

L'impiego di software dedicato all'analisi e alla convalida dei requisiti prestazionali del getto in funzione dei difetti di colata

a cura di: X. Yang, R. S. Rawal, F. Biglietti

A seguito degli ultimi sviluppi tecnologici, la simulazione numerica e le tecnologie digitali stanno portando sempre maggiori vantaggi per i getti ottenuti per fusione, sia per il disegno delle colate e del sistema di alimentazione, che per la simulazione di flusso, termica, di stress e di microstruttura; questo porta benefici permettendo una migliore qualità dei getti e una riduzione dei costi.

L'impiego dell'Alluminio e le sue leghe si dimostra sempre più essere una valida alternativa a ghisa e acciaio, e nel settore automotive la produzione di getti per pressocolata è ampiamente diffuso. In questi anni, oltre alle applicazioni principali relative ai getti per basamenti e testate dei propulsori si sta avendo un progressivo aumento per le applicazioni riguardanti telaio, carrozzerie e componenti strutturali in genere.

Come risaputo ogni tipologia di metallo e/o lega metallica presenta i propri vantaggi e svantaggi e il fattore decisivo per un determinato impiego è la risposta che esso dà in termini di soddisfazione dei requisiti di progetto.

Riferendosi alla produzione di getti fusi, tipicamente, le disomogeneità nel metallo fuso dovute a porosità o inclusioni non sono considerate direttamente nella progettazione della parte, e vengono utilizzati fattori di sicurezza che spesso risultano essere critici, oltre ad influenzare la determinazione della massa del getto.

Un corretto approccio ingegneristico nella progettazione e nello sviluppo deve consistere nel considerare gli effetti delle diverse difettosità sulle prestazioni di servizio dei componenti fusi, tenendo ben presente che in funzione delle dimensioni e peso del getto, la conoscenza della posizione, della quantità e dell'effetto di esse sulla resistenza e sul comportamento alla fatica risulta essere più critica che mai.

Una soluzione software che permette di tener conto delle difettosità del materiale valutando le reali capacità prestazionali del getto oggi è di grande importanza per i progettisti. C3P Engineering Software mette oggi a disposizione il Cast Designer Performance come strumento avanzato di simulazione sviluppato appositamente per questo tipo di studio.

INTRODUZIONE

Il più alto volume di componenti utilizzato dalle case automobilistiche sono le parti in alluminio pressofuso. L'uso di questa tecnica si è ampliata negli anni anche alla produzione dei blocchi motore, includendo principalmente parti come testate dei cilindri, telaio e componenti del gruppo propulsore.

I requisiti molto elevati richiesti per le parti impiegate nel settore automotive, come durata della superficie, resistenza del materiale, ecc., vedono infatti l'impiego della lega di alluminio pressofuso preferita alla produzione in ghisa, grazie alle proprietà e caratteristiche metalliche che essa assume. La bassa densità dell'alluminio, ad esempio, conferisce una maggiore mobilità rispetto alla ghisa, fattore molto utile in spazi più piccoli. L'alluminio non arruggi-

**Xiaojun YANG,
Rajeshwari Sanjay Rawal,
Francesco Biglietti**

Dipartimento Ricerca e Sviluppo, C3P Engineering Software
International

yxj@c3p-group.com

raj@c3p-group.com

fbiglietti@c3p-group.com

nisce, per cui l'uso di una sua lega resiste alla corrosione in maniera molto più efficace, costituendo notevole vantaggio per l'impiego delle parti in ambienti difficili. Inoltre, l'alluminio è più facilmente riciclabile, rispetto alla ghisa. L'alluminio ha anche un'elevata conduttività termica ed elettrica che gli consente di raffreddarsi rapidamente dopo la sollecitazione termica a cui è sottoposto.

Getti di alluminio vengono utilizzati comunque anche in diverse tipologie di parti, con varie applicazioni, come ad esempio componenti ingegnerizzati strutturali.

Per contro, uno dei principali inconvenienti dell'alluminio è che esso non è resistente come la ghisa ma comunque bisogna sempre tener presente che l'impiego di un metallo e delle sue leghe rispetto ad un altro, in un determinato impiego, presenterà sempre vantaggi e svantaggi il cui fattore decisivo per la scelta è sempre legato al comportamento e alle prestazioni di esso, in risposta alle condizioni di esercizio a cui è sottoposto.

METODOLOGIA

Tipicamente, le disomogeneità nel metallo fuso dovute a porosità o inclusioni non sono considerate direttamente nella progettazione della parte. Per sopperire ad eventuali deficienze di resistenza della parte sottoposta a lavoro, vengono utilizzati dei fattori di sicurezza che spesso portano ad avere progetti non ottimizzati per quantità di materiale impiegato. Il giusto approccio ingegneristico nella progettazione e nello sviluppo consiste nel considerare gli effetti della porosità sulle prestazioni di servizio dei componenti ottenuti per fusione. Man mano che i getti di ferro o acciaio diventano più leggeri e con sezioni più sottili, la conoscenza della posizione, della quantità e dell'effetto della porosità sulla resistenza e sul comportamento alla fatica è più critica che mai.

Nel caso dei getti, viene fatto ogni sforzo per produrre una parte solida e priva di porosità. Tuttavia, la porosità può ancora essere presente in una zona che non è critica o che non può essere eliminata senza costi irragionevoli, rendendo la parte tecnicamente complicata da colare. La microporosità può non comportare una perdita rilevabile di rigidità, una concentrazione di sollecitazione localizzata o una ridistribuzione delle sollecitazioni, ma può influire notevolmente sulla duttilità e sulla resistenza alla fatica. Quando questa informazione viene combinata con la modellazione del processo di colata che prevede la posizione, la quantità e le caratteristiche dimensionali della micro e macro-porosità, ne emerge un processo di progettazione integrato

che consente ai progettisti di simulare i possibili effetti del processo di produzione del getto sulle prestazioni della parte nelle condizioni di esercizio reali. Ne consegue che tale processo di progettazione guiderà e migliorerà anche i criteri di verifica e controllo della parte stessa.

Quando si utilizza come materiale di fusione non più la ghisa ma l'alluminio e si passa da un processo di colata per gravità alla pressofusione ad alta pressione, anche la porosità da gas e gli stress residui assumono maggiore importanza se si vuole tener conto dei difetti sulle prestazioni della parte finale. In questo caso i seguenti difetti di fabbricazione devono essere quindi considerati:

- 1) Porosità da ritiro del processo di colata
- 2) Porosità da gas del processo di colata, in particolare per la pressofusione ad alta pressione
- 3) Sollecitazione residua del processo di colata

In Cast-Designer è stato sviluppato un nuovo modulo strutturale chiamato Cast-Designer Performance (CDPE) per eseguire l'analisi delle prestazioni dei getti.

CDPE è un solutore FEM per modelli 3D sottoposti a carichi meccanici e termici. Un framework implicito viene impiegato per risolvere le equazioni globali non lineari dell'equilibrio ai nodi con un approccio incrementale-iterativo.

MODELLAZIONE E ANALISI

Flusso di lavoro CDPE

CDPE è un motore di analisi basato sulla tecnologia degli elementi finiti e completamente integrato nell'ambiente utente Cast-Designer. I file di input CDPE hanno una struttura straordinariamente semplice e di facile comprensione e sono direttamente generati dai modelli mesh prodotti da Cast-Designer o altri generatori di mesh.

Un flusso di lavoro semplificato prevede queste attività:

- 1) Generazione della mesh
- 2) Definizione dei dati del materiale, delle proprietà del modello, dei carichi/temperature ai nodi, dei carichi degli elementi (stress residui), delle condizioni al contorno, degli spostamenti e di altri parametri di controllo.
- 3) Esecuzione del solutore CDPE.
- 4) Controllo del risultato della simulazione per mezzo del post-processor.

Sollecitazione residua nel processo di colata

La colata è un processo in cui si manifestano sollecitazioni di ordine inferiore rispetto ad un processo di stampaggio, forgiatura e saldatura, ma a volte anche la sollecitazione

residua gioca un ruolo importante. Il solutore CDPE può accettare la deformazione residua e la sollecitazione come pre-deformazione e pre-tensione, quindi può importare direttamente il risultato della simulazione Cast-Designer standard. È possibile la selezione di uno fra gli step di calcolo per estrarne il risultato dello stress a cui può anche essere applicato un fattore per determinare eventuali condizioni speciali. Inoltre, la temperatura non uniforme della parte fusa può essere mappata direttamente anche sul modello CDPE.

Porosità nel processo di colata

Il risultato della porosità da gas (aria intrappolata) presente nel getto può avere una grossa influenza sulla tensione di trazione finale e sull'allungamento, e costituisce un fattore chiave per la determinazione delle effettive prestazioni finali del pezzo. Da parte delle industrie è sempre più ampia la richiesta di considerare l'effetto dell'accoppiamento dei difetti di porosità da gas e da ritiro nell'analisi delle prestazioni finali di una parte ottenuta per fusione.

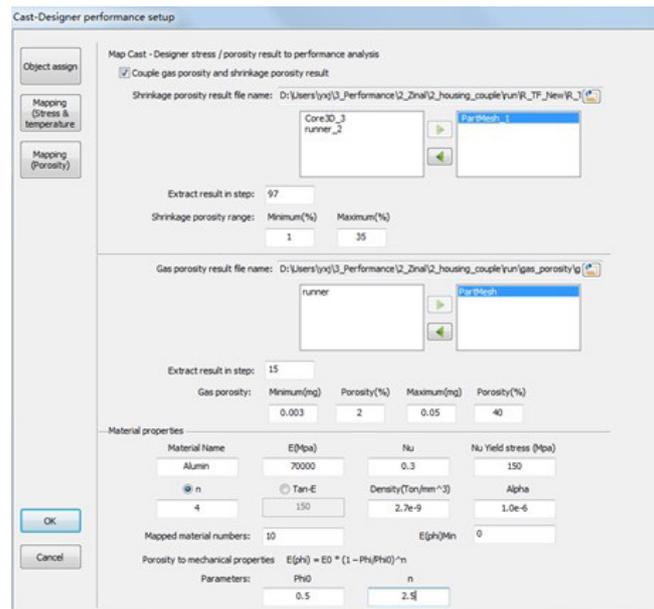


Fig. 1 - Interfaccia software CDPE per accoppiare porosità da ritiro e porosità da gas di Cast-Designer.

Il flusso di lavoro dell'accoppiamento di porosità comprende i seguenti passaggi:

- 1) Attivare l'opzione 'includi il risultato porosità da gas e il risultato porosità da ritiro.
- 2) Selezione del file Cast-Designer che include il risultato della porosità da gas e da ritiro.
- 3) Definizione dell'oggetto nel modello di simulazione originale e nel modello CDPE; il nome della parte deve essere lo stesso. Poiché si studiano soltanto le proprietà della parte finale del getto, il sistema di gating, l'overflow e altri componenti inutilizzati possono essere separati da altri oggetti nella simulazione iniziale di Cast-Designer. Inoltre, poiché si utilizza la tecnologia di mappatura, gli elementi mesh del modello di simulazione del flusso termico e quelli del CDPE possono essere diversi, ma il sistema di coordinate deve essere lo stesso.
- 4) Definire lo step nel quale rilevare il risultato della porosità. Quello predefinito è l'ultimo step della simulazione iniziale.

- 5) Definire il valore minimo e massimo della porosità da ritiro. Se il risultato della porosità da ritiro è inferiore alla porosità da ritiro minima, verrà impostato a zero; se invece il valore è maggiore della porosità da ritiro massima definita, verrà impostato al valore massimo. Questo può rendere una simulazione CDPE più robusta.

Per la porosità da gas, il processo operativo è simile, ma bisogna convertire la dimensione della porosità da gas allo stesso livello standard della porosità da ritiro. Quindi considerare la presenza di entrambe le porosità. Per l'elemento con diverso livello di porosità (comprendendo sia la porosità da ritiro che la porosità da gas), in CDPE vengono assegnate diverse proprietà del materiale. Per quanto riguarda il principale parametro che tiene conto della presenza di porosità per valutare le proprietà del materiale è il modulo di Young. La seguente formula viene utilizzata in CDPE

$$E(\varphi) = E_0 * \left(1 - \frac{\varphi}{\varphi_0}\right)^n \quad (1)$$

Dove E_0 è il modulo di Young originale, φ è la porosità, φ_0 e n sono i parametri del materiale. È stato validato che, per acciaio e alluminio, φ_0 può essere impostato su un valore pari a 0,5 mentre n può essere impostato su un valore pari a 2,5. L'utente può definire i numeri di materiale corrispondenti a porosità di diverso livello, ad esempio 10 materiali. A seconda della distribuzione della porosità del modello, si suggerisce di usare da 10 a 20 materiali.

Risultati e discussione

A titolo di esempio e di discussione del tema in esame viene riportato di seguito uno studio affrontato nel settore automobilistico che riguarda un impianto frenante, e, nello specifico, il telaio di montaggio superiore del freno. Essendo quest'ultimo uno dei componenti chiave del sistema frenante, richiede un'alta qualità di fusione per assicurare prestazioni elevate. La figura 2 riporta il modello CAD 3D di un

telaio a montaggio superiore del sistema frenante automobilistico, originariamente progettato e prodotto mediante un processo di colata a gravità il cui materiale è ghisa. Tale materiale e processo esiste da molti anni ed è ampiamente utilizzato nell'industria automotive.

La Figura 2 (b) riporta il processo di test delle prestazioni. Un punzone si abbassa con una determinata forza per un dato tempo e se la parte non presenta conseguente rottura, allora soddisfa i requisiti di prestazione. Per questa parte, la forza minima richiesta è di 36KN, ma considerata la fatica della parte nell'impiego automobilistico, viene sempre utilizzato un fattore di sicurezza da 1,5 a 2. Per ridurre il peso della parte e migliorare la velocità di produzione, si suggerisce l'alluminio come materiale da impiegare e di passare dal processo di colata in sabbia a quello di pressofusione ad alta pressione. Si devono mantenere gli stessi requisiti di prestazione.

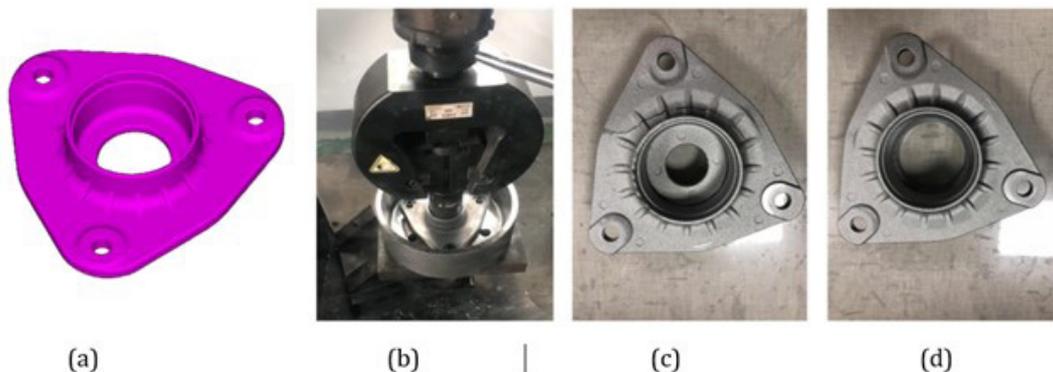


Fig.1 - Modello CAD 3D (a) telaio di montaggio superiore (b) processo di test delle prestazioni (c) e (d) frattura della parte in alluminio dopo il test delle prestazioni.

Tuttavia, nella reale condizione industriale, tale cambiamento non risulta così semplice. Dopo aver cambiato il materiale e il processo di colata si è sottoposto il pezzo ottenuto al test di qualità, riscontrando una riduzione del rapporto di resa dal 99% (ghisa) al 70% (alluminio), risultato ovviamente non accettabile. La Figura 2 (c) e (d) mostra il danneggiamento della parte e la frattura nella parte in alluminio. Il problema si è dimostrato essere abbastanza stabile e si è così proceduto ad affrontare la causa del problema e trovare una soluzione.

Modello di simulazione numerica del test di prestazione

Come risaputo vengono da anni utilizzati software di simulazione numerica per il test delle prestazioni i cui risultati però non tengono conto della presenza dei difetti di colata che, come discusso in precedenza, svolgono invece un ruolo importante per la determinazione del reale comportamento della parte soggetta a sollecitazioni.

In questo documento, il CDPE è stato utilizzato per la simulazione della performance.

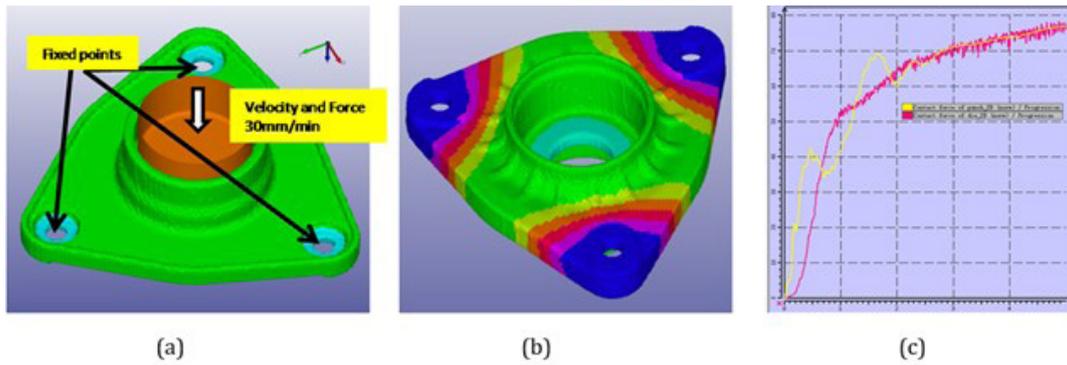


Fig.3 - Simulazione CDPE (a) modello (b) spostamento (c) forza di contatto.

In Figura 3 viene mostrato in (a) la condizione al contorno del modello di simulazione CDPE; in (b) il risultato della simulazione rappresentante lo spostamento e in (c) il risultato della simulazione rappresentante la forza di contatto.

tato della simulazione rappresentante la forza di contatto. I parametri di simulazione di base del modello sono quelli di seguito.

Tab.1 - Parametri del modello nella Simulazione.

Settaggi Modello CDPE	
Tipo di Analisi	Resistenza a rottura
Solver	Cast-Designer Performance (CDPE)
Tipo di Solver	Implicito
Tipo di Elementi	Esaedri
Materiale	Gisa o Alluminio

Processo di colata per gravità e simulazione

Per tener conto dei difetti del processo di colata, vi è bisogno di informazioni dettagliate sul processo stesso, la simulazione numerica è anche il modo migliore per farlo. A tal scopo viene utilizzato il software di simulazione Cast-Designer. Il processo di fabbricazione di origine è relativo a colata di ghisa in sabbia con materiale di colata GGG40. La temperatura di colata è di 1370 gradi ed il tempo di riempimento inferiore a 30 sec. Come da esperienza pratica non è necessario aggiungere materozze a questa parte. Il sistema di colata è progettato con l'ausilio del Cad 3D incluso in Cast-Designer. La Figura 4 mostra il processo di colata in dettaglio per la parte in ghisa include sia il riempimento che la solidificazione: (a)-(d) riporta il processo

di riempimento; (e)-(f) riporta i punti caldi del processo di solidificazione. Il contorno di varie colorazioni da (a) a (d) indica il range di temperatura.

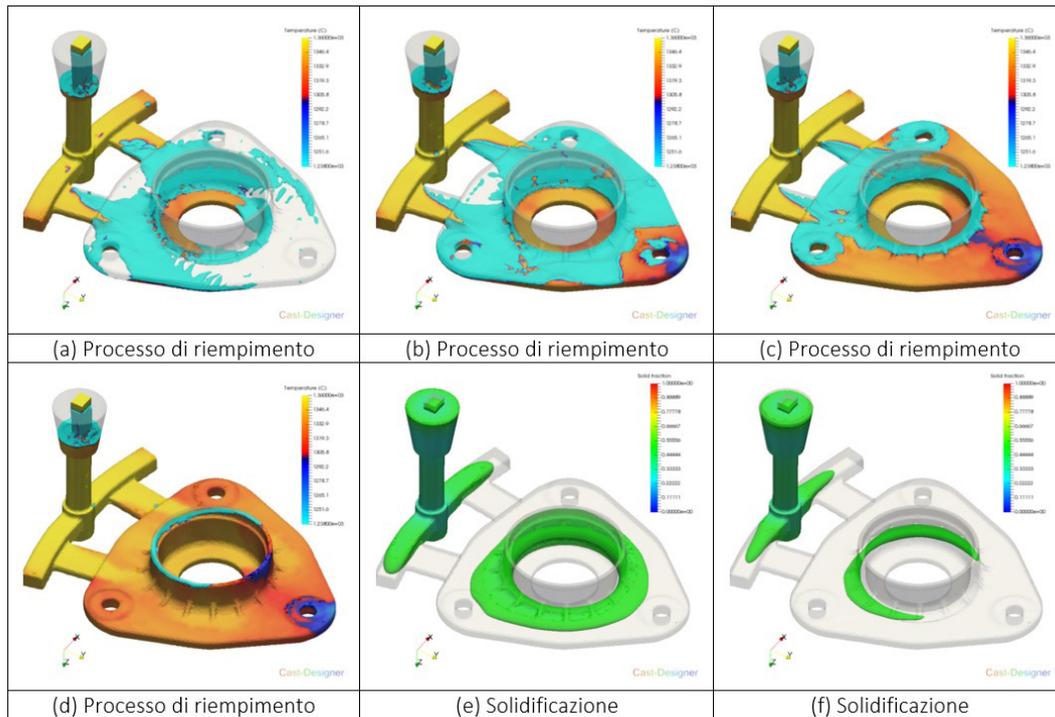


Fig.4 - Risultato della simulazione del processo di colata a gravità (a-d: processo di riempimento e e-f: processo di solidificazione).

È chiaro che il processo di riempimento risulta abbastanza stabile, senza alcun rischio di grandi turbolenze e intrappolamento di gas, inoltre la distribuzione della temperatura è ragionevole per cui la porosità del gas del processo di riempimento risulta piuttosto limitata. Il risultato della solidificazione mostra che l'ultima regione solida si trova nella parte centrale del getto prossima all'anello, per cui in tale regione possono esistere porosità da ritiro o microporosità. Considerando l'espansione del materiale GGG durante la solidificazione, anche la porosità da ritiro finale è molto ridotta. Le foto a raggi X hanno confermato questo risultato della simulazione. Eseguendo poi anche la simulazione dello stress di tale processo si riscontra che lo stress residuo risulta molto piccolo nella parte finale. Verrà poi utilizzato il risultato della simulazione di cui sopra per la simulazione delle prestazioni della parte nella fase successiva.

Processo e simulazione di pressofusione ad alta pressione

Per migliorare la velocità di produzione e la manutenzione, per ottenere uno standard di qualità più consistente e una buona qualità della superficie, il nuovo processo

di produzione introdotto, come citato e proposto all'inizio, è la pressofusione ad alta pressione (HPDC), con uno stampo a due impronte. La figura 5 mostra i dettagli del processo di riempimento. Anche in questo caso il sistema di colata è stato progettato con il sistema Cad 3d integrato in Cast-Designer. Dalla simulazione ne risulta in generale che il sistema di iniezione è abbastanza efficace, il processo di riempimento è equilibrato e il sistema di overflow valido. Si è riscontrato altresì un problema all'attacco di colata che viene riempito alla fine dal metallo liquido, e questo può comportare in tale regione il rischio di intrappolamento di gas.

Dopo la simulazione, utilizzando gli strumenti dedicati all'analisi di intrappolamento dei gas, possiamo avere la distribuzione finale della porosità del gas e della porosità da ritiro a seguito della solidificazione. La Figura 5 mostra entrambi i risultati di porosità. Dal risultato della porosità del gas, abbiamo scoperto che la massa di gas bloccata vicino all'attacco di colata risulta maggiore che in altre regioni, quindi costituisce un rischio per la formazione e la crescita di fratture. La porosità da ritiro è risultata essere abbastanza simile al processo di colata a gravità. Ciò dipende principalmente dalla forma geometrica della parte

fusa. Anche in questo caso viene eseguita la simulazione per l'identificazione degli stress relativi a tale processo di pressofusione ad alta pressione e anche lo stress residuo

rilevato risulta essere piccolo nella parte finale. Il risultato di questa simulazione verrà usato nella fase successiva per la simulazione delle prestazioni del getto.

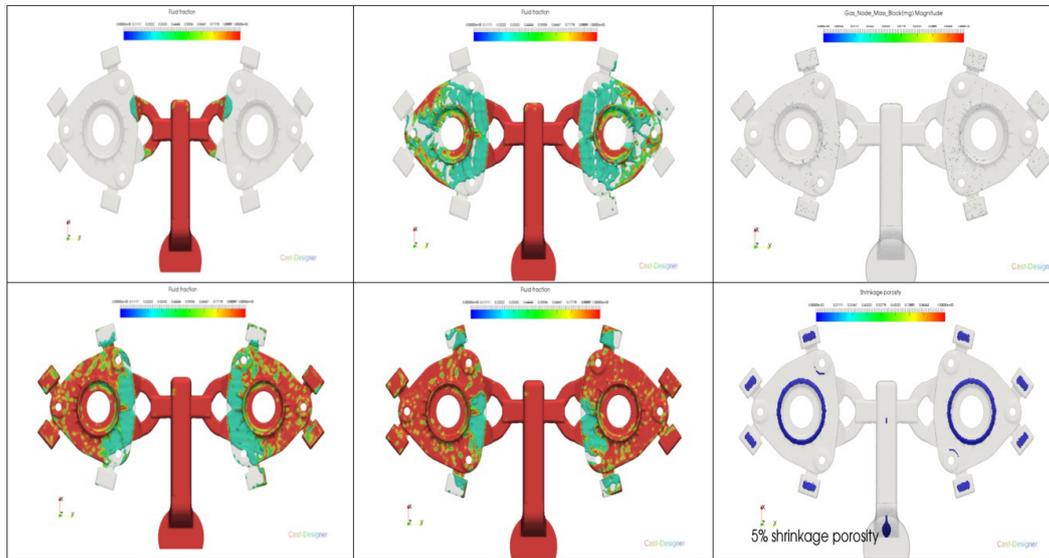


Fig.5 - Simulazione del processo HPDC (processo di riempimento) e difetti (porosità da gas e da ritiro).

Simulazione CDPE: influenza dei difetti di colata

Con i risultati della simulazione relativi ai due processi di produzione visti, possiamo iniziare ora la simulazione delle prestazioni della parte per mezzo di Cast-Designer Performance (CDPE).

Cast-Designer Performance (CDPE), completamente integrato nell'ambiente utente Cast-Designer, è un software di progettazione basato su modelli che usa un'interfaccia intuitiva. L'utente deve solo seguire le linee guida del processo passo dopo passo, quindi completare l'impostazione del modello. È molto potente e flessibile e di facile utilizzo. Osserviamo che a differenza dei tradizionali software FEM che in generale richiedono tempi lunghi di

apprendimento, con CDPE bastano invece poche ore. L'utente può utilizzare in CDPE lo stesso modello mesh utilizzato per la simulazione di colata; il tempo necessario per creare lamesh è molto ridotto e il processo avviene in maniera completamente automatica. L'analisi dei risultati di CDPE è come qualsiasi altro software di analisi strutturale e viene effettuata all'interno dello stesso post-processor di Cast-Designer. Inoltre, CDPE supporta modelli di grandi dimensioni e la sua capacità di calcolo in parallelo consente di ridurre notevolmente i tempi di elaborazione.

Tab.2 - I dati dei materiali della simulazione.

Materiale	Modulo di Young (MPa)	Tensione di Snervamento (MPa)	Tensione di Rottura (MPa)	Calcolo con Stress Residui	Calcolo con Risultati Porosità
A-GGG40	193000	300	420	Si	Si
B-Alsi10MnMg	73000	200	270	No	No
C-Alsi10MnMg	73000	200	270	Si	Si

La Figura 6 mostra il risultato della simulazione di CDPE, in cui la forza del punzone di prova ricordiamo essere di 36KN (come Figura 2). In figura 6 A ed A' sono relativi alla parte in ghisa ricavata dalla colata in sabbia, mentre B e B', C e C' sono relativi alla parte in alluminio realizzata mediante pressofusione ad alta pressione. In particolare, B e B' non includono i difetti di colata mentre C e C' considerano lo stress residuo e l'effetto della porosità. Il Damage

Crack Criteria (DCC) può essere utilizzato per valutare la sicurezza della parte fusa in differenza di forza applicata. Il DCC è stato calcolato con la formula riportata di seguito. Come sappiamo, la massima sollecitazione di taglio in un punto del materiale sarà uguale alla metà della differenza tra la massima e minima sollecitazione principale, per cui si scrive la seguente equazione.

$$\tau_{Max} = (1/2) \times (\sigma_1 - \sigma_3) \tag{2}$$

Si determina il valore dello sforzo di taglio corrispondente al limite di snervamento del materiale. In caso di tensione semplice, lo stress sarà presente solo in una direzione e quindi al limite elastico le sollecitazioni principali saranno $\sigma_t, 0$ e 0 .

Valore dello sforzo di taglio corrispondente al limite di snervamento del materiale = $(1/2) \times \sigma_t$
Scriviamo di seguito la condizione limite di crisi

$$(1/2) \times (\sigma_1 - \sigma_3) > (1/2) \times \sigma_t \tag{3}$$

$$(\sigma_1 - \sigma_3) > \sigma_t$$

Se impostiamo lo snervamento del materiale come σ_y , avremo la seguente formula

$$K = (\sigma_1 - \sigma_3) / \sigma_y \tag{4}$$

Nella formula,

- se $K \geq 1$, allora si verificherà la crisi
- se $K < 1$, il materiale sarà sicuro.

Si può considerare anche il fattore di sicurezza, ad esempio pari al 30%, quindi se il valore è maggiore di 0,7, allora

dobbiamo considerare il rischio di frattura. Nelle immagini seguenti, il contorno è la K ottenuta come discusso sopra. Questo si può definire come DCC (Damage Crack Criteria).

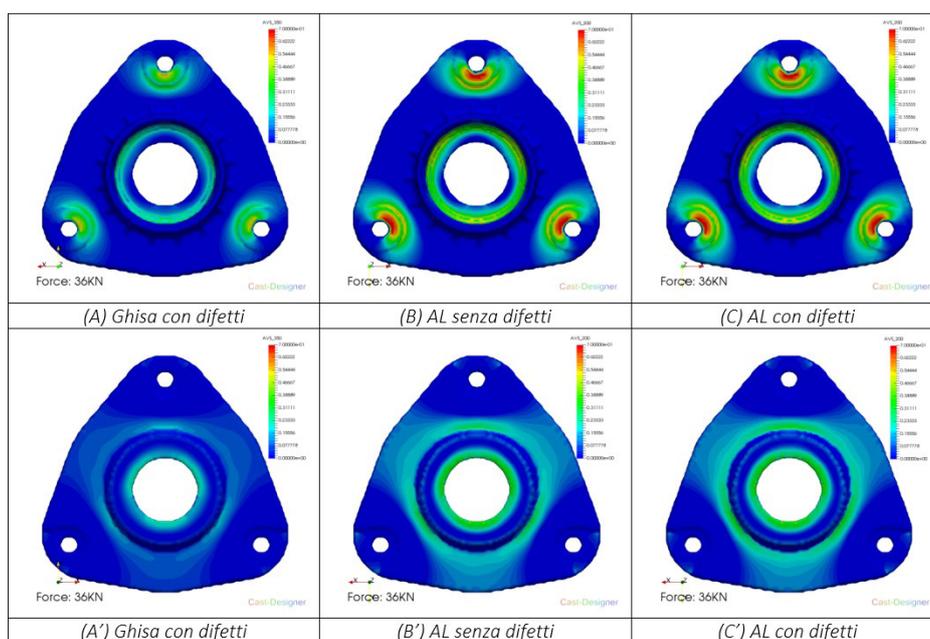


Fig.6 - Risultato della simulazione CDPE del telaio di montaggio superiore (forza applicata 36KN).

Per i test delle prestazioni, con una forza applicata di 36 KN, anche se impostiamo il 30% come fattore di sicurezza, tutti e tre i casi A, B e C sono abbastanza sicuri. Osserviamo però che la forza di resistenza del caso B è più debole di quella di A mentre nel caso C risulta essere più debole di quella del caso B. Dal caso B/B' e dal caso C/C', possiamo scoprire che i difetti produzione del getto giocano un ruolo importante nelle prestazioni della parte finale. Nelle condizioni di lavoro reali, sono sempre presenti fenomeni di fatica e di sovraccarico, quindi dobbiamo anche aumentare la forza di test per la verifica delle prestazioni. Per questa parte, viene sempre applicato il doppio della

forza di progetto secondo l'esperienza industriale, per cui usiamo un carico di 70KN per verificare le prestazioni. La figura 7 mostra il risultato della simulazione di una forza applicata di 70 KN, tutte le altre condizioni e i criteri di analisi restano gli stessi di cui sopra. In queste condizioni, la parte in ghisa è risultata ancora sufficientemente sicura ma la parte in alluminio subisce già un danneggiamento (la regione rossa in B, B', C e C'), soprattutto per il caso C. La regione danneggiata risulta intorno all'anello interno (B e C) e attorno all'anello esterno (B' e C').

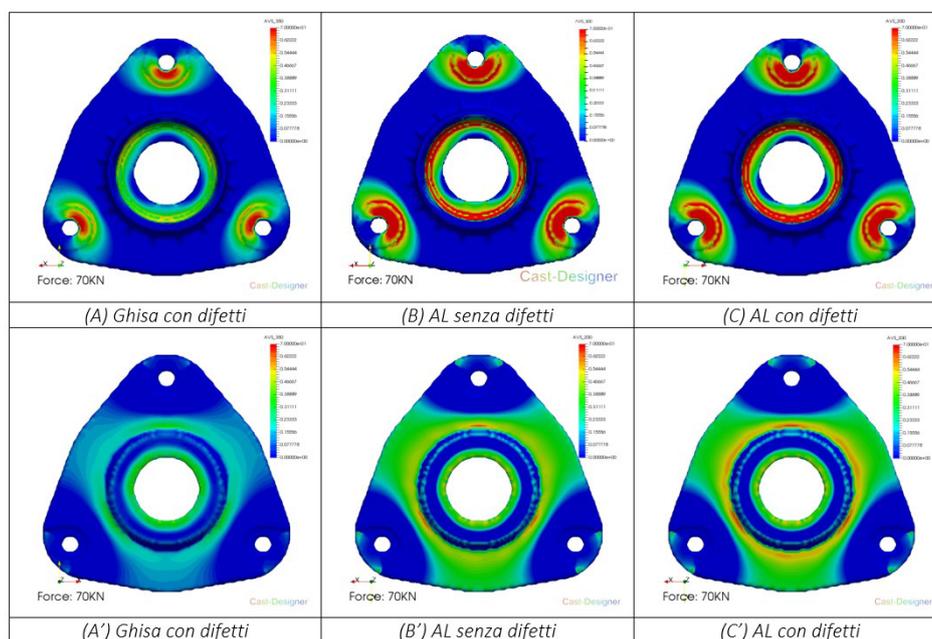


Fig.7 - Risultato della simulazione CDPE del telaio di montaggio superiore (forza applicata di 70 KN per il test).

Il risultato della simulazione ha avuto un ottimo accordo con il risultato effettivo del test. La Figura 8 (a) mostra i dettagli della frattura della parte reale e (b) è il risultato della simulazione CDPE. Portando a confronto solo la parte di prova effettiva con B' nella Figura 7, si scopre che è simile ma non esattamente uguale, specialmente per la direzione di crescita della frattura. Quindi risulta chiaro che i difetti del processo produttivo devono essere considerati opportunamente per avere un risultato di simulazione virtuale più accurato del getto finale.

Un altro aspetto molto interessante è il seguente: nella Figura 8 (b), quando si è confrontata la cricca del test reale e la distribuzione della massa di gas bloccata del processo HPDC Figura 8 (c) abbiamo rilevato che la direzione di crescita della frattura seguiva quasi quella dal gas bloccato.

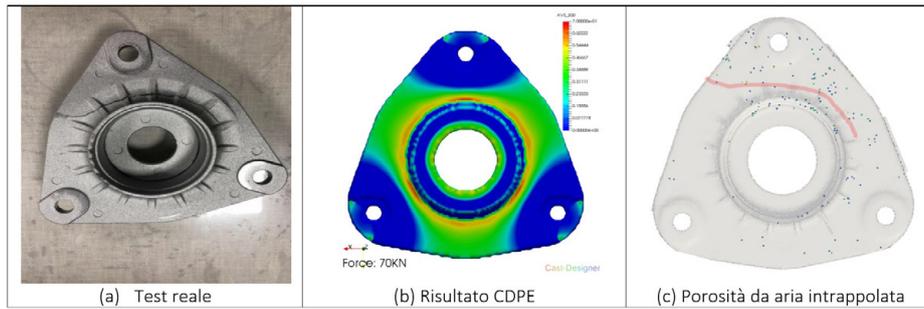


Fig.8 - La parte danneggiata reale e il risultato della simulazione di CDPE.

In considerazione di quanto sopra, se ne trae che è possibile sostituire il materiale della parte passando dalla ghisa all'alluminio, ma la resistenza alle sollecitazioni viene ridotta e il rischio di frattura aumenta. Questo cambiamento del processo di produzione riduce quindi la resistenza dal 99% al 70%. Per migliorare la produzione, proviamo ad apportare alcune modifiche al design della parte.

Nuovo piano di progettazione

Poiché eventuali modifiche geometriche della parte sono spesso legate a vincoli di progetto come, ad esempio, mantenere tutte le caratteristiche della funzione e nessuna possibilità di intervenire anche sull'assieme che contiene il componente, questo tipo di modifica deve essere effettuata sulla base di una comunicazione completa con il cliente. Per il telaio di montaggio superiore, come studio

di dettaglio e discussione, proviamo ad aggiungere una nervatura ad anello attorno al cilindro esterno della superficie superiore per migliorare la rigidità della parte. Questa modifica non porta alcuna influenza sul requisito della funzione e sull'assemblaggio (Figura 9). Poiché questo è il concetto di progettazione iniziale, eseguiamo l'analisi della struttura in CDPE in modo semplice senza considerare i difetti di colata in questa fase. Ma come il risultato della Figura 7, possiamo avere un'idea di base sugli effetti delle difettologie causate dal processo di produzione.

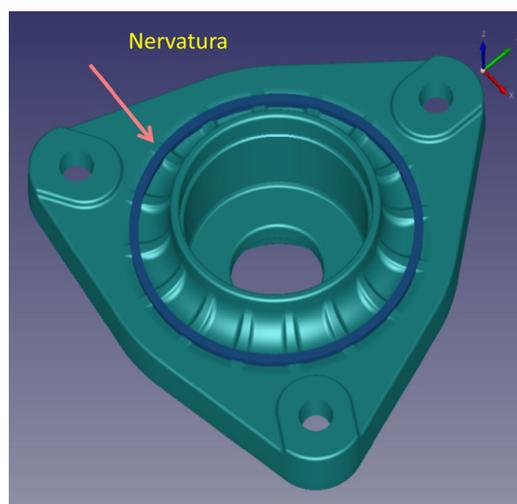


Fig.9 - Progettazione della parte rivista (viene aggiunta una nervatura attorno al cilindro interno).

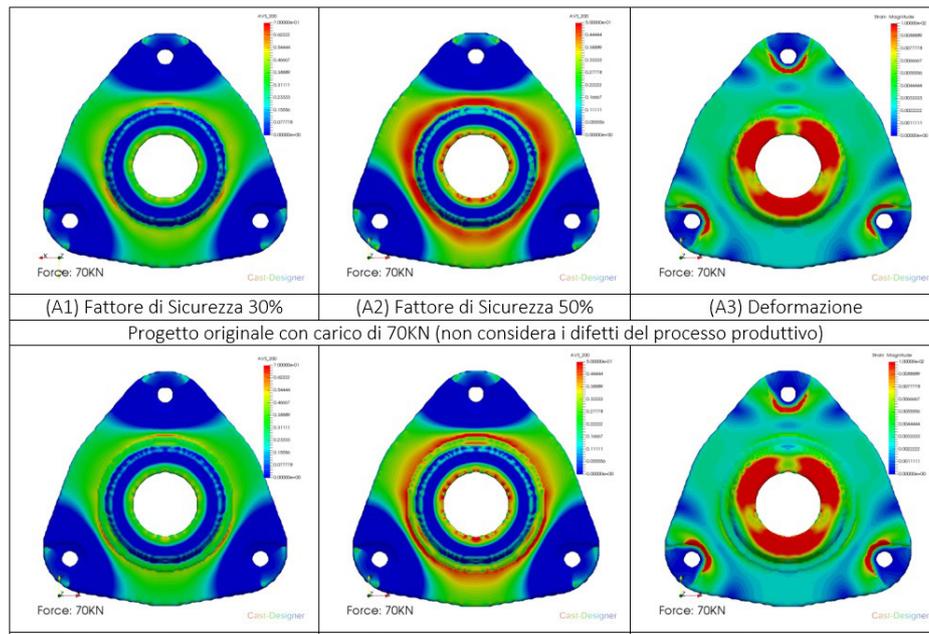


Fig.10 - Confronto dei risultati CDPE (progetto iniziale e progetto modificato).

Dalla Figura 10, si riscontra che il nuovo piano di progettazione può migliorare i criteri di danno e modificare la distribuzione DCC (A1 vs. B1, A2 vs. B2), anche la distribuzione della deformazione totale presenta una differenza minore (A3 vs. B3). Tale nervatura aggiunta all'anello migliora la rigidità della parte originale specialmente per la regione della frattura, elevando così le prestazioni come risposta alle sollecitazioni. Un'altra questione fondamentale per migliorare la resistenza al danno è aumentare lo snervamento del materiale, perché lo snervamento dell'alluminio dato era solo 200 MPa ma nel materiale di ghisa era superiore a 300 MPa. La regolazione della composizione chimica può aiutare in questo.

In conclusione: l'azienda approva il piano di modifica della geometria e migliora la composizione della lega del materiale, in tal modo il rapporto di resistenza è aumentato con successo al 96%. Il risultato del getto ottenuto risulta quindi abbastanza simile a quello di materiale in ghisa, ma il tasso di produzione è 20 volte superiore rispetto alla colata in sabbia.

CONCLUSIONI

Il modulo software di analisi delle prestazioni Cast-Designer è uno strumento utile per valutare le prestazioni di un getto, e ben si integra con il solutore termico, di flusso e di sollecitazione di Cast-Designer. CDPE può gestire dati materiali molto complessi includendo l'influenza della

porosità da ritiro e della porosità da gas, nonché lo stress residuo. Tali difetti dovuti al processo di fabbricazione possono avere un grande impatto sulle prestazioni finali. Il sistema Cast-Designer diventa una soluzione completa per l'intero processo produttivo del getto. Tutti i dati possono essere utilizzati per gestire la progettazione, la valutazione e l'ingegnerizzazione del getto.

RINGRAZIAMENTI

Si desidera ringraziare il Sig. Ma Mingtuan e il Sig. Gong Hongtao del CSSC No. 12 Research Institute, Cina per il loro contributo al test degli esperimenti e alla convalida del modello.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A.A. Luo, "Magnesium casting technology for structure applications," Journal of Magnesium and Alloys, vol. 1, pp. 2–22, 2013.
- [2] K.K.S. Thong, B.H. Hu, X.P. Nui and I. Pinwill, "Cavity pressure measurements and process monitoring for magnesium die casting of a thin-wall-hand-phone component to improve quality," J. Mater. Process. Tech., vol. 127, pp. 238–241, 2002.
- [3] Piyanut Meethum, Chakrit Suvanjumrat, "Evaluate of Chill Vent Performance for High Pressure Die-Casting Production and Simulation of Motorcycle Fuel Caps", MATEC Web of Conferences 95, 07025 (2017) DOI: 10.1051/mateconf/2017950, ICMME 2016
- [4] P. Meethum, C. Suvanjumrat, "Porosities Comparison between Production and Simulation in Motorcycle Fuel Caps of Aluminum High Pressure Die Casting", World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering Vol:9, No:3, 2015
- [5] RICHARD A. HARDIN, CHRISTOPH BECKERMANN, "Prediction of the Fatigue Life of Cast Steel Containing Shrinkage Porosity", The Minerals, Metals & Materials Society and ASM International 2009, VOLUME 40A, MARCH 2009—581
- [6] P. Kavya Aahalda, P. Alen Thomas, Jayanth Ivvala, SaiKiran Neela "Optimal feeder design of Oldham's coupling by using Casting simulation Technology", INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC PROGRESS AND RESEARCH (IJSPR) ISSN: 2349-4689, Volume-19, Number - 01, 2016
- [7] Rajesh Rajkolhe, J. G. Khan, "Defects, Causes and Their Remedies in Casting Process: A Review", IJRAT, Vol.2, No.3, page no.379, March 2014
- [8] M. Jagdishwar, "Casting Feeder Design Optimization Based on Feied Path and Temperature Analysis", Technical papers, E- Foundry, IIT-B, June 2012
- [9] Rabindra Behera , Kayal.S , Sutradhar.G , "Solidification behavior and detection of Hotspots in Aluminium Alloy castings: Computer Aided Analysis and experimental validation", INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED ENGINEERING RESEARCH, DINDIGUL Volume 1, No 4,abstract,2011.

[TORNA ALL'INDICE >](#)