

STORIE DI TECNOLOGIA E PASSIONE

Testimonianze di un panel di relatrici di altissimo spessore: automotive, aerospace, design for additive, componentistica, materiali, macchine di stampa e testing



Maria Grazia Righi – Referente Centro tomografico di TEC Eurolab

LA PRIMA VOLTA IN CUI HO SENTITO PARLARE DI ADDITIVE MANUFACTURING



UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Ottobre 2015 – Laurea in Ingegneria Civile e Ambientale



SCIENZE DEI
MATERIALI

Dicembre 2017 – Laurea in Ingegneria dei Materiali



Insegnamento: Gennaio 2018 – Marzo 2018



Leonardo da Vinci
istituto tecnico industriale



 **TEC-Eurolab** Maggio 2018



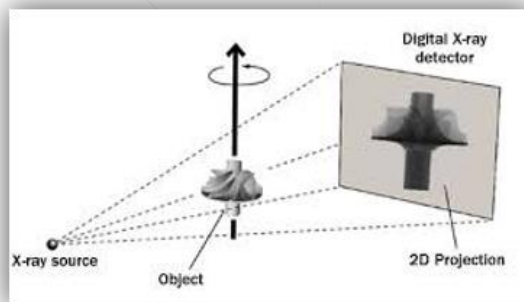
TOMOGRAFIA INDUSTRIALE: COME FUNZIONA?

TECNICA D'INDAGINE NON DISTRUTTIVA, CONSIDERATA L'EVOLUZIONE DELLA RADIOGRAFIA 2D.

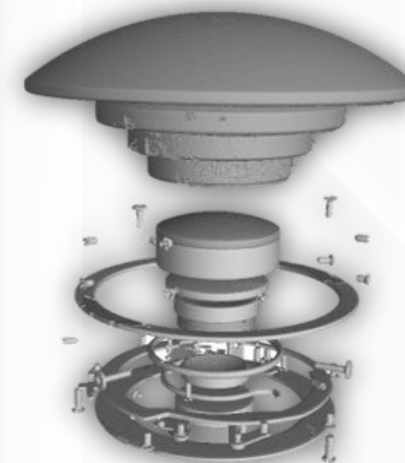
Dato un componente, una volta scansionato ottengo un volume 3D, che ne rappresenta caratteristiche **esterne ed interne**



