

# Migliorare l'efficienza produttiva di un componente housing motoriduttore di alta gamma

a cura di: F. Lago, G. Scarpa

**PAROLE CHIAVE:** PRESSOCOLATA, QUALITÀ, ALLUMINIO E LEGHE, FONDERIA, SIMULAZIONE, OTTIMIZZAZIONE, PROGETTAZIONE STAMPI, RIEMPIMENTO, SOLIDIFICAZIONE, DIFETTI, POROSITÀ DA RITIRO, INGLOBAMENTI D'ARIA, SHOCK TERMICO, DIE LIFE.

## INTRODUZIONE

Lo sviluppo di sistemi produttivi ad alta efficienza che consentano di minimizzare i costi di produzione, migliorare la produttività e la qualità del prodotto è uno dei temi centrali nella visione dell'Industry 4.0 e dello smart manufacturing. L'elevata efficienza produttiva permette, infatti, alle imprese di ottenere un buon livello di competitività nel mercato raggiungendo un miglioramento delle performance differenziandosi così dai paesi a basso costo. Diventa, quindi, fondamentale la realizzazione di prodotti di alta qualità conseguendo al tempo stesso una riduzione degli scarti anche in ottica di sostenibilità ambientale ed efficienza energetica.

Il processo produttivo di pressocolata caratterizzato da cadenze produttive elevate è sicuramente uno di quelli in cui un'alta efficienza gioca un ruolo strategico.

Un contributo fondamentale alla realizzazione di processi produttivi efficienti è dato dall'implementazione di piattaforme di monitoraggio intelligente che hanno il compito di identificare eventuali anomalie dei parametri di processo grazie a dei segnali provenienti da dei sensori posizionati nello stampo i quali verranno correlati ai livelli di difettologia individuati per lo specifico processo indagato.

Le soglie di accettabilità del pezzo prodotto guideranno l'utente nella determinazione dei range ottimali di lavoro dei parametri di processo e ogni eventuale deviazione significativa di quest'ultimi attiverà un processo di allerta.

Lo studio descritto nel presente articolo illustrerà come la simulazione numerica di processo oltre a svolgere un ruolo fondamentale nell'ottimizzazione della progettazione stampo e del processo diventa dunque un valido supporto per la definizione della posizione della sensoristica nello stampo e l'individuazione delle variabili di processo significative, aspetti che stanno alla base dello sviluppo di tali

Francesca Lago,  
Giampietro Scarpa

Engisoft SpA

piattaforme di monitoraggio intelligente. Tale studio si colloca all'interno del progetto di ricerca PREMANI (MANIFATTURA PREDITTIVA): progettazione, sviluppo e implementazione soluzioni di Digital Manufacturing per la previsione della Qualità e la Manutenzione Intelligente, finanziato nell'ambito del POR FESR VENETO 2014-2020 Azione 1.1.4 "Bando per il sostegno a progetti di Ricerca e Sviluppo sviluppati dai Distretti Industriali e dalle Reti Innovative Regionali". Il progetto intende sviluppare tecniche che possano af-

frontare il tema della predizione delle caratteristiche di funzionamento di macchine e impianti, coniugando l'analisi della qualità (del prodotto) con quello dell'efficienza (degli impianti), in un contesto che viene quindi descritto come Manifattura Predittiva.

