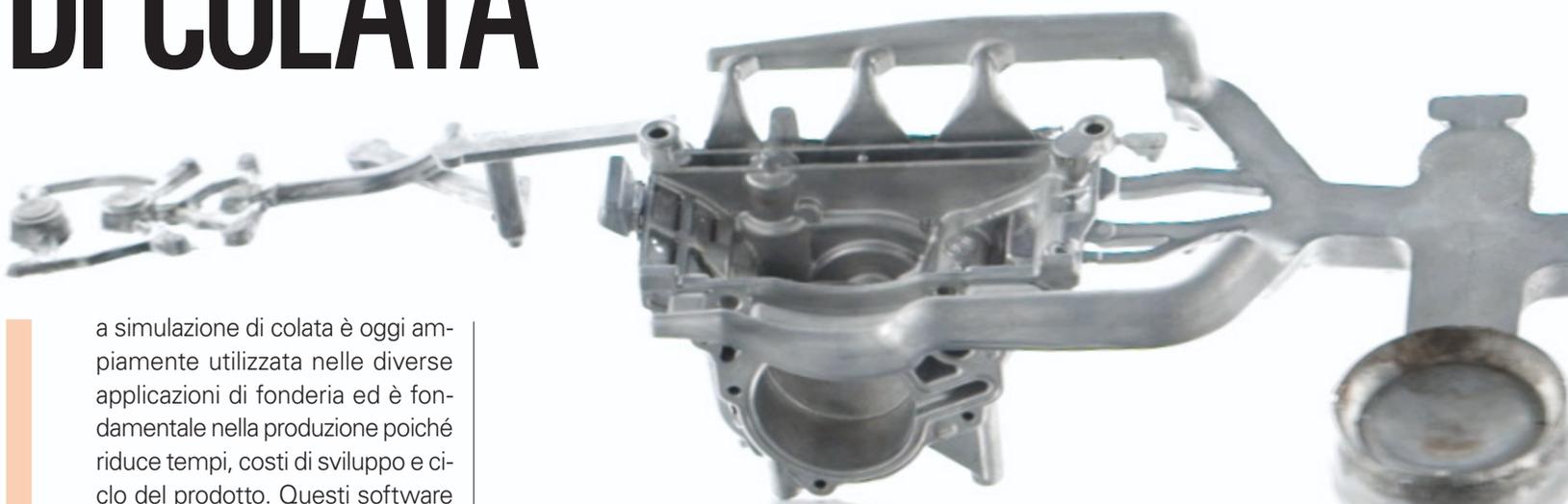


TUTTI I VANTAGGI DELLA SIMULAZIONE DI COLATA

GRAZIE AL SOFTWARE DI SIMULAZIONE DELLA COLATA È POSSIBILE PROGETTARE SENZA CAVITÀ DA RITIRO ED AUMENTARE LE PRESTAZIONI DEI GETTI PRESSOCOLATI



La simulazione di colata è oggi ampiamente utilizzata nelle diverse applicazioni di fonderia ed è fondamentale nella produzione poiché riduce tempi, costi di sviluppo e ciclo del prodotto. Questi software possono essere in grado di fornire la mappa dei difetti nei componenti, le tensioni residue a seguito del processo produttivo, la geometria finale del componente per il controllo dimensionale e le caratteristiche meccaniche come ad esempio il carico di snervamento.

In questi anni sono arrivati sul mercato diversi software di simulazione, apparentemente analoghi, ma con profonde diversità gli uni dagli altri. Il consumatore si trova nella difficile situazione di dovere valutare e scegliere il software più adatto alle proprie esigenze.

• **Il primo** criterio è l'utilizzatore del software che può essere il progettista del pezzo, lo stampista oppure la fonderia.

• **Il secondo** criterio è il tipo di risultati richiesti al software: difetti oppure deformazioni o ancora proprietà meccaniche per quanto riguarda il componente da produrre; termica, deformazioni e vita stampo per quanto riguarda le attrezzature.

• **Il terzo criterio** è l'affidabilità richiesta dei risultati. Per questo punto, il "motore" di calcolo ha un ruolo importante e sono disponibili tre metodi: gli elementi finiti (FEM), le differenze finite (FDM) ed i volumi di controllo (CVM). Attraverso queste tre metodologie si andranno ad analizzare, in base alle capacità dei software, i fenomeni legati al riempimento, solidificazione e raffreddamento del getto e poter quindi identificare difetti e prestazioni del pezzo finale.

• **Il quarto** criterio è la semplicità di utilizzo che viene tecnicamente chiamata User Experience.

Progettista: disegnare il pezzo senza cavità da ritiro

Il progettista del pezzo ha la necessità di sviluppare un pezzo che soddisfi i requisiti in esercizio del componente. In questi anni il progettista si è scontrato con il problema delle cavità da ritiro, tipico dei getti di fon-

deria, causato dal ritiro volumetrico che, per le varie leghe da pressocolata, si attesta attorno al 7% nel passaggio dallo stato liquido allo stato solido. Il progettista del pezzo deve potere sapere in fase di definizione della geometria dove sono le cavità da ritiro e quindi poter modificare la geometria per eliminarle. Il software di simulazione è lo strumento migliore per vedere come è possibile affrontare e risolvere le cavità da ritiro cambiando la geometria del pezzo.

Un dato fondamentale nella definizione di un componente pressocolato è lo spessore. Nella Figura 1 viene mostrato dall'analisi degli spessori come il valore "medio" o "più rappresentativo" del pezzo, che viene comunemente utilizzato in fase di progettazione, sia in realtà un dato insufficiente poiché non esiste un valore univoco; inoltre la sua scelta è spesso basata su criteri arbitrari: attraverso l'analisi dello spessore del pezzo fornito dal simulatore si vede

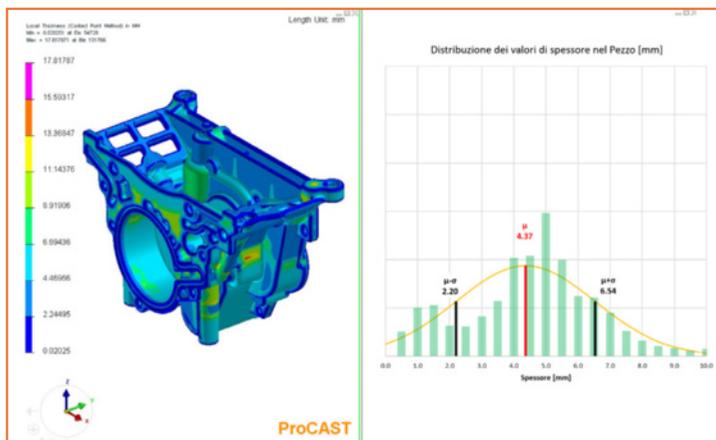


Figura 1 – Mappa e distribuzione degli spessori del pezzo.

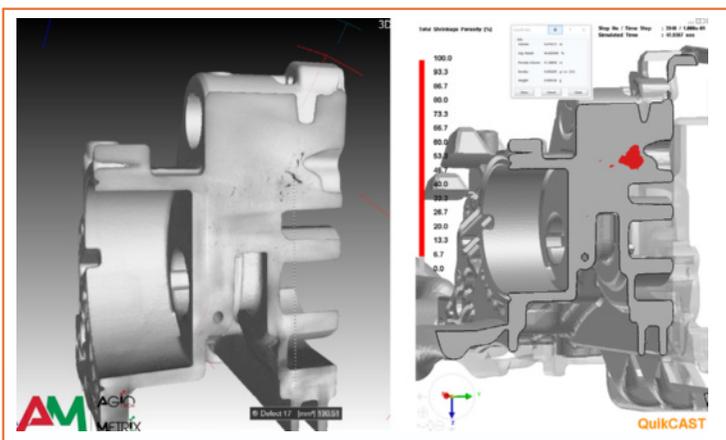


Figura 2 – Confronto tomografia (sinistra) – simulazione di colata (destra) su una sezione del getto: localizzazione e dimensione delle porosità.



come sia necessario procedere con un approccio statistico che tenga conto della vera natura della geometria da analizzare. La simulazione di colata procederà poi nell'identificare le zone critiche, in modo che il progettista possa fornire un componente ottimizzato nei confronti del processo di pressocolata.

Stampista e fonderia: creare l'attrezzatura migliore per un getto che raggiunga gli obiettivi richiesti

Lo stampista e la fonderia devono progettare lo stampo e produrre getti conformi alle specifiche del capitolato di fornitura. È essenziale che la fonderia riceva veloce-

mente dal software di simulazione le informazioni base: porosità da gas, giunzioni e porosità da ritiro.

Come valutare l'affidabilità dei risultati? La tomografia è oggi il migliore strumento disponibile per i controlli non distruttivi di ricerca di difetti interni del getto. Attraverso l'analisi tomografica vengono intercettate tutte le cavità del pezzo ed è possibile quantificarne volume e posizione. In Figura 2 viene mostrato il parallelo fra una sezione di una scansione tomografica ed una sezione di simulazione; la tomografia mostra sia le porosità da ritiro che le porosità da gas in quanto all'analisi risultano come mancanze di materiale mentre la simulazione ha la capacità di distinguerne l'origi-

ne (gas o ritiro) e quindi le può classificare in maniera migliore e più utile al fine della risoluzione dei problemi. La quantità, la posizione e la sezione degli attacchi di colata sul pezzo sono infatti fra le variabili più importanti nella definizione dello stampo.

La mappa di porosità da gas dipende dall'aria inglobata dalla lega durante il riempimento. L'aria contenuta nello stampo è pari al volume d'aria nel contenitore al netto della chiusura della bocca di carico. È quindi necessario, per una corretta valutazione dell'aria intrappolata, simulare integralmente il ciclo di iniezione del getto a partire dal versamento lega ed iniezione da parte del pistone. L'ultima importante innovazione nel campo della simulazione per i

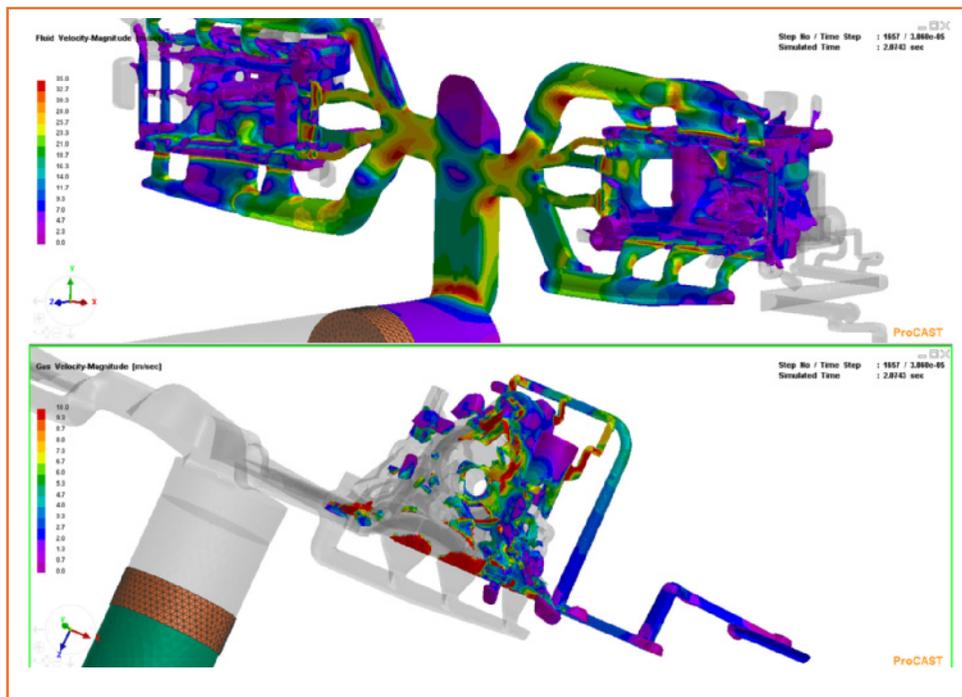


Figura 3 – Velocità dell'alluminio (sopra) e dell'aria (sotto) in cavità con la tecnologia VOF.

processi di fonderia è stata l'introduzione nel motore di calcolo fluidodinamico della metodologia VOF (Volume of Fluid) una tecnologia nata nei software CFD di pura fluidodinamica ed applicabile oggi anche ai processi fusori, dove il metallo può anche solidificare durante il riempimento e l'aria rappresenta un ulteriore fluido, oltre alla lega liquida, all'interno dello stampo. La Figura 3 mostra, nel medesimo istante di tempo, la mappa di velocità dell'alluminio e la mappa di velocità dell'aria in cavità e quindi come la loro interazione darà origine alle porosità da gas.

User experience: workflow ed integrazione software-prensa

Attraverso workflow dedicati e personalizzabili è possibile in poco tempo impostare la simulazione del proprio processo produttivo, come mostrato in Figura 4. Nei workflow dedicati al processo di pressocolata è possibile selezionare, in aggiunta ai parametri convenzionali di lega, temperatura e velocità, anche la prensa utilizzata in produzione. Questa funzionalità permette all'utente di definire sulla carta il punto

di lavoro e la zona operativa per qualsiasi macchina utilizzando il grafico pressione - portata. Questo calcolo "a tavolino" è verificato direttamente durante il calcolo per ottenere il controllo virtuale della velocità del pistone in tempo reale. Il calcolo sul diagramma pressione-portata si fonda infatti sull'ipotesi di un dato valore assegnato per il coefficiente di scarico del sistema di iniezione; questo numero non è una costante ma varia istante dopo istante durante tutto il riempimento della cavità. A seconda della "perdita di carico" la prensa reagisce mantenendo o riducendo la velocità impostata, come mostrato in Figura 5. Poiché in fonderia la prensa è uno degli elementi chiave del processo, rinunciare alla sua corretta descrizione virtuale significava perdere informazioni importanti e quindi introdurre considerevoli margini di errore tra realtà e simulazione. In questa analisi si vanno a considerare due variabili che prima erano del tutto trascurate, nonostante influenzino il processo e la buona riuscita della realizzazione di un getto: la potenza della prensa, cioè la pressione di colata, e la forza di iniezione.



Figura 4 – Workflow dedicato all'impostazione di una simulazione di pressocolata.

Richieste OEM: valutare il dimensionale sul modello virtuale

Risolto il problema delle difettosità, gli operatori hanno spostato l'attenzione sull'aspetto dimensionale, che prima era lasciato in secondo piano. Preso atto del fatto che la simulazione numerica fornisce un risultato attendibile e consente di correggere le difettosità della colata prima di iniziare il processo, è possibile valutare in modo altrettanto affidabile il comportamento del pezzo durante la solidificazione per capire ritiri e contrazioni? Alla base di tutto questo ragionamento è fondamentale che ci sia la consapevolezza da parte degli utenti che il software fornisca una simulazione molto affidabile del processo così come avviene nella realtà. Questa verifica è il primo passo: applicando le metodologie e gli strumenti dimensionali, scanner, tastatori e tomografi, si può comprovare l'affidabilità delle simulazioni. Alla base dell'affidabilità del software vi è il modello di calcolo, basato sul metodo degli elementi finiti, che consente di gestire geometrie complesse con relativa

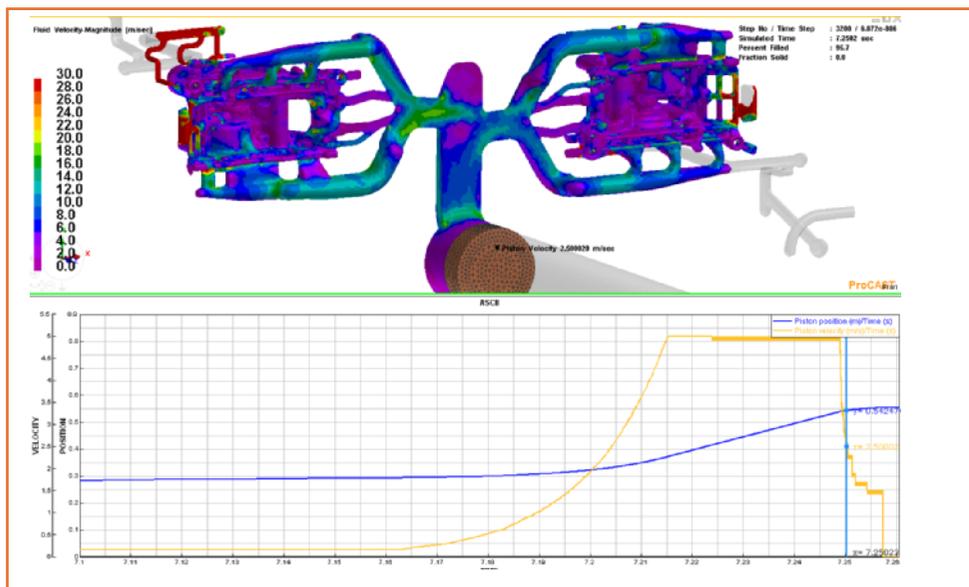


Figura 5 – Integrazione Pressa – Simulatore di colata; la pressa riduce la velocità del pistone a causa di una pressione richiesta superiore a quella disponibile.

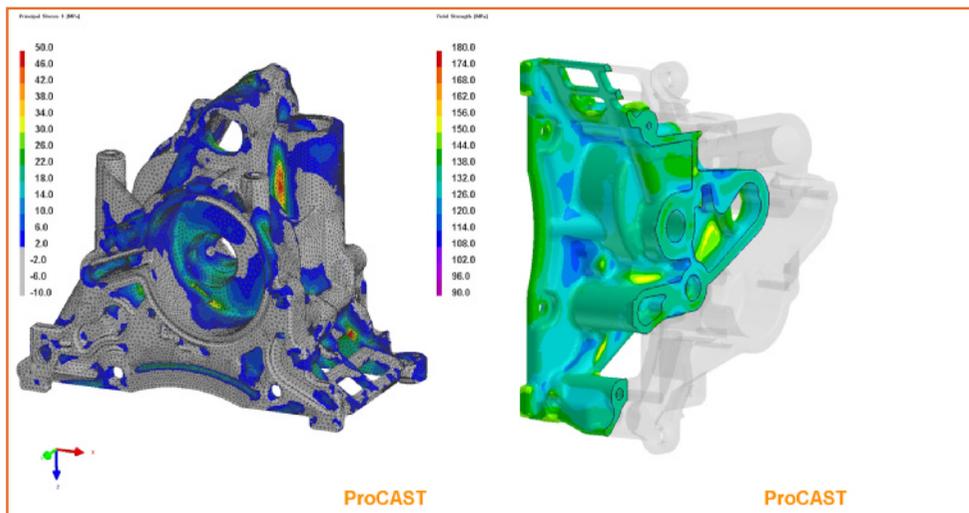


Figura 6 – Confronto dimensionale fra getto virtuale deformato e disegno nominale.

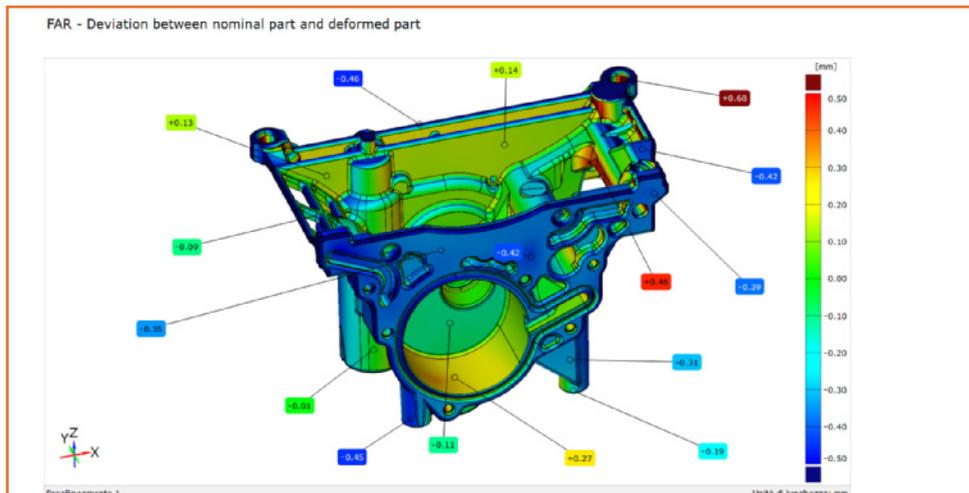


Figura 7 – Tensioni residue (sinistra) e proprietà meccaniche (destra) nel pezzo.

semplicità e descrive il comportamento dei materiali attraverso modelli elastoplastici. Questo consente alle simulazioni di riprodurre quanto avviene nella realtà. Altri software, basati su motori di calcolo diversi, come ad esempio le differenze finite, non sono in grado di predire in maniera corretta il dimensionale con il calcolo del solutore stress. Il risultato virtuale verrà quindi confrontato direttamente con il modello nominale CAD per verificare il rispetto delle tolleranze, come mostrato in Figura 6.

Richieste OEM: verificare le proprietà meccaniche e le tensioni residue

Il rispetto del capitolato passa infine dalla verifica delle proprietà meccaniche che il pezzo deve garantire. La simulazione di colata, grazie all'analisi del processo di solidificazione, raffreddamento ed eventuale trattamento termico, fornisce ad esempio il valore del carico di snervamento come mostrato in Figura 7. Questa distribuzione di proprietà meccaniche è strategica per il mondo della progettazione poiché consente di approcciarsi al design del componente con maggiore consapevolezza e precisione. Insieme alle proprietà meccaniche, un componente pressocolato porta con sé delle tensioni residue che sono il risultato del ciclo produttivo. Differenti termoregolazioni, raffreddamenti in acqua piuttosto che in aria, sistema di colata sono solo alcune delle variabili che impattano sulle tensioni residue del componente prima della sua effettiva messa in esercizio. Non considerare la presenza di tensioni residue nel pezzo può portare alla prematura rottura in esercizio del pezzo. Le tensioni residue hanno una distribuzione eterogenea, come ad esempio mostrato in Figura 7. L'unione delle informazioni relative alle proprietà meccaniche e alle tensioni residue diventa il valore aggiunto della simulazione di colata nei confronti del mondo della progettazione; fonderia e stampisti possono avere la certezza di fornire all'utilizzatore finale dei componenti che rispettano il capitolato di fornitura.

© RIPRODUZIONE RISERVATA