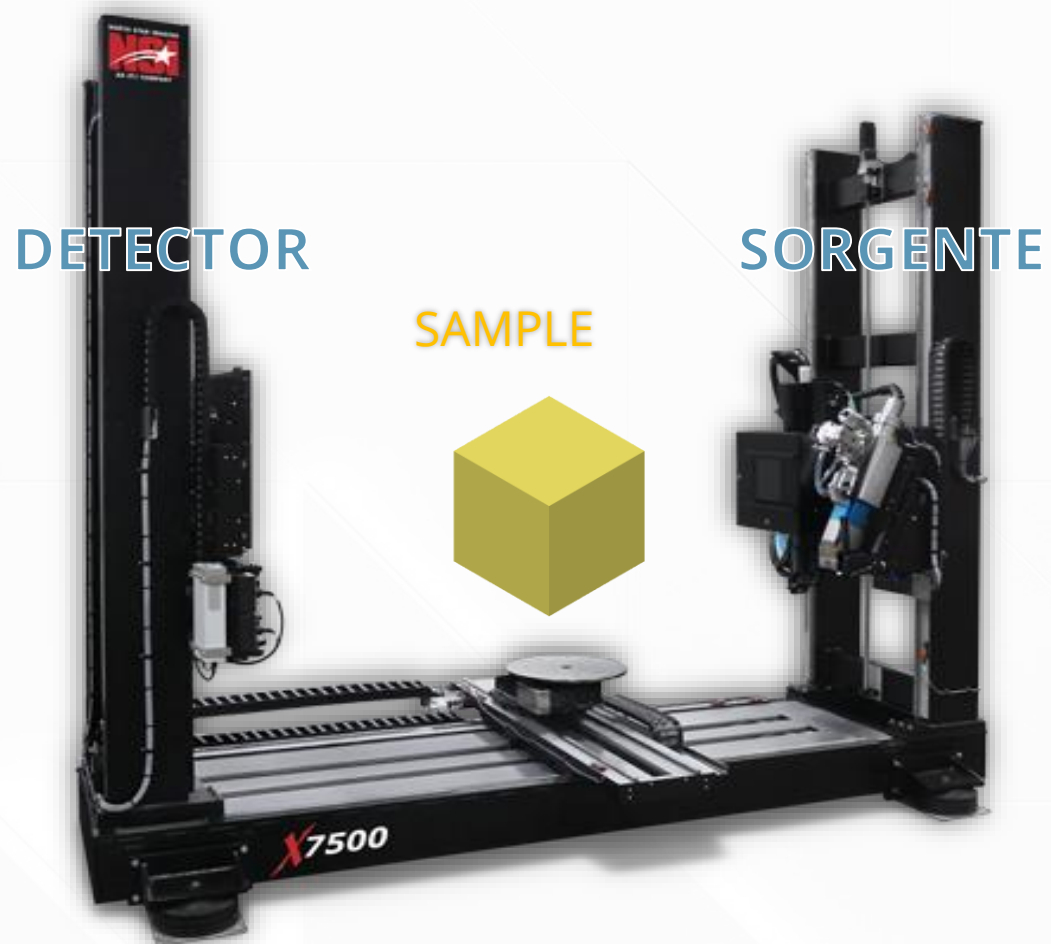
Oggetto Reale



Volume tomografico tridimensionale



TOMOGRAFIA INDUSTRIALE: COME FUNZIONA?



SORGENTE:

Tubo radiogeno / LINAC ad emissione di Raggi-X continua. Parametro discriminante principale: **energia raggi-X** emessi.



DIGITAL DETECTOR/DIODE ARRAY (DDA)

Superficie sensibile alla radiazione, che cattura immagini in continuo.

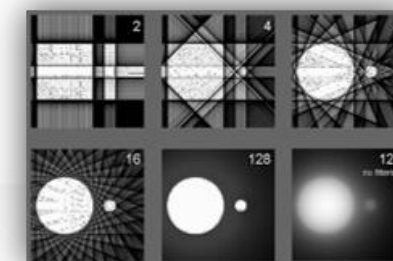


MANIPOLATORE

Movimentazione di Detector, sorgente, Tavola porta pezzo sugli assi X,Y,Z.

WORKSTATION DI RICOSTRUZIONE

Combinazione delle radiografie tramite uno specifico algoritmo, a creare un volume tridimensionale



TOMOGRAFIA INDUSTRIALE: I NOSTRI SISTEMI

2013

NSI X5000 CT SYSTEM

Scan volume: D = 500 mm, H = 1200 mm
Max payload: 90 kg
Max resolution: 5 μm

SOURCE: X-Ray WorX 240

X-Ray Tube Typology	Open, microfocus
Maximum Voltage	240 kV
Maximum Power	350 W
Focal Spot Size	5 μm

FLAT PANEL DETECTOR: Varian 2520 DX

Pixel pitch	127 μm
Sensible Surface	250x200 mm
Maximum Acquisition Speed	12.5 fps - 30 binning
Greyscale resolution	16 bit
Scintillator	Cesium



2016

NSI X7500 CT SYSTEM

Scan volume: D = 1500 mm, H = 3000 mm
Max payload: 250 kg
Max resolution: 70 μm

SOURCE: Varian HPX 450-11

X-Ray Tube Typology	Closed, minifocus
Maximum Voltage	450 kV
Maximum Power	1500 W
Focal Spot Size	0.4 mm

FLAT PANEL: PE XRD 1621 AN14 ES

Pixel pitch	200 μm
Sensible Surface	400x400 mm
Maximum Acquisition Speed	15 fps - 30 binning
Greyscale resolution	16 bit
Scintillator	DRZ + (Gadox)