### IL CASO

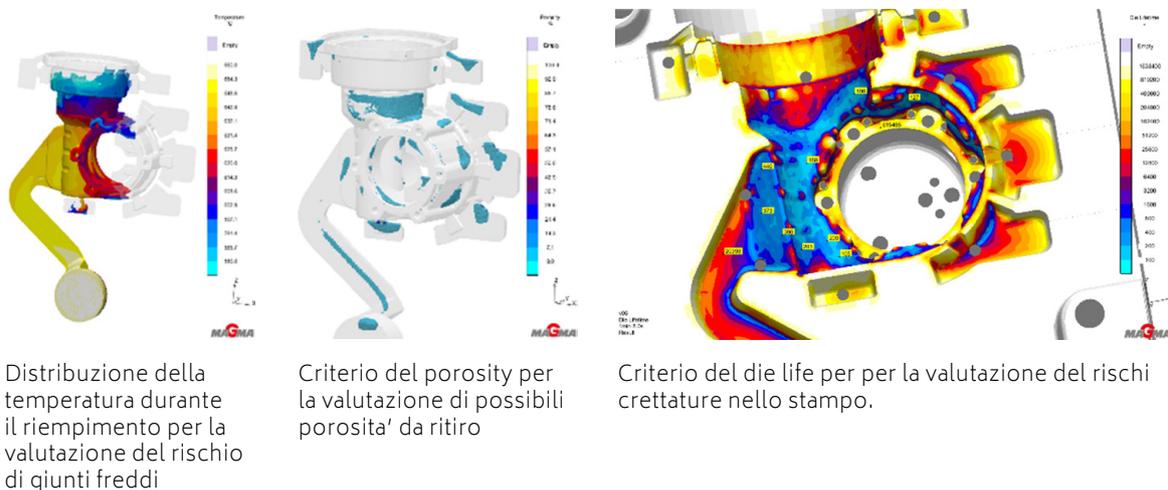
Il componente oggetto di studio è la carcassa per l'alloggiamento del motoriduttore utilizzato per diverse applicazioni come le scale mobili (fig. 1).



**Fig.1** - Prodotto di pressofusione: alloggiamento per motoriduttore.

Tale particolare viene prodotto da RDS Moulding Technology con processo di pressocolata su stampo mono impronta con lega EN AB 44100 (AlSi12). Fin dalle prime fasi di produzione vengono rilevate delle non conformità sul componente che determinano lo scarto di una parte della produzione. Tali difettologie corrispondono a: giunti freddi nella parte alta del getto, inglobamenti d'aria nel mozzo centrale e nella parte alta

del componente, porosità da ritiro distribuite nel mozzo centrale e nella parte alta del corpo, erosione dello stampo nella zona frontale degli attacchi e infine cretture dello stampo dopo poche battute di produzione che determinano una breve vita dello stampo stesso. Una prima analisi del processo produttivo, svolta con MAGMASOFT, ha permesso di identificare le cause e di valutarne le azioni correttive (fig.2)



**Fig.2** - Esempio di difetti riscontrati nella prima fase di produzione.

**LA RIPROGETTAZIONE DELLO STAMPO**

La fase di riprogettazione viene suddivisa in due step: Ottimizzazione fluidodinamica e Ottimizzazione termica

L’ottimizzazione fluidodinamica considera la riprogettazione del sistema di colata e di sfiato al fine di migliorare la qualità del componente in termini di aria inglobata, sottoraffreddamenti e massime velocità della lega all’interno dello stampo.

La fase di preparazione consiste nell’impostazione di geometrie parametriche del sistema di colata e di sfiato, alle quali sono attribuite specifiche variabili che il sistema

(MAGMA Optimizator) utilizza per identificare, autonomamente, la configurazione ottimale in grado di assolvere agli obiettivi di miglioramento qualitativo del componente sopra elencati.

Graficamente è possibile quindi individuare, al termine dell’ottimizzazione, la geometria ottimale. Nel caso specifico il Design 18 rappresenta un ottimo compromesso tra il rischio di inglobamento d’aria nel getto e il rischio di abbassamenti di temperature durante il riempimento (fig.3) migliorando notevolmente la qualità del componente (fig.4 – fig.5).

