

## L'ECCELLENZA NEI CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

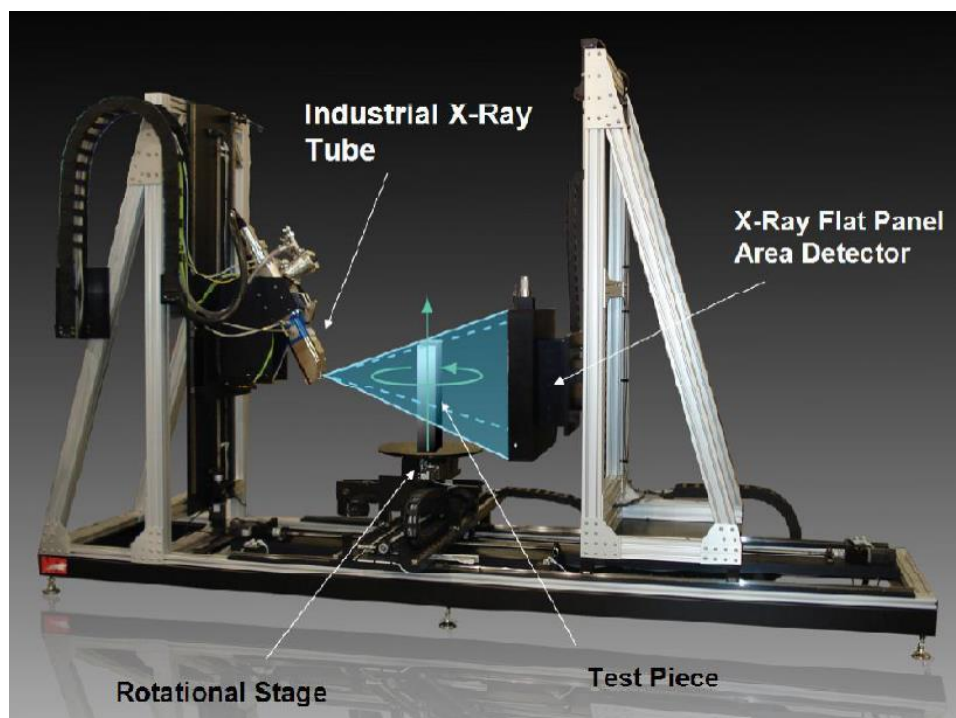
### TOMOGRAFIA INDUSTRIALE

M. Reggiani - M. Moscatti  
TEC Eurolab Srl - Campogalliano (MO)

Nel 1979 l'ingegnere inglese Godfrey Hounsfield e il fisico sudafricano Allan Cormack furono insigniti del premio Nobel per la medicina per aver ideato e realizzato la prima tomografia assiale computerizzata (Computer Tomography, TAC o CT). Utilizzata per lo studio medico, prima della struttura del cranio e successivamente del torace e dell'addome, la tomografia assiale si è rapidamente affermata come strumento irrinunciabile per la ricerca e la diagnosi. Grazie alle enormi potenzialità, tale tecnologia ha trovato fin da subito l'interesse del settore militare e della difesa che, a fronte di ingenti investimenti, ha aperto la strada alla sua applicazione in ambito industriale.