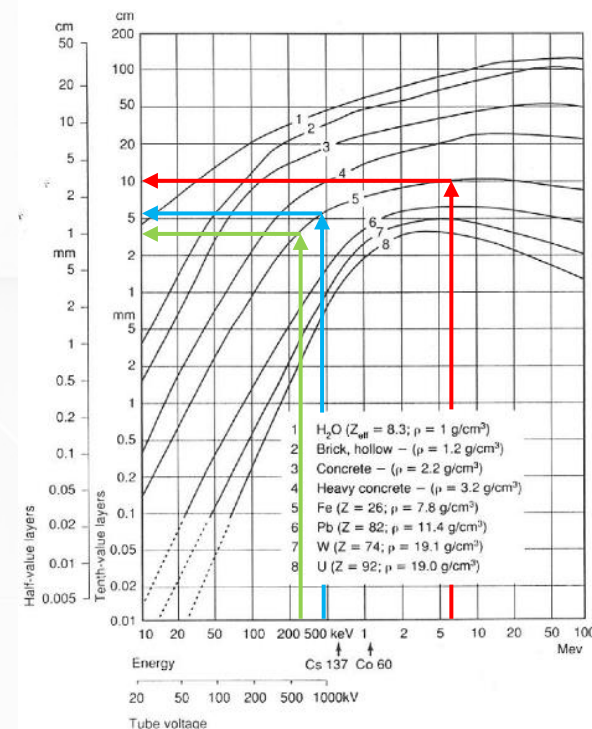
LDA: Detection Technology 0.4iHE2-922

Pixel pitch	400 μm
Length	92 cm
Integration time	30-1550 fps



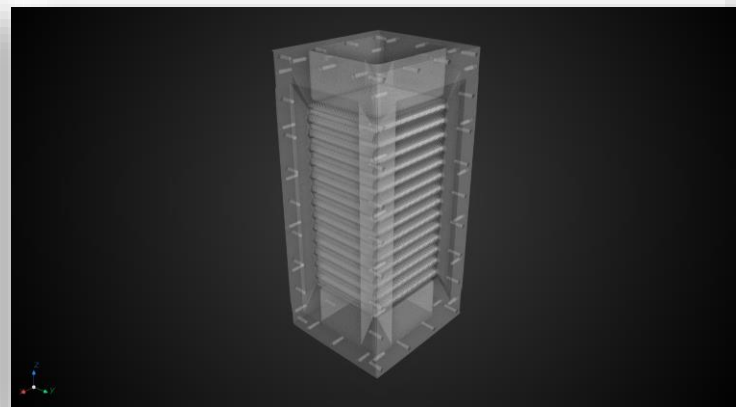
TOMOGRAFIA INDUSTRIALE: COME FUNZIONA?

MARZO 2019: DIONDO D7 6,0 MeV LINAC SYSTEM



Manipulator:	6-Axes granite-based
Variable FFD:	1500 – 4000 mm
Scanning envelope:	D = 1000 mm, H = 2000 mm
Max payload:	200 kg
Max dose rate:	2.5 Gy/min @ 3 MeV, 9.0 Gy/min @ 6 MeV
High resolution Line Detector Array:	length 600 mm, pixel pitch 200 μm
3K Flat Panel Detector 4343 HE:	active area 417 x 417 mm, pixel pitch 139 μm

APPLICAZIONE DELLA TOMOGRAFIA INDUSTRIALE IN ADDITIVE MANUFACTURING



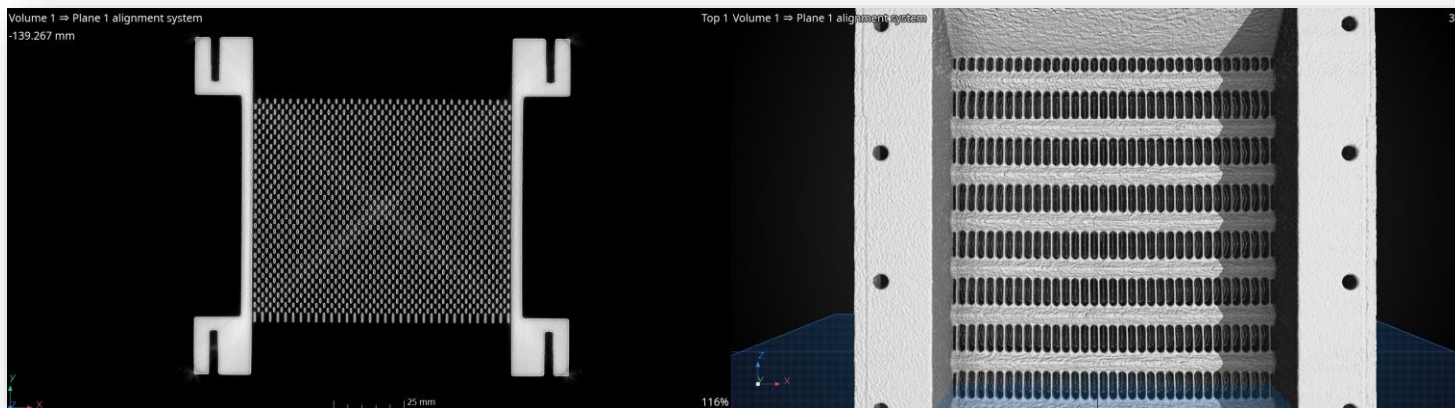
CASE STUDY: SCAMBIATORE DI CALORE

Materiale: Inconel 718

Dimensioni: 130x120x280mm

Sistema Utilizzato:

TEC Eurolab DIONDO D7 6,0 MeV LINAC SYSTEM



Parametri di scansione:

