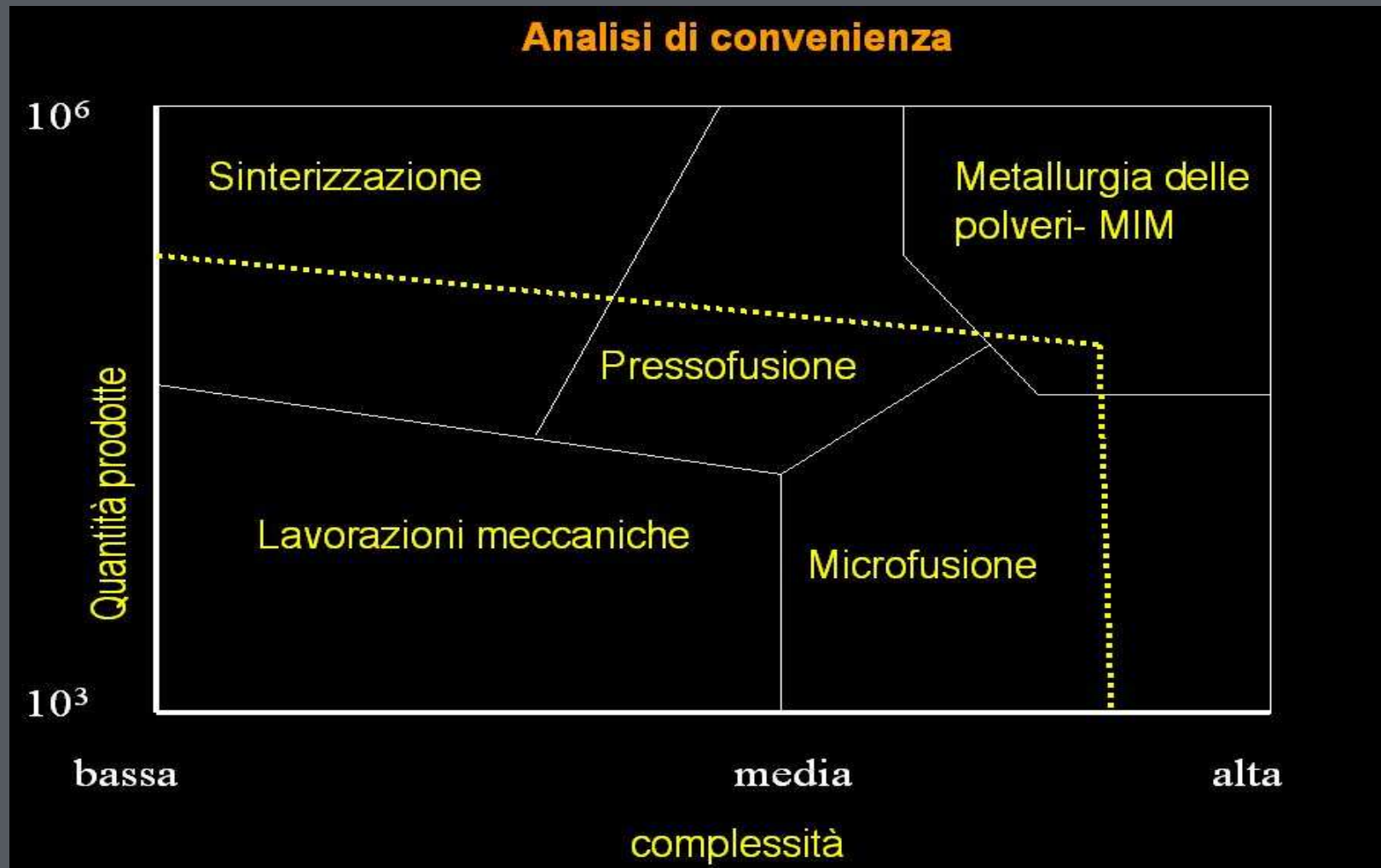
Sistema di Sinterizzazione Diretta di polveri Metalliche:

EOS Eosint-M 250

- Volume di lavoro :
250x250x120 mm
- Layer Thickness: 0.02 ÷ 0.05 mm
- Materiale: Polveri metalliche

- Applicazioni tipiche: stampi per iniezione,
Direct Part

Posizionamento AM

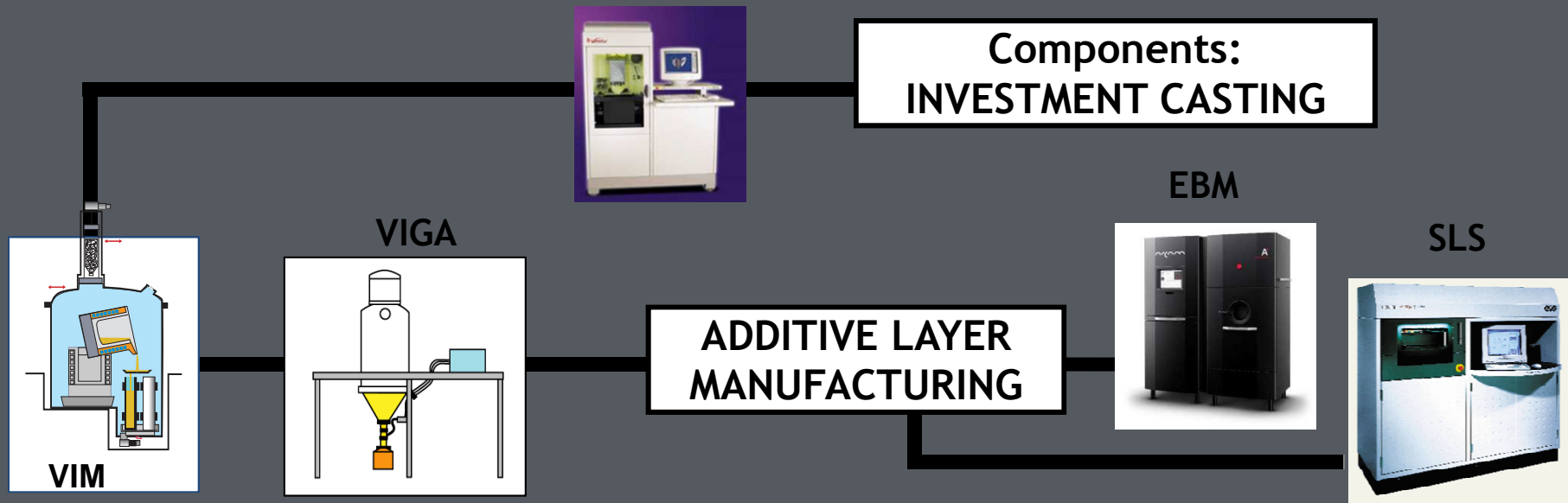


Dotazioni di filiera

VACUUM
INDUCTION
MELTING (VIM)
*For ingots
manufacturing
and investment
casting*



VACUUM INERT
GAS ATOMISATION
(VIGA)
*For powder
manufacturing*



Alloy design

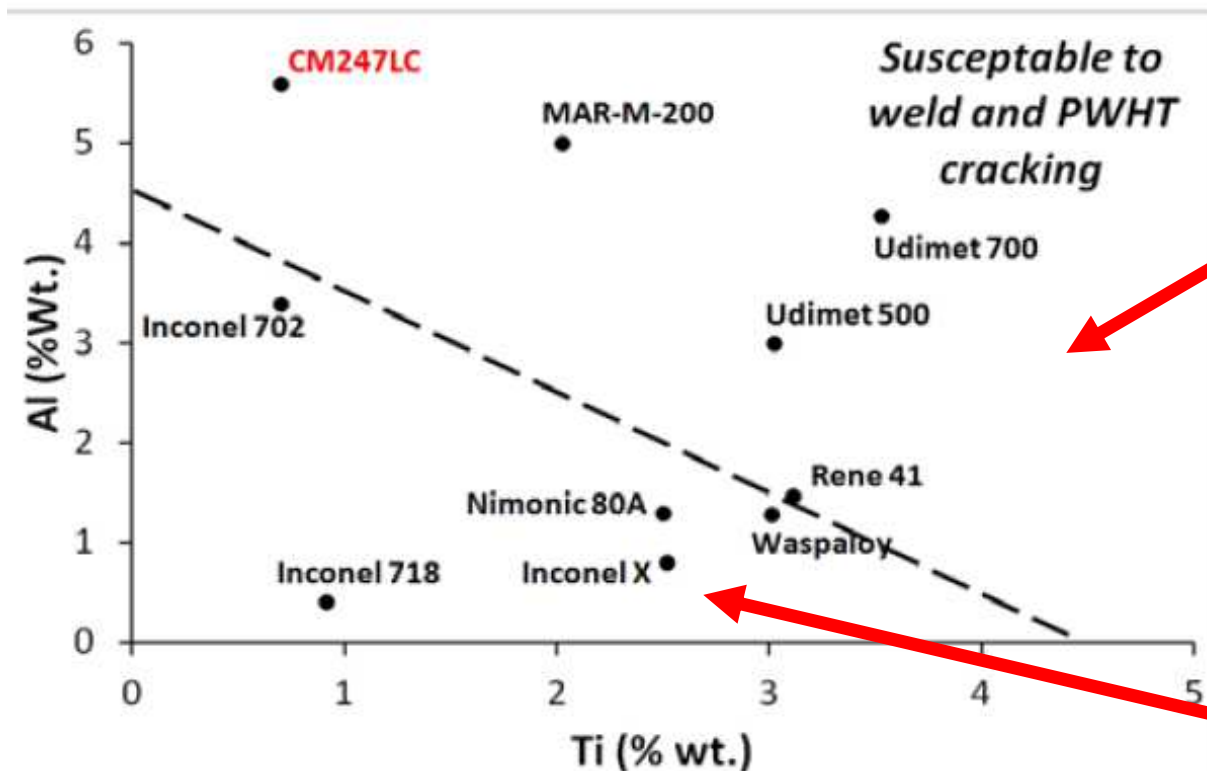
Obiettivo

- Supportare la progettazione di composizioni innovative per AM, mediante un approccio modellistico che prevede l'utilizzo di codici di calcolo termodinamico e cinetico.
- L'obiettivo è quello di definire composizioni processabili per AM tali da assicurare caratteristiche meccaniche, di resistenza a corrosione/ossidazione e più in generale di garantire prestazioni ingegneristiche idonee all'impiego individuato

Modelli termodinamici e cinetici per ottimizzare la microstruttura e la distribuzione di fasi in relazione alle proprietà di impiego

Tecnologie AM e sviluppi metallurgici: le mappe di solidificazione

1. ALM: processi di solidificazione rapida associabili ai processi di saldatura, per es. saldatura Laser, in termini di condizioni di solidificazione
2. La saldabilità con questo processo può essere considerata come un'indicazione della processabilità mediante SLM



Alta frazione γ' :
elevata
suscettibilità alla
formazione di
cricche

Bassa frazione γ' :
bassa
suscettibilità alla
formazione di
cricche

Impieghi

Mock-up per set-up CMM



Courtesy of EMA Foundry

Prototipi funzionali



Mock-up per verifiche fluidodinamiche

Impieghi

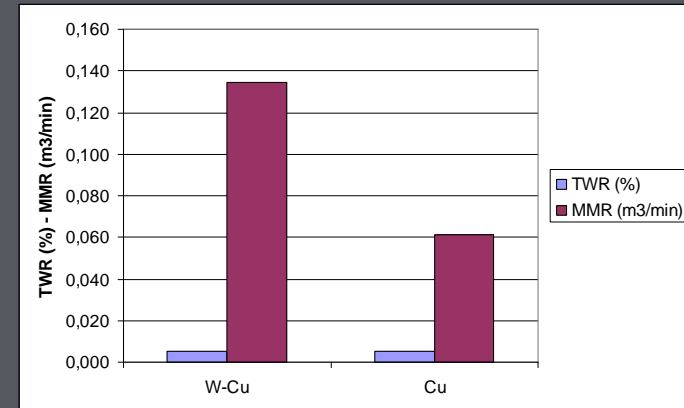
Sinterizzazione via DMLS con nuovi materiali per ottenere elettrodi a prestazioni migliorate

Risultati

- Sinterizzazione di nuove miscele di polveri (W-Cu)
- Realizzazione di elettrodi a geometria complessa utilizzati in prove EDM
- Aumentata velocità erosione in sgrossatura rispetto a Cu (a pari usura elettrodo)



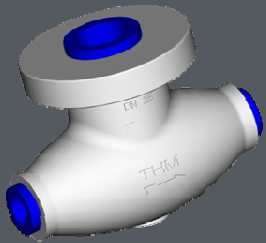
Stampi ottenuti per EDM



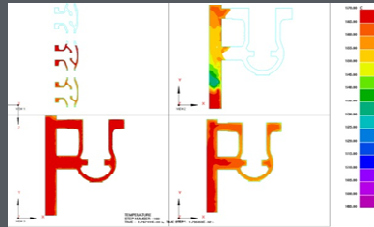
Impieghi

Prototipi tecnici

Modello CAD



Simulazione di Processo



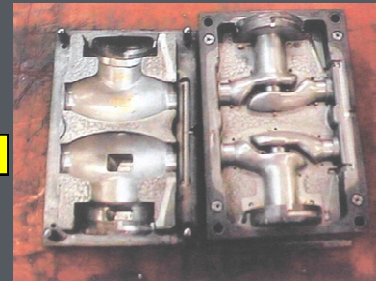
Master



Iniezione cera
-realizzazione
della forma
ceramica



Casting



Rapid Tooling

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
13 June 2002 (13.06.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/45884 A2

Tolleranze

Dimensione

Scostamento
(in mm)

Fino a 15 mm	0,10
Da 15 a 25 mm	0,15
Da 25 a 50 mm	0,25
Da 50 a 100 mm	0,5
Oltre 100 mm	0,5% della quota

Courtesy of Microcast Foundry



Impieghi



I° componente dell' assieme (supporto)



II° componente dell' assieme (forcella)



III° componente dell' assieme (staffa)

Courtesy of Microcast Foundry

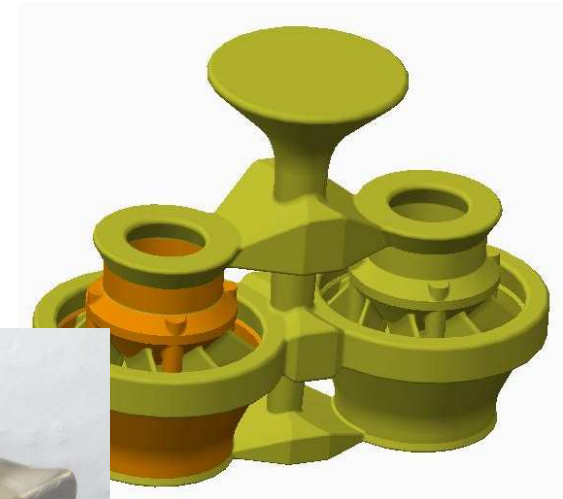
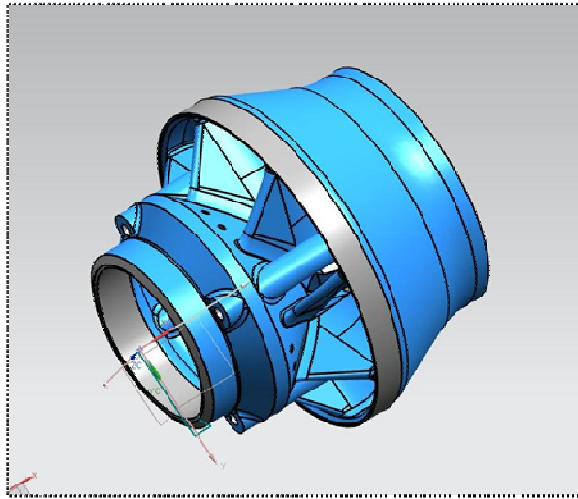
Prototipi tecnici

Prototipo dell' assieme ottenuto tramite riprogettazione dei vari componenti

Semplificazione ed alleggerimento del pezzo



Tecnologie AM : gli approcci alternativi alla metallurgia delle polveri



Materiali per AM via polveri

EBM

Leghe leggere innovative per aerospazio

SLM

Superleghe base nickel per Oil & Gas

EBM

Leghe intermetalliche base Ti

Leghe intermetalliche base Ti

Electron beam melting of Ti-48Al-2Cr-2Nb alloy: Microstructure and mechanical properties investigation

S. Biamino a,* , A. Penna a, U. Ackelid b, S. Sabbadini c, O. Tassa d, P. Fino a, M. Pavese a, P. Gennaro e,
C. Badini a

a *Dipartimento di Scienza dei Materiali ed Ingegneria Chimica, Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino, Italy*

b *Arcam AB, Krokslatts Fabriker 27A, SE-431 37 Molndal, Sweden*

c *Avio SpA, Via I Maggio 56, Rivalta, 10040 Torino, Italy*

d *Centro Sviluppo Materiali S.p.A, Via di Castel Romano 100, 00128 Roma, Italy*

e *AvioProp, Via Nibbia 4, S. Pietro Mosezzo, 28060 Novara, Italy*

article info

Article history:

Received 18 October 2010

Accepted 15 November 2010

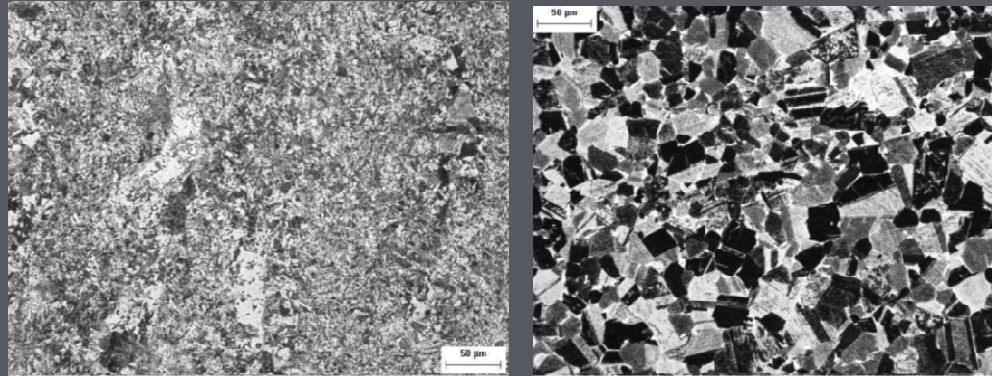
Available online 14 December 2010

Keywords:

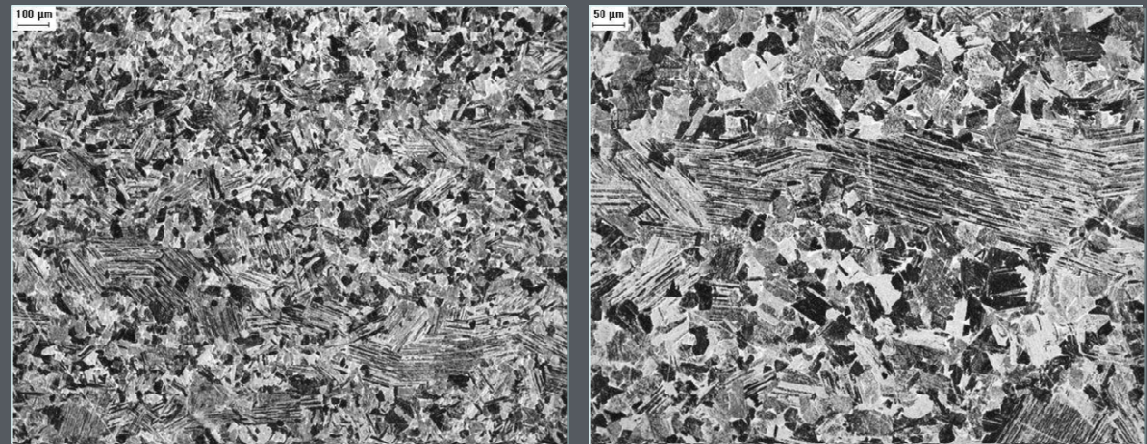
- A. Titanium aluminides, based on TiAl



Leghe intermetalliche base Ti



EBM-TiAl microstructure, (a) as-built, (b) after HIP, near GAMMA equiaxed microstructure



Microstructures of heat treated EBM-TiAl: duplex microstructure

Leghe intermetalliche base Ti

Conclusions

Electron Beam Melting is a versatile technology for additive manufacturing of complex metal parts from metal powders. Gamma titanium aluminide, Ti-48Al-2Cr-2Nb, is the most recent material proven to work in the EBM process.

A preliminary assessment of the mechanical properties show very promising results:

- The desired fine grain duplex microstructure was obtained by a proper heat treatment
- Hot isostatic pressing efficiently eliminates residual porosity in the as-processed material
- The tensile properties are comparable to literature data on cast alloy over a large temperature range
- The specific creep properties are comparable to Ni-base superalloys.

Caratterizzazione di polveri e materiali prodotti mediante tecniche ALM

- Analisi chimica
- NDT: US, RX
- Metallografia: LM, SEM, TEM
- Diffrazione RX
- Tenacità a frattura: impact test (CHARPY-V)
- Trazione (RT -HT)
- Fatica meccanica (HCF, LCF, TMF)
- Proprietà termofisiche (coefficient of Linear Thermal Expansion)
- Failure analysis, frattografia
- Caratterizzazione polveri :
 - SEM
 - Distribuzione dimensionale
 - Forma e densità apparente



Certificazione di polveri e materiali prodotti mediante tecniche AM

Sulla certificazione CSM si pone con Rina in una veste di certificatore

- **Alcune normative di riferimento:**
 - **ISO/ASTM 52921-13 «Standard Terminology for AM»**
 - **F2971-13 «Standard Practice for Reporting Data for Test Specimens prepared by Additive Manufacturing»**
 - **F3122-14 «Standard Guide for Evaluating Mechanical Properties of Metal Materials Made via Additive Manufacturing Processes»**
 - **F3049-14 Standard Guide for Characterizing properties of metal powders used for AM Processes»**
 - **ASTM F3056 «Specification for Additive Manufacturing Nickel Alloys (UNS N06625) with powder bed fusion»**
- **Copertura integrale del testing di caratterizzazione**
- **Capacità di definire per i clienti caratteristiche customizzate per le polveri in funzione dell'ambito applicativo, addizionali rispetto ai minimum requirements degli standard suddetti.**