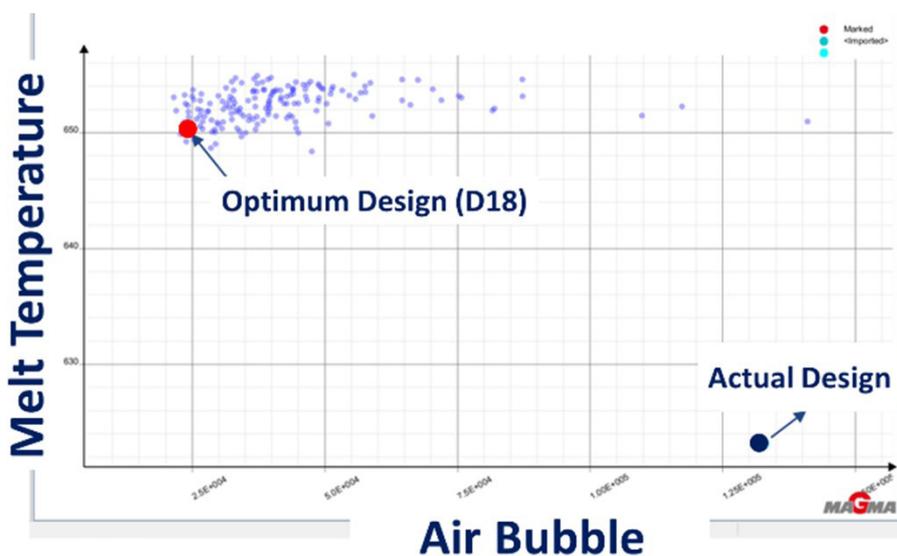


Fig.3 - Controllo della dinamica di riempimento: Relazione tra aria inglobata nel pezzo e temperatura della lega