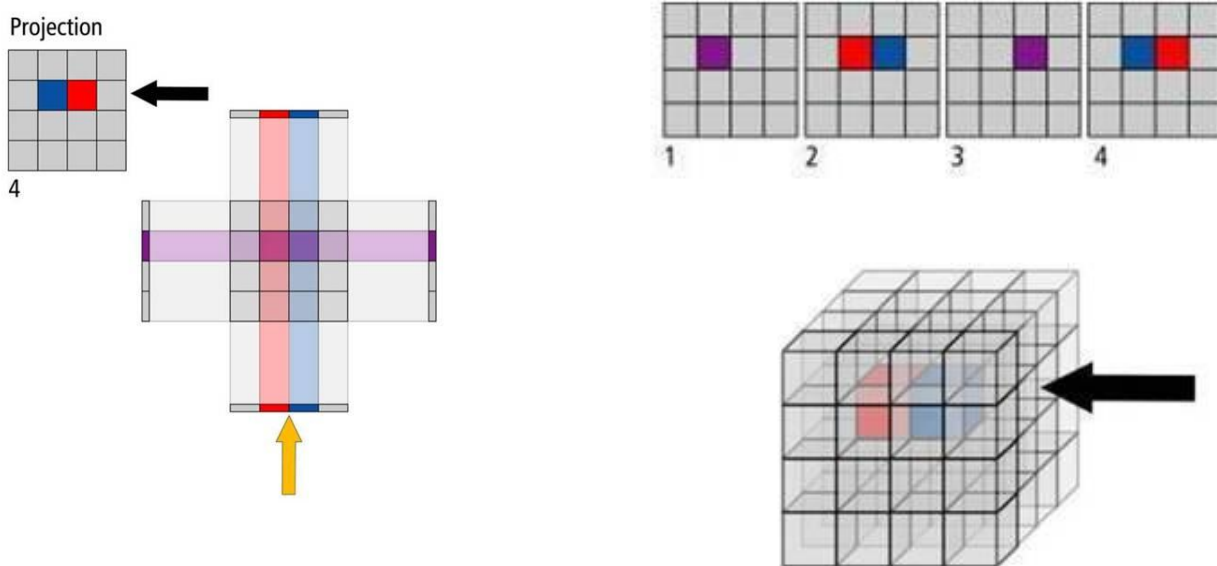
Negli ultimi anni l'aumento esponenziale della potenza di calcolo e l'affinamento delle tecnologie connesse ne ha incrementato notevolmente la risoluzione fino a scale micrometriche. Oggi, le grandi dimensioni ispezionabili e la flessibilità dei sistemi tomografici, insieme all'altissima definizione dell'analisi, collocano la tomografia fra le tecniche d'avanguardia nei controlli non distruttivi.

I materiali ispezionabili sono i più vari, da componenti metallici solidi e massivi ad assemblati polimerici e materiali compositi, mentre le applicazioni coprono i campi più disparati. Si va dal controllo dimensionale (interno ed esterno) al controllo difettologico e alla failure analysis, dallo studio funzionale di assemblati al reverse engineering. Il tutto senza dover in nessun modo aprire, sezionare o manipolare il pezzo stesso, ulteriore nota d'interesse per le funzioni R&D, validazione processi e prodotti, engineering e controllo qualità.



*Componenti principali di un tomografo industriale*

Il principio di funzionamento consiste nel raccogliere e registrare molteplici proiezioni radiografiche del componente in ispezione. Questo si realizza ponendo l'oggetto su una tavola rotante e radiografandolo mentre è posto in rotazione. Le migliaia di radiografie acquisite dal detector digitale vengono poi elaborate dal software di ricostruzione che restituisce l'immagine volumetrica del componente, comprensiva di tutti i dettagli interni.

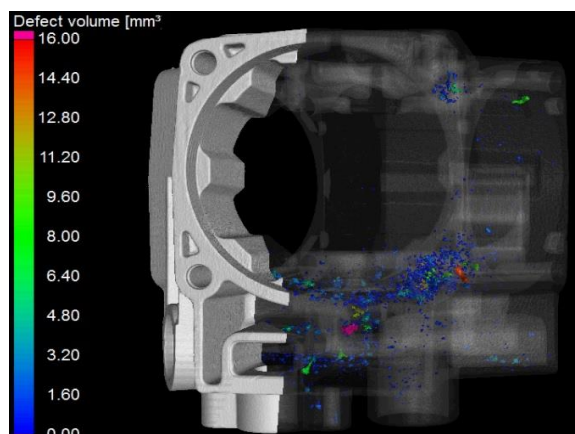


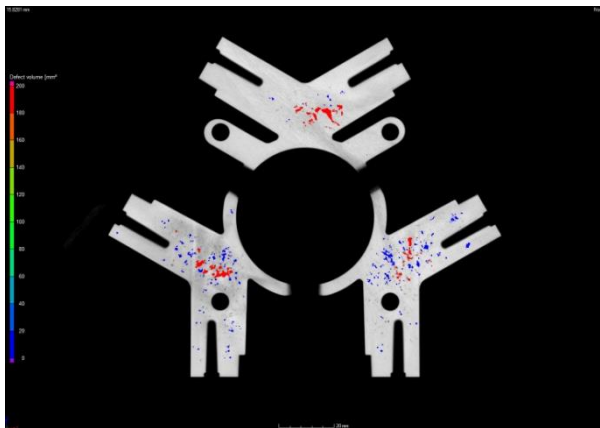
*Schema di ricostruzione da pixel bidimensionali a voxel volumetrici*

La tomografia può quindi essere detta la tecnologia reciproca della costruzione additiva: consente di passare con elevata accuratezza (alcune decine di micron) dal componente reale alla sua matematica digitale, sezione per sezione, esattamente come il rapid prototyping permette di produrre direttamente, strato per strato, un componente partendo dal suo disegno CAD.