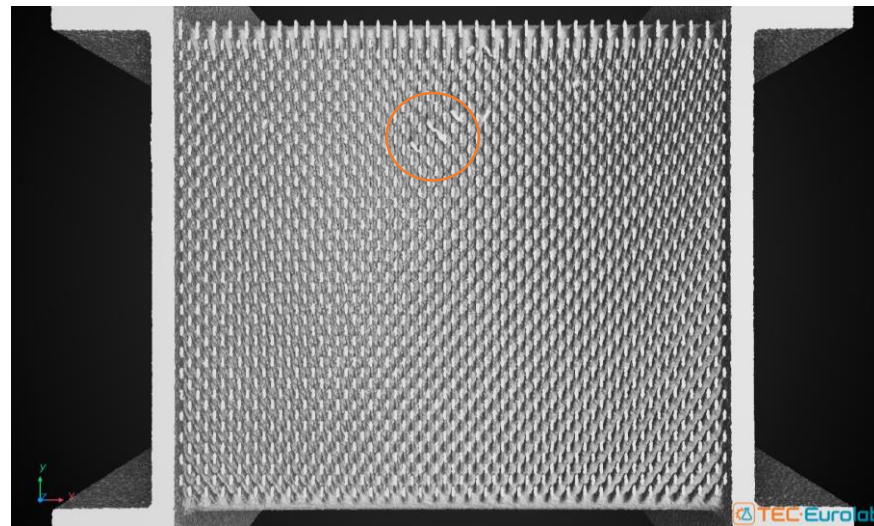
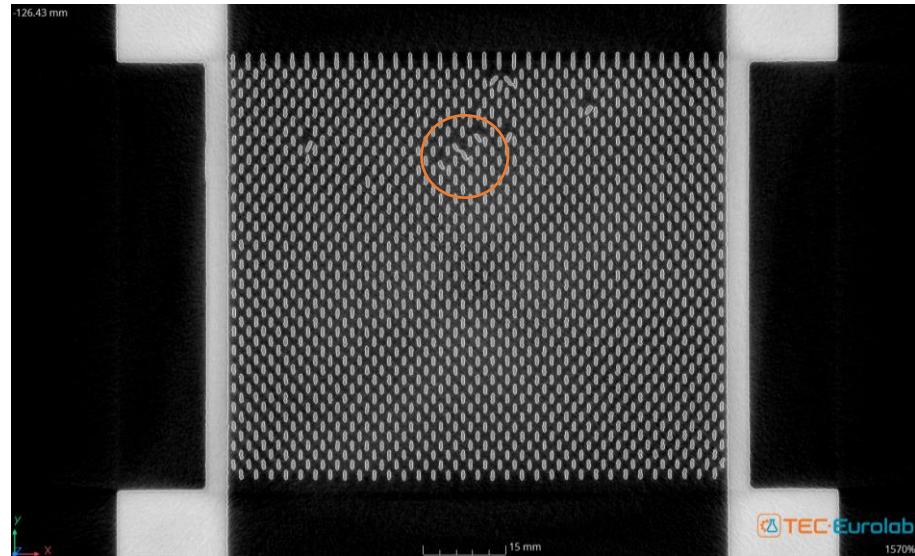
- Energia: 6 MeV
- Risoluzione voxel: 130um
- Filtri: Pb + Cu

Elaborazione volume tomografico:

- Controllo difettologico
- Controllo dimensionale

APPLICAZIONE DELLA TOMOGRAFIA INDUSTRIALE IN ADDITIVE MANUFACTURING

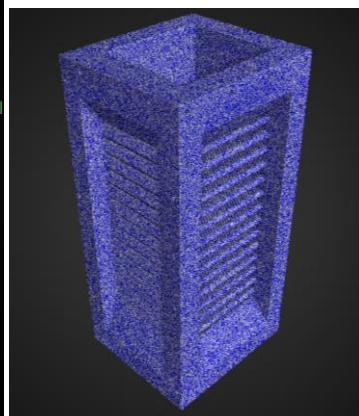
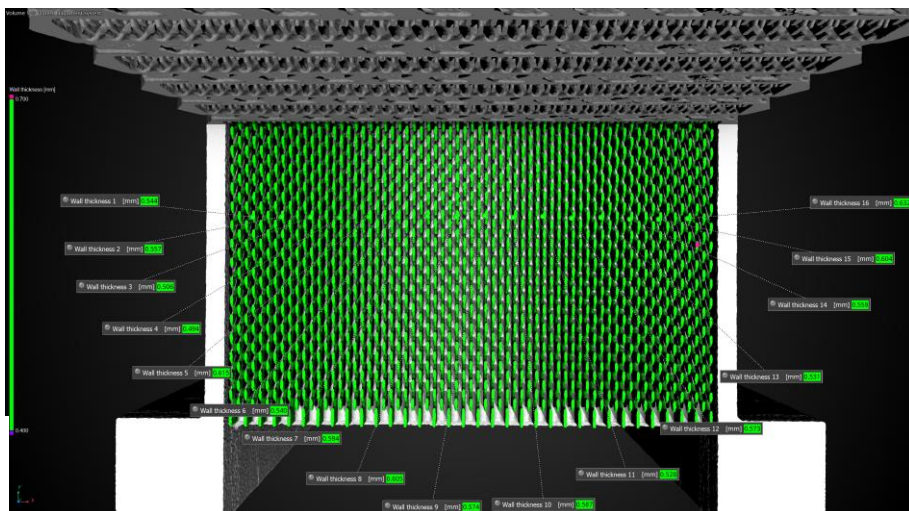
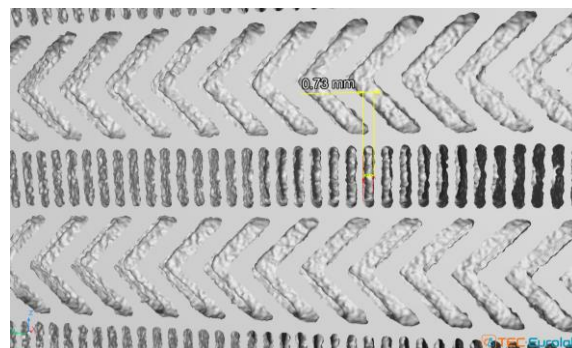
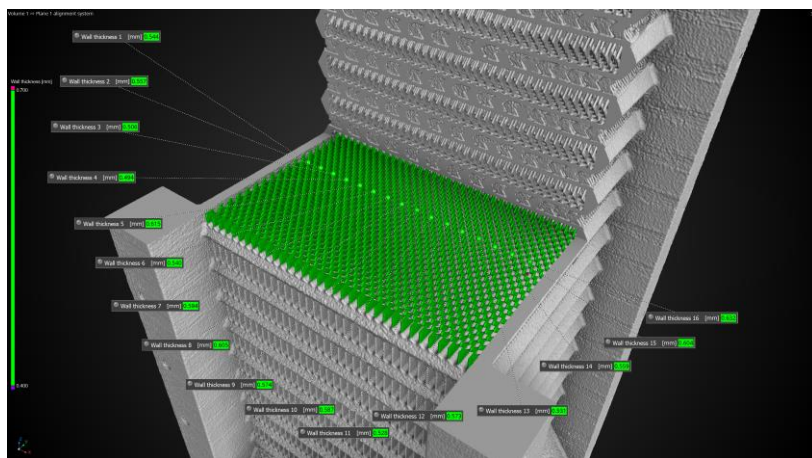
CONTROLLO DIFETTOLOGICO



- Indicazioni di discontinuità materiale: cricche, pori, salti di stampa, mancanza di materiale;
- Inclusioni di materiale più denso;
- Presenza di polvere o residuo di supporto.

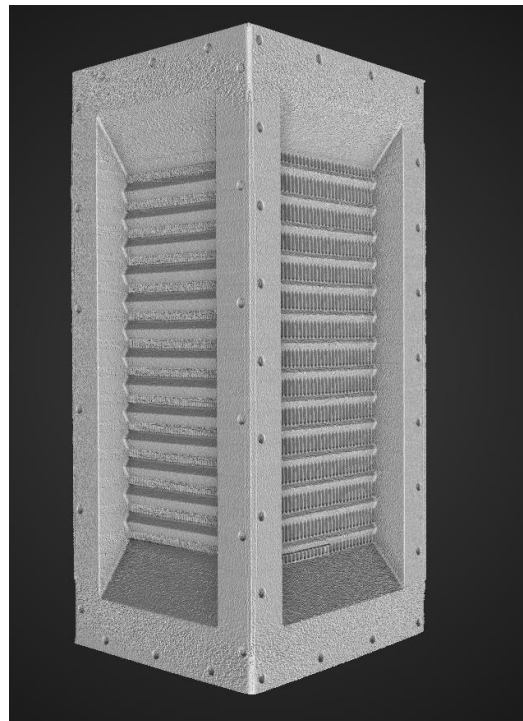
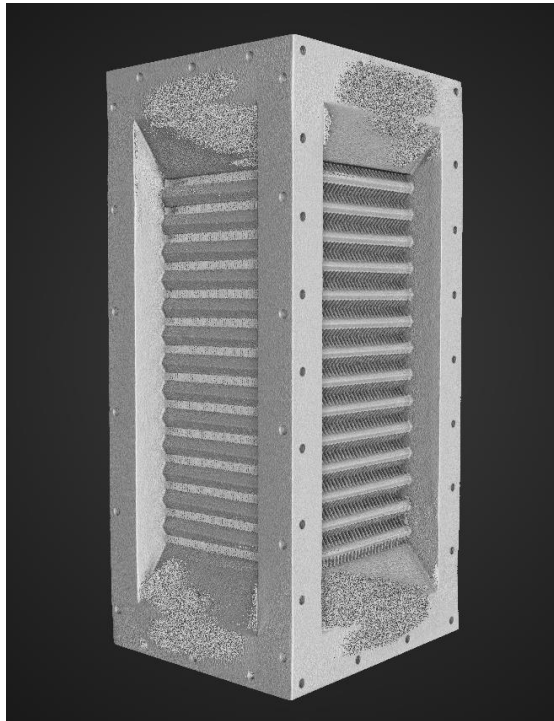
APPLICAZIONE DELLA TOMOGRAFIA INDUSTRIALE IN ADDITIVE MANUFACTURING

