

WHITE PAPER

Progettazione e  
Simulazione del processo  
Additive Manufacturing  
per componenti metallici

## Introduzione

L'Additive Manufacturing è considerata una tecnologia abilitante nel contesto Industria 4.0. Come noto, si differenzia dai tradizionali processi sottrattivi (lavorazione meccanica) in quanto produce oggetti tridimensionali aggiungendo strato dopo strato materiale attraverso sistemi di fusione selettiva (fascio laser o elettronico) o deposizione (Fig. 1).

È un processo additivo complesso che nella fase di realizzazione viene gestito da macchine in veloce evoluzione ma che non può prescindere dalla progettazione del materiale e del prodotto incluse la fasi di finitura.

La filiera può essere percepita come più corta della tradizionale Supply Chain, ma in realtà tratta una serie di fasi che integrano la progettazione con la produzione unendo l'ideazione alla prototipazione e alla produzione. Nella fase di ideazione le forme complesse, tipicamente non producibili con tecniche tradizionali, salvo assemblaggio di più pezzi e un costo elevatissimo, si deve instaurare una forte collaborazione fra il designer e il grafico. L'innovazione di prodotto, di processo e a volte nei modelli di business, deve sfruttare appieno le potenzialità della stampa 3D riconsiderando la massima flessibilità in progettazione integrando più parti in un unico componente. La riduzione di tempi e costi si ripercuote sulla progettazione, prototipazione e prima serie.

Numerose applicazioni in Additive Manufacturing si ritrovano oggi per la produzione di piccoli lotti di componenti. Ottime potenzialità si riscontrano nella riprogettazione di parti di macchine e stampi per la produzione ove le cause di rotture e usure possono essere minimizzate se tali pezzi o inserti sono ottimizzati e prodotti con metal 3D printing, impattando sulla vita delle attrezzature, sulle scorte di magazzino e tutto il programma di manutenzione.

## Progettazione di componenti per Additive Manufacturing

In questo contesto ricco di offerte e opportunità già presenti sul mercato, cosa ancora può creare valore e diver-

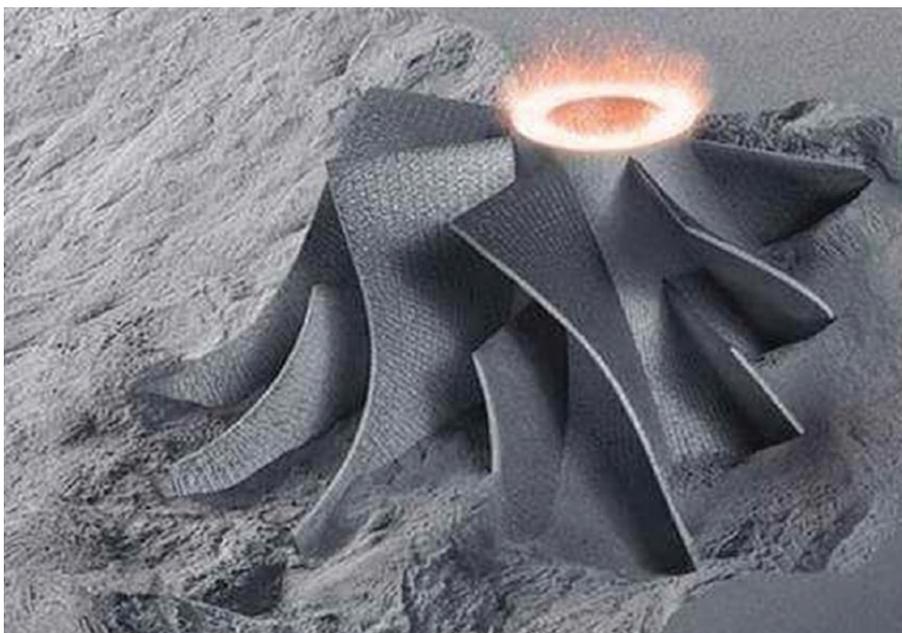


Fig. 1 – processo di additive Manufacturing con sorgente laser

sificazione per un'azienda interessata a questo ambito è la capacità di progettare il prodotto fin dall'inizio per una produzione con tecnologie additive, tramite strumenti di simulazione avanzata in grado di seguire l'intero processo (Design for Additive Manufacturing - DfAM ).

Gli strumenti di simulazione virtuale sono di supporto e integrano l'ottimizzazione topologica di forma (GTAM) in funzione della prestazione meccanica attesa, con l'orientamento e la definizione dei supporti prima della simulazione del processo di stampa (ANSYS Additive Print) con i diversi processi SLBM, DEM etc al fine di calibrare i parametri del processo AM e predire la microstruttura del materiale. Oltre alla densità e qualità metallurgica e la possibile anisotropia, le tensioni residue e le distorsioni del pezzo layer-by-layer sono obiettivi fondamentali per minimizzare lo scarto e le operazioni di finitura e controllo (Fig. 2).