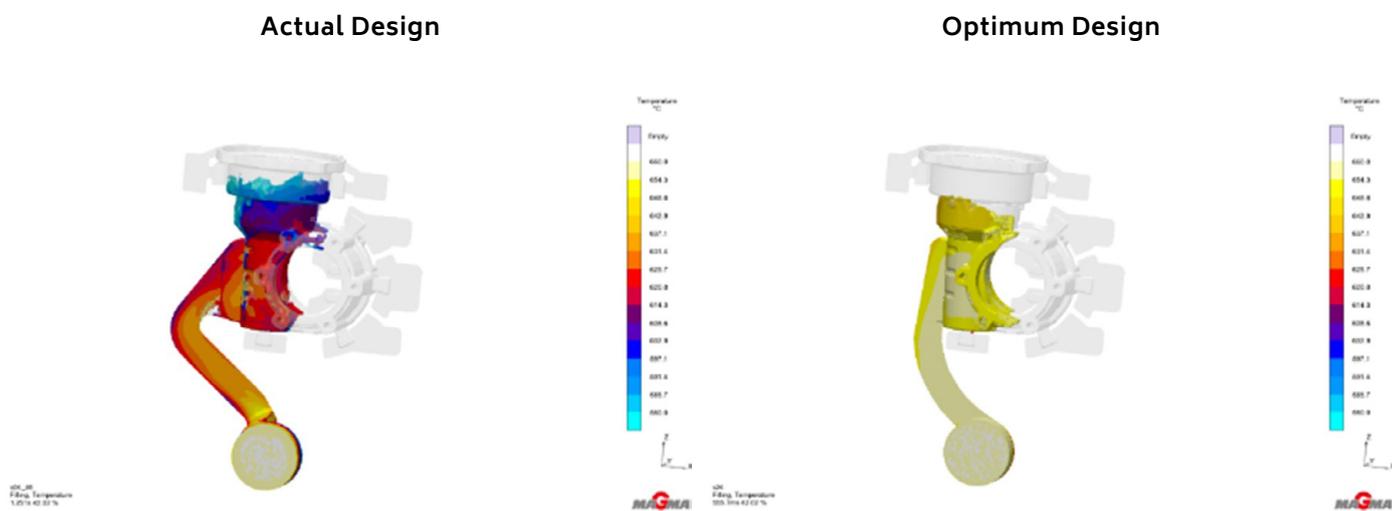


Fig.4 - Evoluzione della temperatura al 42% del riempimento

Actual Design

Optimum Design

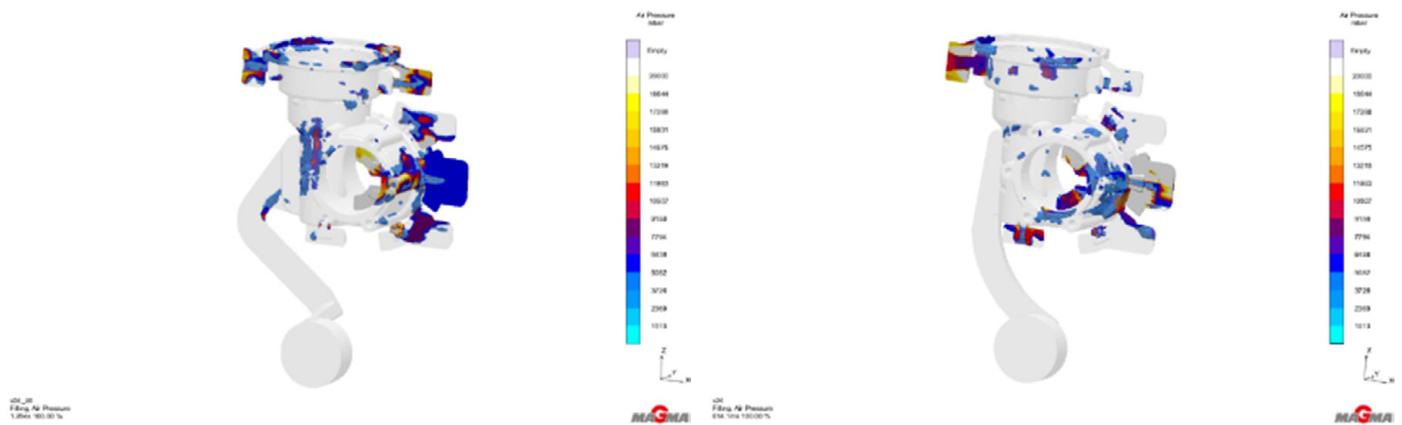


Fig.5 - Distribuzione degli inglobamenti d'aria al termine del riempimento.

L'ottimizzazione termica si pone di ricercare la configurazione ottimale dei circuiti di termoregolazione e i parametri che li governano (tipo, temperatura e portata del mezzo termoregolante).

Gli obiettivi in questo caso risultano contrastanti tra loro, infatti, si ricerca da un lato, la massima riduzione delle zone a rischio di porosità da ritiro nel getto e dall'altro nella massima riduzione dello shock termico nella superficie dello stampo con lo scopo di ridurre le problematiche di insorgenza di cricche da fatica termica.

Analogamente a quanto fatto nell'ottimizzazione fluidodi-

namica, vengono introdotte le variabili che governano le geometrie dei circuiti e i parametri di termoregolazione, permettendo a MAGMA Optimizator di individuare autonomamente il design ottimo che assolve agli obiettivi sopra indicati.

L'analisi dei risultati rileva il design ottimo n°136, che migliora significativamente la vita a fatica delle parti stampanti con una buona riduzione delle porosità da ritiro (fig.6 - fig.7).