CONTROLLO DIMENSIONALE



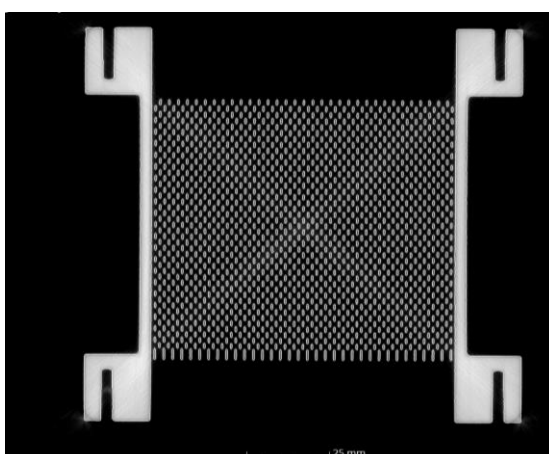
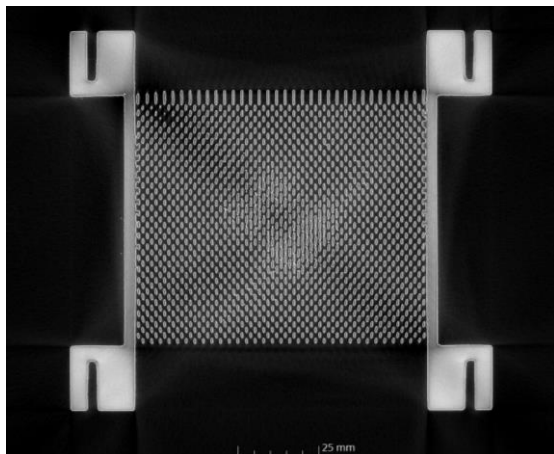
- ESTRAZIONE FILE STL, con possibilità di reverse engineering
- NOMINAL/ACTUAL COMPARISON (CAD Comparison): Allineamento con CAD originale per valutazione scostamenti
- WALL THICKNESS: Misura dello spessore di parete che non risente di differenze di allineamento col CAD
- RILIEVO QUOTE richieste a disegno

RICOSTRUZIONE DEL VOLUME TOMOGRAFICO PER ANALISI DIMENSIONALI



Lo scattering presente alle alte energie, e il beam hardening causato dall'elevata densità del componente (unito alla particolare e complessa geometria) causano diversi artefatti nel volume ricostruito che possono pregiudicare l'accuratezza dell'analisi dimensionale.

Per ridurre questo fenomeno viene applicata un'accurata correzione del beam hardening che ha portato ad una ricostruzione con artefatti ridotti.



ADDITIVE MANUFACTURING: DOVE CI STA PORTANDO

Il mondo additive si sta spingendo sempre più verso grandi formati, geometrie complesse e materiali performanti ad alta densità



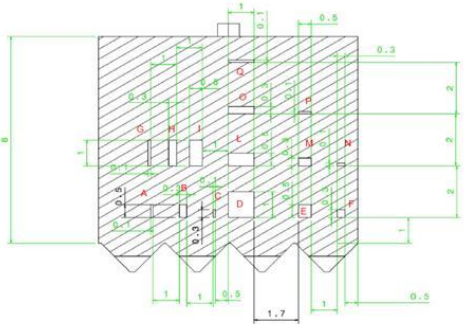
INTRODUZIONE DI SISTEMI TOMOGRAFICI AD **ALTA ENERGIA**

Nonostante questo trend, l'apparato normativo in ambito tomografico non si muove di pari passo



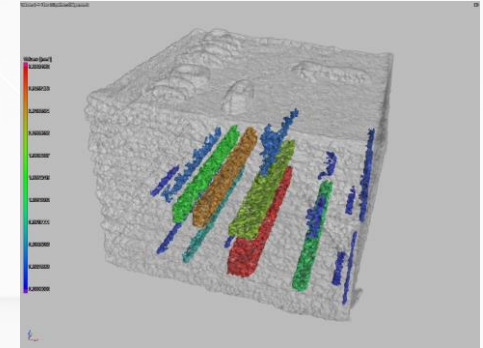
TEC Eurolab verifica l'affidabilità dei sistemi tomografici tramite la creazione di RQI (Representative Quality Indicator). Questo approccio è particolarmente valido per i sistemi ad alta energia, in cui la verifica delle performance e la ripetibilità delle analisi costituiscono un obiettivo sfidante

ADDITIVE MANUFACTURING: DOVE CI STA PORTANDO: CASE STUDY – RQI



Un RQI dovrebbe rappresentare, dal punto di vista del materiale, della geometria e delle dimensioni, il campione reale e deve contenere indicazioni artificiali/note create a partire dai criteri di accettabilità