I moderni strumenti di simulazione CAE consentono di affrontare con metodo tutte le fasi di sviluppo prodotto sfruttando una logica sequenziale. Si parte dalla progettazione della forma, che essendo svincolata dalle tecnologie di produzione tradizionali, può essere molto più libera. Una volta definito il massimo ingombro del componente oggetto di studio, le condizioni operative (carichi, vincoli, temperature, ecc.) alle quali è sottoposto ed alcuni vincoli progettuali, la simulazione permette di definire in modo guidato forme innovative ed efficaci, perfettamente compatibili con il nuovo processo di AM.

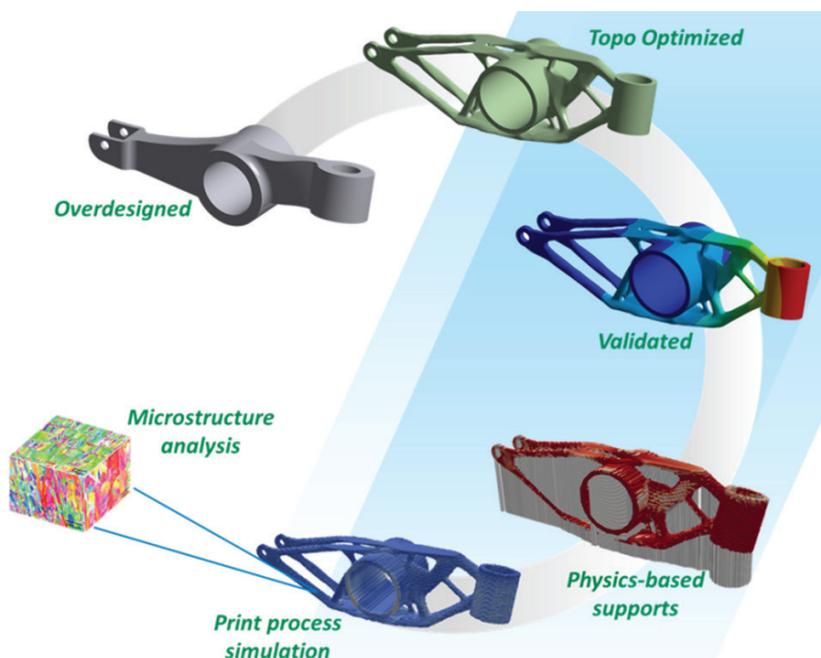


Fig. 2 – Progetto di componenti per additive manufacturing: dall’ottimizzazione topologica al processo di stampaggio e revisione della microstruttura

Una volta definita la forma, l’attenzione del progettista si sposta sul processo di produzione, che consente di prevedere eventuali non conformità e gestire al meglio i parametri della macchina di stampa. Anche in questo frangente la simulazione gioca un ruolo determinante poiché, le moderne tecniche di simulazione, consentono di riprodurre virtualmente la fase di creazione del componente, analizzando il fenomeno fisico (termo-strutturale) in regime transitorio.

Ma perché usare strumenti di simulazione quando si potrebbe fare ricorso direttamente alla prototipazione reale? La risposta è davvero semplice: durante il processo di stampa, i materiali subiscono gradienti termici molto elevati e il repentino riscaldamento/raffreddamento porta spesso alla manifestazione di deformazioni permanenti impreviste ed indesiderate. I prototipi reali, se non opportunamente ingegnerizzati, al termine del processo sono spesso fuori tolleranza e vengono quindi scartati, determinando in questo modo costi e tempi di sviluppo pesanti ed ingiustificabili.

Il vantaggio assoluto della simulazione è quello di poter fare ricorso a tecniche di compensazione automatica delle distorsioni (Fig.3), ridefinendo in modo guidato le geometrie dalle quali partire (approccio di Reverse Engineering) per ottenere forme e dimensioni desiderate sfruttando le deformazioni permanenti.

Un ulteriore fattore distintivo è quello di poter dimensionare in modo ingegneristico, anche stavolta automaticamente, il supporto del componente da stampare. La definizione della forma di tali strutture, l’analisi delle deformazioni termiche e lo studio dell’interfaccia supporto vs. componente stampato, rappresentano dei passaggi di assoluta rilevanza, tanto quanto la progettazione del componente stampato stesso.

Per essere però certi di affrontare l’analisi del processo di AM in modo completo, la simulazione mette a disposizione degli strumenti di valutazione delle proprietà dei materiali che permettono, con un approccio multiscala, di verificare le proprietà micro/macro dei materiali ottenuti al termine del processo di stampa 3D. Questa fase si può realizzare grazie all’interfacciamento diretto tra macchine di stampa e software di simulazione, che permettono la lettura del file nel formato di stampa ed il controllo della qualità metallurgica del materiale (porosità, tensioni residue, anisotropia, spessore dei layer di deposizione, ecc.).