La funzionalità della tecnica può essere al meglio mostrata proponendone alcune immagini da casi applicativi:

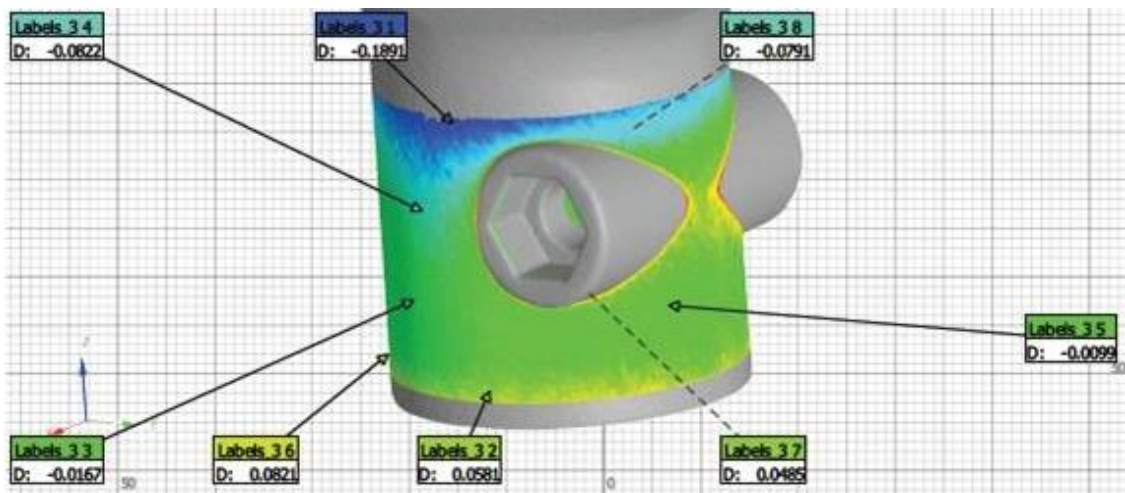
- Analisi difettologica quantitativa di fusione in alluminio. I difetti interni sono evidenziati in scala di colore e riportati in una tabella Excel con la completa caratterizzazione geometrica. Di ciascun difetto vengono rilevati il volume e i coefficienti di forma come sfericità e compattezza, mentre le coordinate di posizione sono registrate in accordo al sistema di riferimento CAD. La visualizzazione può avvenire sia nella vista tridimensionale sia in una qualunque sezione.





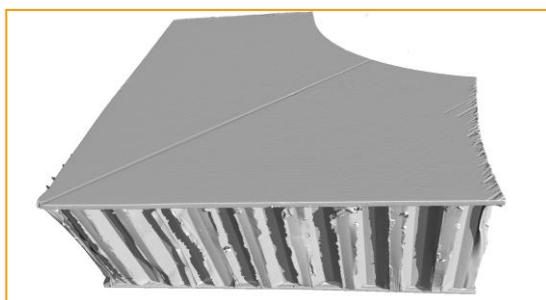
*Ispezione difettologica di fusione in alluminio*

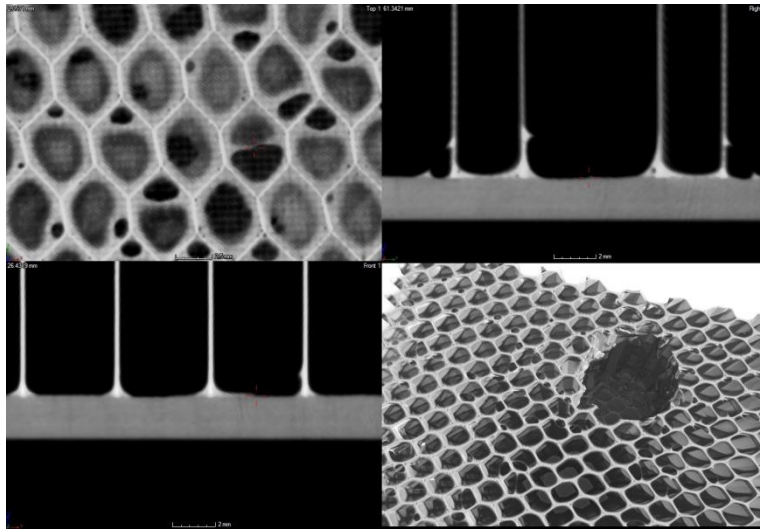
- Rilievo dimensionale e reverse engineering di stampato plastico. Il controllo dimensionale può essere eseguito sia tradizionalmente come misura di singole quote (in accordo alla normativa VDE-VDI 2630) sia tramite il confronto diretto con il disegno. In questo caso l'immagine tomografica viene sovrapposta al modello CAD e punto per punto il software dichiara lo scostamento della geometria reale rispetto a quella di progetto. Tale operazione in fase di messa a punto del processo può essere utilissima anche per valutare al meglio le criticità e le modalità di ritiro, permettendo una più accurata e più economica messa a punto degli stampi. Lo stesso output tomografico può poi essere salvato in formato STL ed essere utilizzato per il reverse engineering completo del componente.



*Rilievo dimensionale per confronto fra la geometria reale e il disegno ideale*

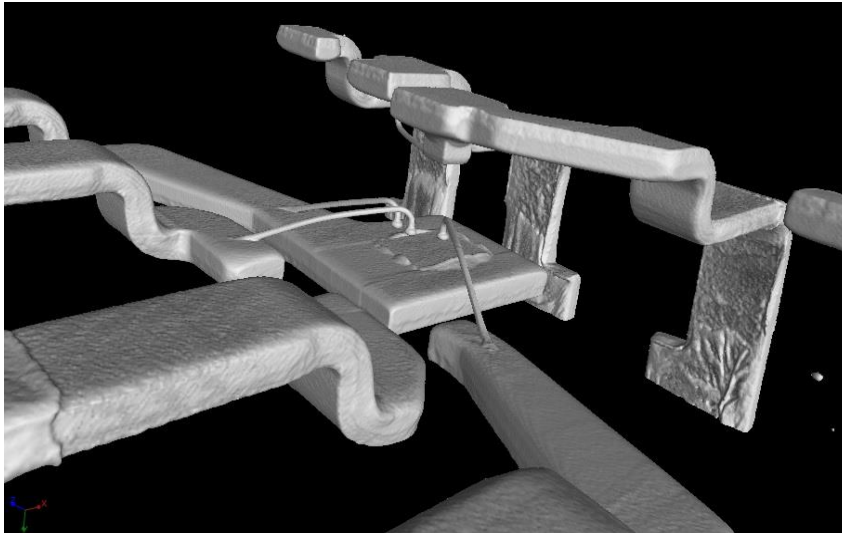
- Controllo dell'incollaggio fra una struttura a nido d'ape (honeycomb) in alluminio e una piastra in fibra di carbonio. Questo controllo risulta critico con qualsiasi altra tecnica d'indagine tradizionale. Il metodo a ultrasuoni solitamente utilizzato richiede tempi di controllo molto lunghi e fornisce un esito fortemente dipendente dall'operatore. Con la scansione tomografica è invece possibile evidenziare la sezione d'incollaggio e visualizzare il collante stesso misurandone la diffusione sull'area e la profondità di penetrazione.





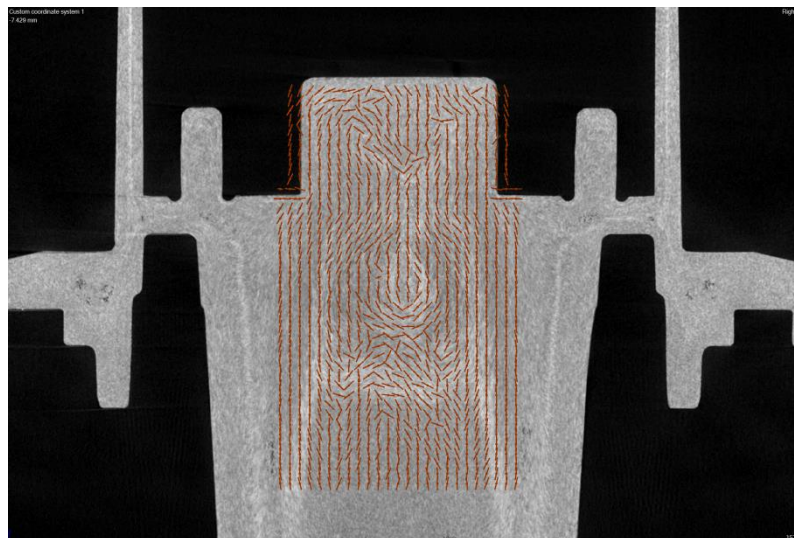
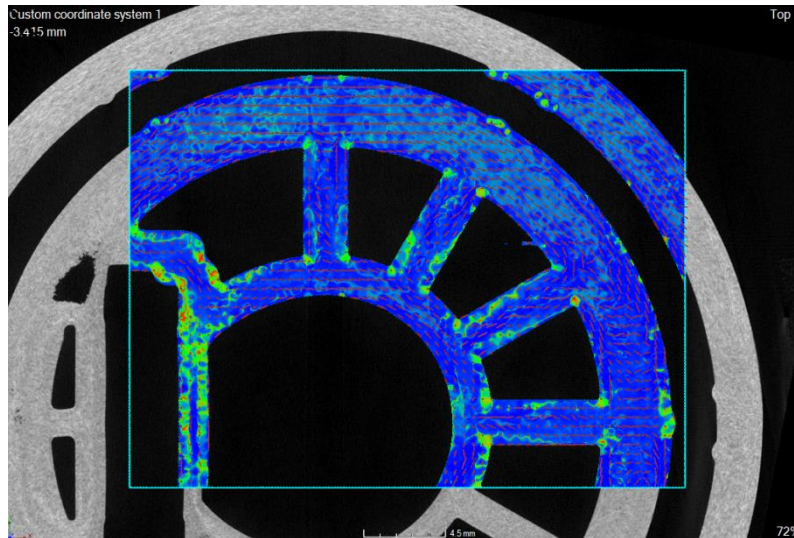
*Verifica incollaggio in struttura honeycomb*

- Analisi funzionale di circuito assemblato. Essendo il microchip (1mm x 0,5mm) immerso in una resina protettiva è stato necessario fare uso del metodo a raggi x per indagarne la continuità delle connessioni. Le dimensioni estremamente ridotte ne impediscono il taglio meccanico e un attacco chimico (decapsulazione) della resina danneggerebbe anche il chip stesso. Mentre la radiografia tradizionale non è stata in grado di fornire il contrasto e la definizione necessaria al controllo, con la tomografia si evidenzia l'intera geometria interna d'interesse, compresi i filamenti dell'ESD aventi diametro di pochi micron.



*Verifica funzionale di microchip immerso in resina protettiva*

- Analisi di distribuzione delle fibre di vetro. Nella messa a punto di un nuovo processo di stampaggio si è verificata con scansione tomografica la concentrazione delle fibre di vetro in diverse zone del componente. Anche l'orientamento delle fibre, indicativo dei flussi di iniezione, è stato rilevato. La tecnica ha permesso di controllare le criticità di giunzione dei flussi e di validare le simulazioni CAE precedentemente effettuate.



*Analisi di distribuzione delle fibre di vetro in uno stampato in tecnopolimero avanzato*

Per effettuare tali indagini TEC Eurolab ha utilizzato strumentazione d'avanguardia:

- Tubo microfoco da 240kV/350 W e minifoco da 450kV;
- Detector digitale da 9MPxl;
- Cabina bunker con volume scansionabile di 450mm di diametro e 1200mm di altezza;
- Elevata flessibilità di utilizzo grazie alla libera regolazione dell'ingrandimento geometrico e della distanza focale;
- Elevata flessibilità di manipolazione con 7 assi di precisione capaci di movimentare componenti fino a 110kg.

Si noti che la qualità dell'attrezzatura è senza dubbio importante ma, data la complessità degli argomenti trattati e il potenziale della tecnologia, un ruolo centrale lo giocano gli operatori con il loro know how. Per valorizzare questa tecnica d'avanguardia e poterla utilizzare nel fornire il miglior supporto al cliente, non è infatti sufficiente saper "far andare la macchina". È indispensabile che i tecnici incaricati delle scansioni e delle interpretazioni operino all'interno di un sistema integrato, che metta loro a disposizione ampie conoscenze e competenze: da nozioni sui materiali, oltre che sui processi di produzione e trasformazione, a nozioni di controllo dimensionale e di progettazione.

Un percorso di qualifica degli operatori tomografici può essere intrapreso in parallelo. A tale scopo le linee guida SNT TC 1A identificano un iter di formazione specifico per l'addestramento e la successiva certificazione del personale in ambito tomografico.

In conclusione, in ciascun caso applicativo mostrato, così come in molti altri casi curati da TEC Eurolab, si constata come la tomografia fornisca un servizio avanzato che consente alle aziende di aumentare la conoscenza dettagliata dei propri prodotti e processi e di poterli quindi migliorare in maniera efficiente riducendo i costi di ricerca e sviluppo, aumentando l'efficacia del controllo qualità e riducendo il time to market di nuovi prodotti.