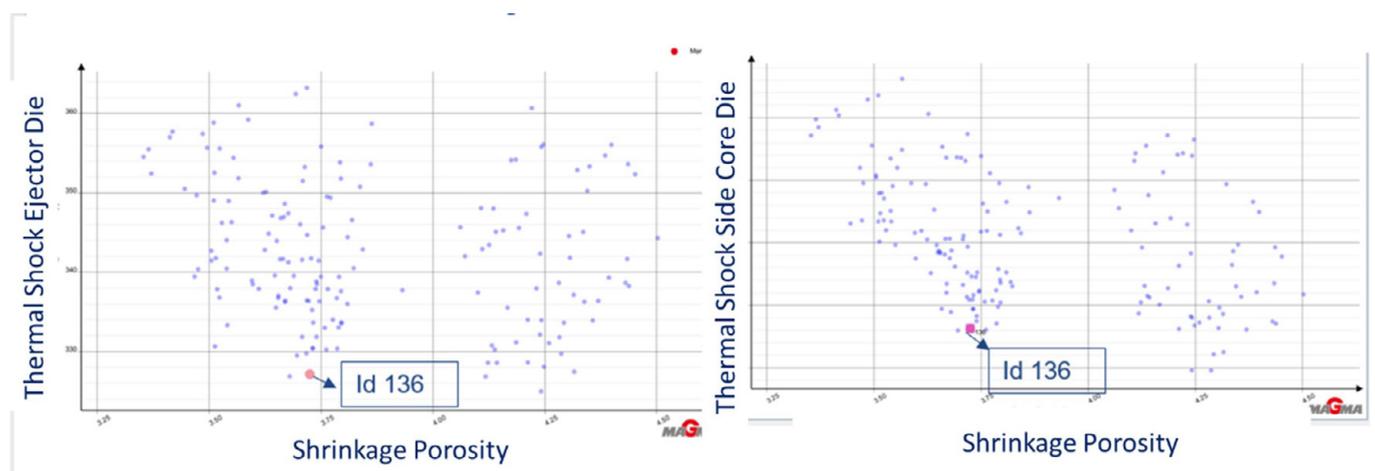


Fig.6 - Scatter chart: Relazione tra porosità da ritiro e shock termico.

Actual Design

Optimum Design

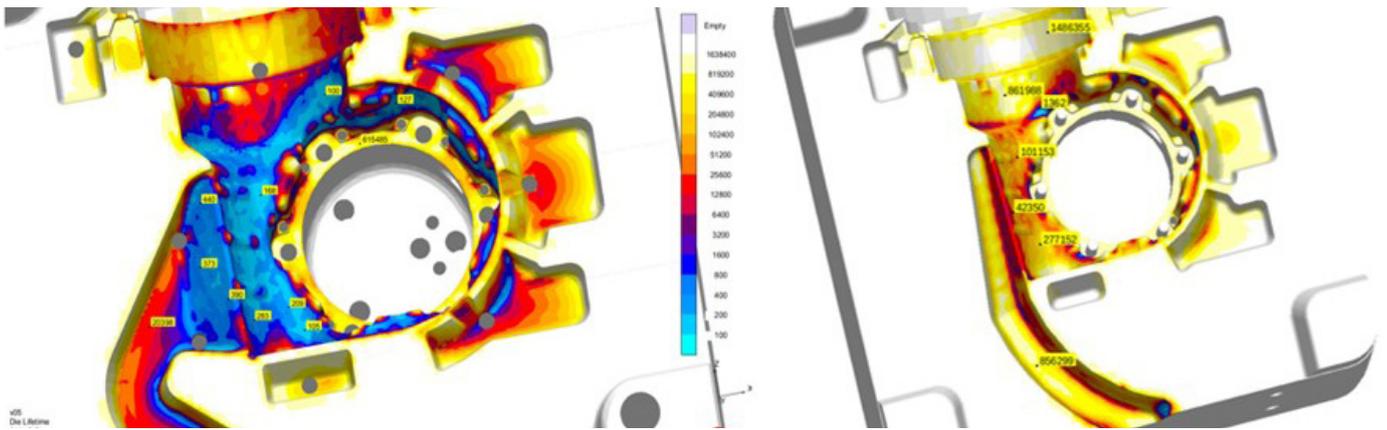


Fig.7 - Die life: design attuale vs design ottimo (D136)

**DOE VIRTUALE PER LO STUDIO DELLA DIFETTOLOGIA DEL GETTO E DELLO STAMPO**

Ultimata la riprogettazione dello stampo viene calcolato un DOE (Design of Experiment) virtuale di 300 Design allo scopo di valutare la correlazione tra parametri di processo

- difetti nel getto.

Dallo studio è emerso che le variabili sensibili sono: la velocità di seconda fase del pistone, il punto di commutazione tra la velocità di prima e seconda fase e la temperatura di colata (fig.8).