### Conclusioni

La quantificazione del ritorno dall’investimento può essere immediata considerando il costo medio orario di

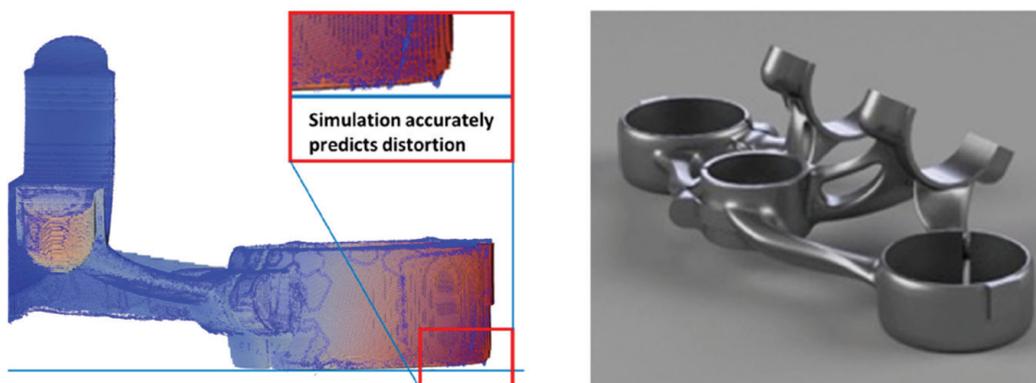


Fig. 3 – compensazione della distorsione su componenti metallici realizzati in AM

una macchina AM inclusi i costi del materiale ed operatore. La drastica riduzione delle prove di stampa, che generalmente possono stimarsi da 2 a 10 per un nuovo oggetto per un costo complessivo dello scarto che può aggirarsi a circa 50.000-100.000 euro, possono portare al primo pezzo buono se la progettazione e simulazione del processo ha ottimizzato il tutto da un punto di vista virtuale.

Con particolare riferimento all'Additive manufacturing, il percorso decisionale per affrontare un nuovo progetto ripropone una serie di domande:

1. quali sono le tecnologie disponibili per produrre un tale componente
2. chi sono e quale è il livello delle competenze nell'uso di tali tecnologie di stampa 3D
3. quali sono i limiti delle diverse tecnologie (dimensioni, ...)
4. Quali i consumi energetici e il costo a confronto con altre tecnologie produttive
5. in quanto tempo si possono produrre i pezzi

Nonostante lo studio virtuale "design for additive Manufacturing", integrato alla simulazione del processo di stampa, possa portare ad una soluzione e risposta a questi quesiti, i criteri e pesi decisionali saranno attribuiti anche al tempo, al consumo energetico e al costo finale del pezzo. Il confronto tipico è fra 3D print (additiva) e



Fig. 4 – confronto fra processo tradizionale sottrattivo (CNC) e il 3D Print

CNC (sottrattiva) – Fig.4 , oppure con altre tecnologie tradizionali quali Casting e Forging.

La nuova versione di ANSYS Additive Suite si aggiunge alle innumerevoli ed avanzate soluzioni software già proposte da EnginSoft, completando la proposta di Consulenza, Formazione e Ricerca per accompagnare le imprese verso il futuro.

L'Additive Manufacturing si annovera come una delle tecnologie abilitanti nella rivoluzione Industriale 4.0. EnginSoft, oltre alle tradizionali applicazioni CAE che per loro natura sono digitali, investe oggi in nuovi strumenti integrati nei progetti di trasformazione digitale 4.0: simulazione di sistema e ottimizzazione del layout di linea produttiva, piattaforme ICT di controllo e previsione di qualità e manutenzione, sino a sistemi a Supporto alle Decisioni (DSS).

EnginSoft is a premier consulting firm in the field of Simulation Based Engineering Science (SBES) with a global presence. It was founded in 1984, but its founder and initial employees had been working in SBES since the mid '70s. Throughout its long history it has been at the forefront of technological innovation and remains a catalyst for change in the way SBES and CAE technologies in general are applied to solve even the most complex industrial problems with a high degree of reliability.

Today, EnginSoft is comprised of groups of highly qualified engineers, with expertise in a variety of engineering simulation technologies including FEM Analysis and CFD, working in synergic companies across the globe. We are present in Italy, France, Germany, the UK, Turkey and the U.S.A. and have a close partnership with synergetic companies located in Greece, Spain, Israel, Portugal, Brazil, Japan and the U.S.A.

EnginSoft works across a broad range of industries that include the automotive, aerospace, defense, energy, civil engineering, consumer goods and biomechanics industries to help them get the most out of existing engineering simulation technologies.



[www.enginsoft.com](http://www.enginsoft.com) | [info@enginsoft.com](mailto:info@enginsoft.com)