Schema RQI: Campione in lega SAFRAN di Titanio – design e produzione eseguito da LANDING SYSTEM (SLS)



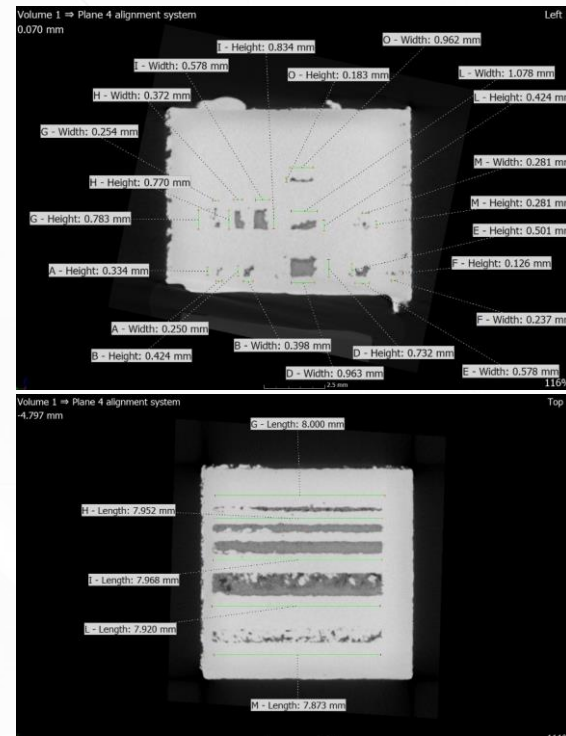
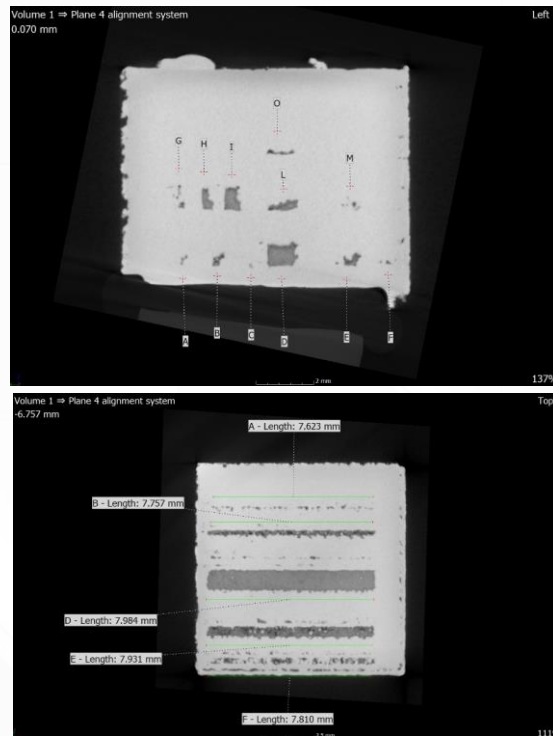
Materiale: Lega di Titanio

Risoluzione voxel: 40um

Sistema Utilizzato: NSI X5000 System

Obiettivo: determinare se un sistema ad alta energia come il Dondo d7 sia in grado di rilevare difetti negli RQI se posizionati all'interno del campione di produzione, confrontando la scansione dell'RQI ad alta risoluzione con la scansione eseguita sul Linac.

- RQI prodotti tramite additive manufacturing presentano discontinuità interne caratterizzabili solamente tramite una scansione tomografica ad alta risoluzione. Si deve quindi procedere alla validazione con un sistema ad alta risoluzione per verificare il numero e le dimensioni delle indicazioni reali rispetto alle indicazioni nominali.
- Gli RQI stampati tramite additive manufacturing presentano indicazioni «piene di polvere» che hanno un contrasto di grigio minore rispetto a indicazioni prodotte tramite fori artificiali.