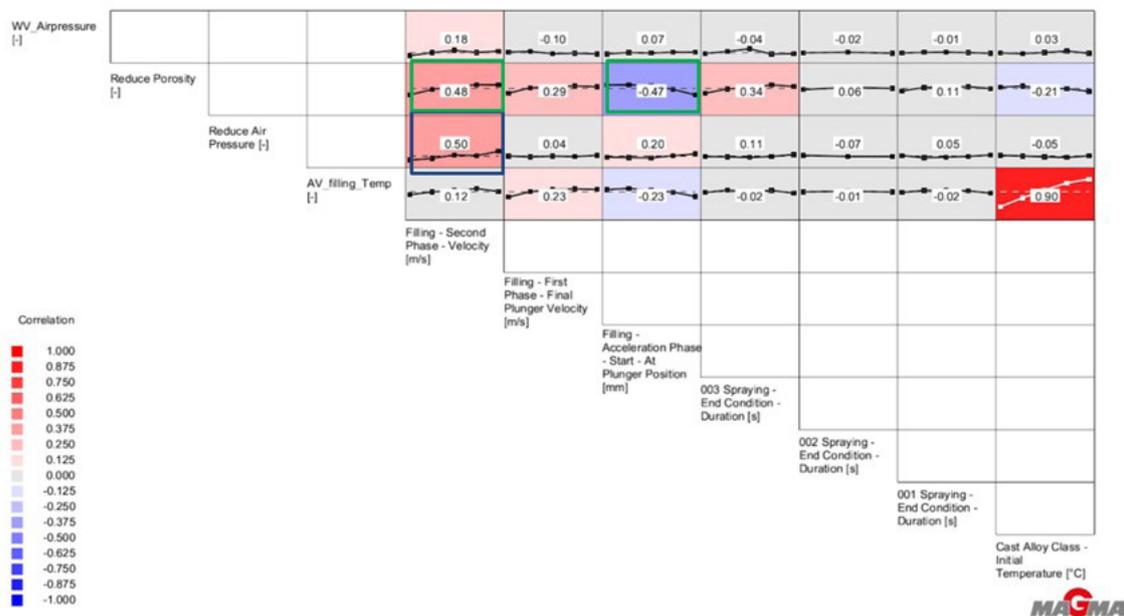


Fig.8 - Matrice di correlazione variabili input - output.

Unitamente all'analisi sul componente viene indagato anche l'impatto dei parametri di processo sulla vita a fatica termica degli stampi evidenziando che anche nel caso peggiore il numero di battute a cui lo stampo dovrebbe cominciare a deteriorarsi è circa 17 volte più alto rispetto alla configurazione di partenza in cui le prime cretture

iniziano a svilupparsi dopo 10000 cicli.

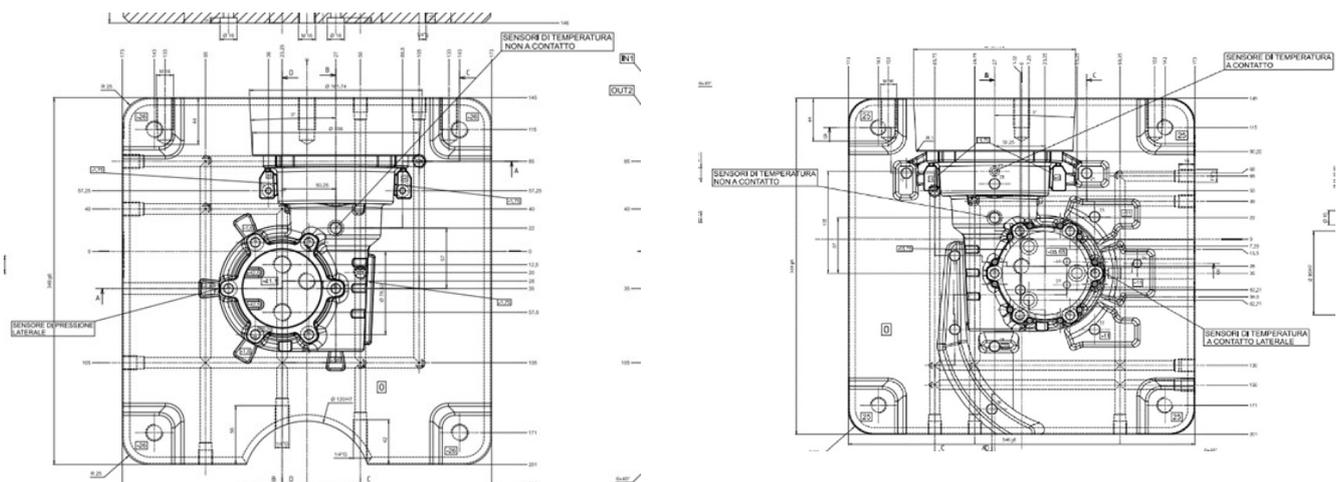
La produzione con lo stampo riprogettato è stata eseguita (fig.9) controllando i parametri di processo grazie al sistema di monitoraggio Smart ProdACTIVE, sistema che monitora la stabilità del processo garantendo la qualità del componente e la vita delle parti stampanti.



**Fig.9** - Stampata prodotta; controllo dimensionale CMM e Ottico.

L'installazione di appositi sensori sugli stampi e sulla macchina (fig.10) permette di mantenere sotto controllo il processo produttivo identificando istantaneamente l'e-

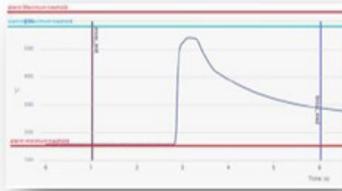
ventuale devianza dei parametri sensibili alla generazione di difetti.



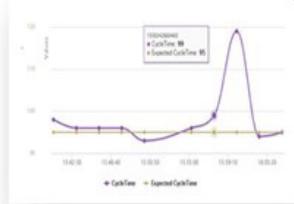
**Fig.8** - Measurement results of a 7-stand hot strip mill equipped with the X-Roll® Guide System [4].

Questo sistema permette di monitorare la stabilità del processo (fig.11) garantendo la qualità del componente e la vita delle parti stampanti.

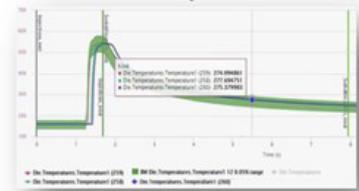
## Alarms and notifications



## Process Stability



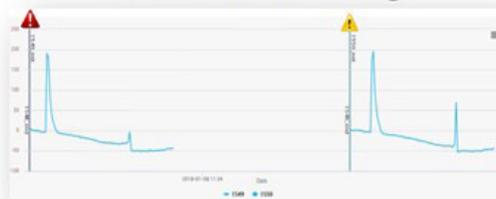
## Data comparison



## Data correlation



## Curve Monitoring



## Product Traceability



Fig.11 - Sistema di monitoraggio Smart ProdACTIVE.

**CONCLUSIONI**

L'ottimizzazione virtuale dello stampo attraverso la simulazione numerica si dimostra ancora una volta fondamentale nella realizzazione di prodotti di qualità sempre più elevata.

La necessità' però di coniugare la qualità del prodotto con un'elevata efficienza produttiva del processo per migliorare la competitività rispetto ai paesi a basso costo rende necessario sviluppare delle piattaforme di monitoraggio intelligente che hanno il compito di identificare eventuali anomalie dei parametri di processo in real-time individuando i getti potenzialmente scarti senza alcun

controllo qualitativo e consentendo all'operatore a bordo macchina di intervenire tempestivamente.

I progetti di ricerca forniscono un contributo sempre più importante a sostegno dell'innovazione verso nuove frontiere come nel Progetto descritto.

**RINGRAZIAMENTI**

Si ringrazia il Consorzio SPRING, capofila del progetto GAP, e tutti i partner del progetto con particolare riferimento al Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali (DTG) dell'Università di Padova e le aziende RDS Moulding Technology e Unilab.

**BIBLIOGRAFIA**

- [1] N. Gramegna, M. Bucci, S. Poles, "Optimization of casting parameters for aluminum alloy suspension arm using new MAGMAfrontier module", 10th Int. MAGMASOFT Users' Meeting, 2002
- [2] Alluminio e sue leghe: Classificazioni e trattamenti termici. Elio Gianotti. Trattamenti Termici Ferioli & Gianotti (Torino)
- [3] F. Bonollo, N. Gramegna, S. Odorizzi: "La pressocolata delle leghe di alluminio: simulazione numerica del processo", Edimet (1999)
- [4] F. Bonollo, S. Odorizzi: "Numerical simulation of Foundry Processes", SGEditoriali 2001
- [5] E. Gariboldi, F. Bonollo, P. Parona: "Manuale della difettologia nei getti pressocolati - Handbook of defect in high pressure diecasting", Associazione Italiana di Metallurgia, 2010

**TORNA ALL'INDICE >**