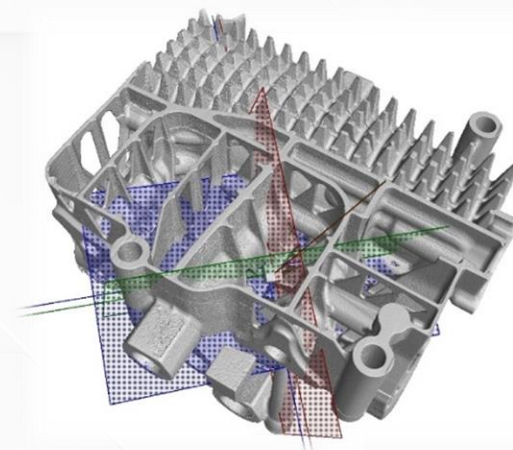
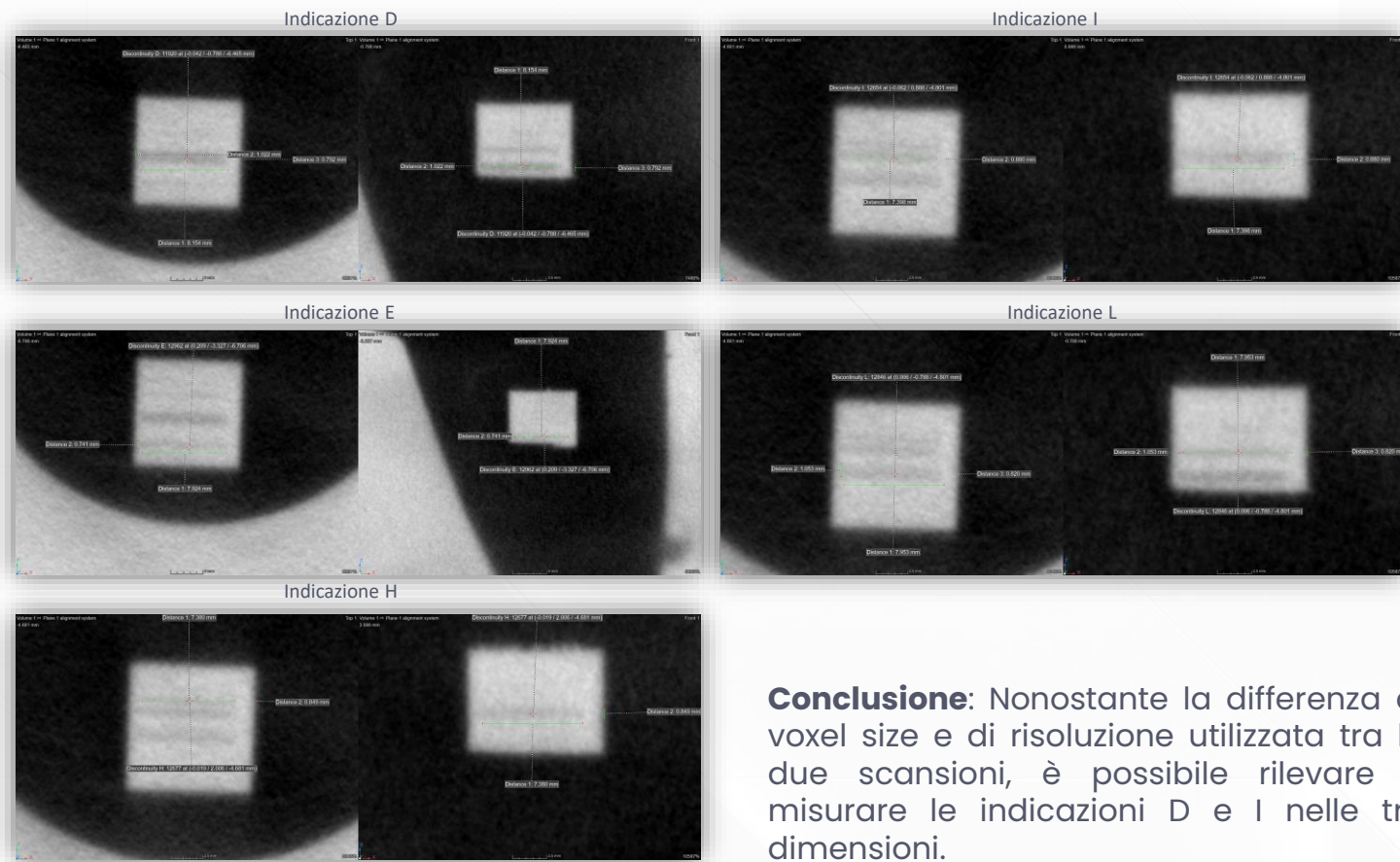


ADDITIVE MANUFACTURING: DOVE CI STA PORTANDO: CASE STUDY – RQI

Materiale: Lega di Titanio

Risoluzione voxel: 130um

Sistema Utilizzato: DIONDO D7 6,0 MeV LINAC System



- Il campione RQI è stato inserito nel campione di produzione in lega di Titanio (25x20x20 [cm³]) prodotto da SAFRAN Additive Manufacturing Campus (SAMC) secondo il design di SAFRAN LANDING SYSTEM (SLS) e scansionato sul Sistema DIONDO D7 6,0 MeV LINAC (TEC Eurolab) con una risoluzione voxel di circa 130 um.

Conclusion: Nonostante la differenza di voxel size e di risoluzione utilizzata tra le due scansioni, è possibile rilevare e misurare le indicazioni D e I nelle tre dimensioni.

Le indicazioni E, H e L sono rilevabili e misurabili in due dimensioni.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE