

Ottimizzazione virtuale dello stampaggio a iniezione

di *Vanessa Schwittay*¹, *Tobias Mansfeld*¹ e *Andrea Ravasio*²

¹ Sigma Engineering GmbH

² Mesgo Spa

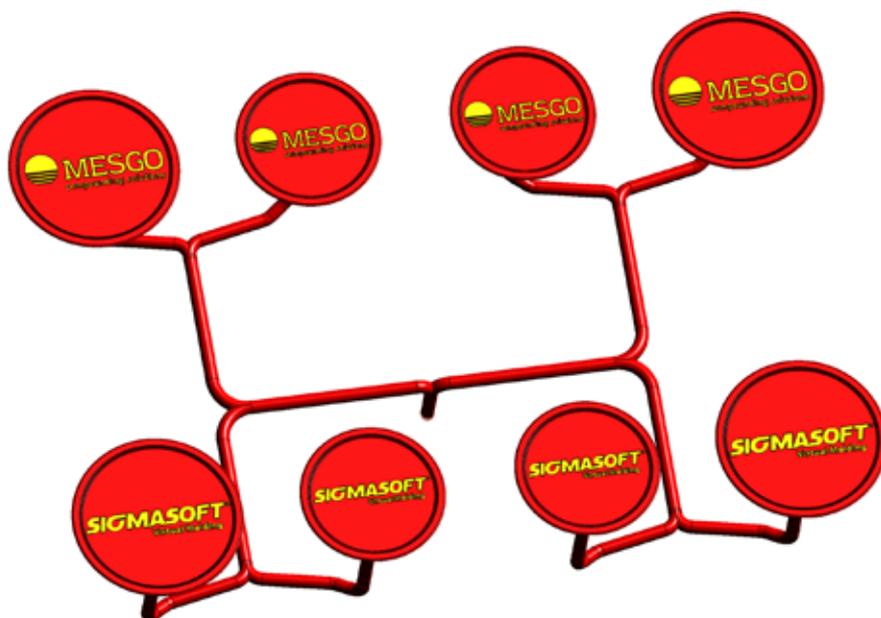
I processi moderni di stampaggio a iniezione presentano sfide sempre più complesse ai trasformatori. Non solo articoli sempre più critici ma anche requisiti di efficienza produttiva e attenzione all'utilizzo delle risorse aziendali sono oggi la chiave per mantenere competitività sui mercati globali. Per soddisfare contemporaneamente questi tre requisiti, tra loro in conflitto, i trasformatori devono avere a disposizione tecnologie aggiornate e strumenti che forniscano basi solide al processo decisionale. Uno di questi strumenti è la simulazione del processo di stampaggio. Già noto ai più da diversi anni, quale strumento per determinare punti di iniezione, riempimento delle cavità, profilo di reticolazione e tempi di ciclo, la simulazione diventa sempre più una misura fondamentale per ottimizzare in anticipo stampo e processo.

Il software SIGMASOFT® Virtual Molding accompagna i trasformatori attraverso l'intero sviluppo di nuovi articoli: dal design dell'articolo, dove l'attenzione si focalizza su punti di iniezione e otturazione, attraverso il design dell'intero stampo, dove aspetti quali canali freddi e elementi di riscaldamento devono es-

Iniziata nel 2016 durante un open-day organizzato nel nuovo stabilimento Mesgo a Çayirova, in Turchia, la partnership tra il gruppo italiano e la software-house tedesca Sigma Engineering continua e propone un esempio di come la caratterizzazione avanzata dei compound e utilizzo di strumenti di simulazione possano oggi essere un valido aiuto per la messa a punto del processo di stampaggio a iniezione.

Figura 1. Articoli circolari dimostrativi: due diverse taglie in otto diverse cavità

Picture 1. Round demonstration part: two sizes in an eight cavity mold



Virtual Optimization of Rubber Injection Molding

by *Vanessa Schwittay*¹, *Tobias Mansfeld*¹ e *Andrea Ravasio*²

¹ Sigma Engineering GmbH

² Mesgo Spa

Modern rubber injection molding processes present several challenges to the processors. The parts become more and more complex and at the same time an efficient and resource-conserving production is the main goal. Additionally, processors have to remain competitive compared to the cheap production abroad.

Modern tools for sound decisions

To meet these conflicting requirements all at once processors have to rely on up-to-date technology and tools which provide solid ground for decisions. One of these tools is the simulation of the molding process. Already well-established since several years as tool to determine the best injection position and the filling behavior of parts and also often used to evaluate the curing behavior and cycle time, it increasingly becomes a key measure to optimize the whole mold and process upfront.

The software SIGMASOFT® Virtual Molding accompanies processors through the whole development process of new parts: From the first design of a new part, where the focus lies on injection points and gating systems, over the mold design, where questions like the performance of the cold runner and the ideal heating system are evaluated, up to the

Started in 2016 during an open-day organized at the new Turkish plant of MESGO at Çayırova, the partnership between Mesgo and the German software house Sigma Engineering continues and proposes an example of how the advanced characterization of rubber compounds and the use of tools of simulation can today be a valuable help in the optimization of injection-molding process

final process, which guarantees a stable production and ideal part quality. In each of these stages the software helps to provide a basis for sound decisions influencing the subsequent development steps without wasting material and resources in a real tool and on a real machine. Instead new ideas are tested in short time and without risk on the computer, making mold iterations and trial-and-error to define the process window unnecessary. To achieve this, the software works as a virtual injection molding machine, where not only the filling of the part is simulated, but rather several consecutive cycles are calculated for

the complete mold after an initial heating up phase. Thus, only after a thermal steady state is reached, the filling and curing behavior are calculated. With the temperature distribution inside the mold as boundary condition – just like in the real production – the goings-on inside the cavity are exactly replicated on the computer.

Sound decisions even for simple parts

When analyzing a seemingly simple part it becomes obvious that an efficient virtual evaluation is

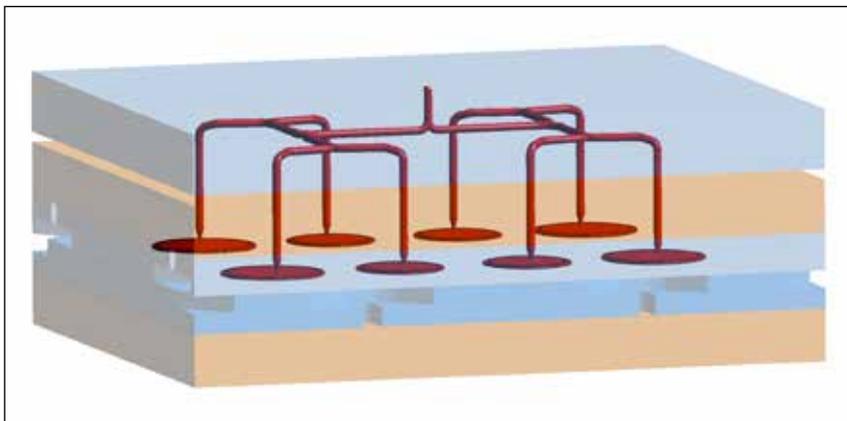


Figura 2 – Schema dello stampo considerato nell'analisi comprendente oltre ai pezzi e ai canali, la parte fissa in (azzurro), la metà mobile (blu) e le piaster di riscaldamento (arancione).

Picture 2 – The full mold considered in the analysis: besides the part and runner system the complete fixed (light blue) and moveable half (dark blue) where taken into account as well as the heating plates (orange).

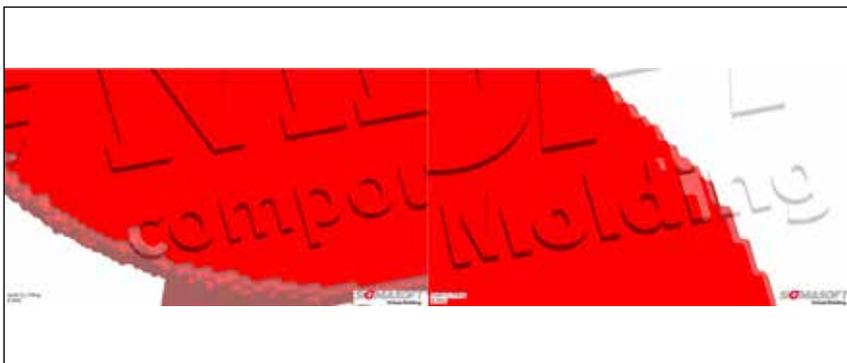


Figura 3 – Le lettere piccole si riempiono più lentamente delle grosse aree vicino alle pareti inferiori (sinistra), intrappolando aria nei loro angoli (lettera d, a destra).

Picture 3 – The small letters fill slower than the big walled areas underneath (left), which leads to air traps in their corners (letter d – right).

sere valutati, fino al processo vero e proprio di stampaggio, che garantisce una stabilità della produzione e idealmente anche della qualità di prodotto. In ogni fase il software aiuta a fornendo le basi per giuste decisioni influenzando i successivi passi di sviluppo senza sprecare materiale e risorse su un vero stampo e una vera pressa. Piuttosto, nuove idee possono essere sperimentate in tempi brevi e senza rischi semplicemente al computer, rendendo superflue l'interazione con lo stampo e la definizione trial-and-error del processo.

Per ottenere ciò, il software lavora come una pressa a iniezione virtuale, dove è simulato non solo il riempimento delle cavità, ma sono calcolati anche diversi cicli consecutivi di stampaggio con lo stampo completo, dopo una fase iniziale di riscaldamento. Perciò, solamente dopo che una situazione termica stabile è stata raggiunta, il riempimento e il comportamento di reticolazione sono calcolati. Con la distribuzione delle temperature nello stampo come condizione al contorno – così come avviene nella normale produzione – gli eventi all'interno delle cavità sono esattamente replicati al computer.

Decisioni giuste anche per articoli semplici.

L'utilità degli strumenti di simulazione diventa evidente quando, anche analizzando un pezzo a prima vista semplice, diventa ovvio che un'efficiente valutazione virtuale può anche essere utile per articoli per cui design e setup di processo potrebbero basarsi sulla sola esperienza. Per avere una visione profonda del processo di stampaggio di un pezzo dimostrativo apparentemente semplice (Figura 1) è stata condotta una completa analisi su stampo virtuale. Nei calcoli sono stati considerati tutti gli elementi dello stampo quali cavità, canali, ed elementi di riscaldamento e di isolamento (Figura 2). Oltre all'architettura dello stampo sono stati considerati anche gli aspetti reologici e reo-cinetici del compound modello utilizzato nella simulazione. Nello specifico è stato utilizzando il compound MG5002BL70F, un fluorosilicone blu 70 ShA di MESGO, tra l'altro selezionabile nel database della prossima release Sigmasoft, per il quale il laboratorio R&D di MESGO ha fornito tutta la caratterizzazione termica e reologica necessaria alla corretta modellizzazione.

Come prima cosa possiamo considerare da vicino il riempimento delle diverse cavità. Un primo problema è stato considerare che il riempimento non è bilanciato a causa della diversa dimensione delle cavità. Questo è un problema comune degli stampi con cavità di diverso volume, ben noto e normalmente atteso. In questo caso la simulazione può aiutare nel design del canale freddo e della sua portata in modo da ottenere un riempimento equilibrato. Un'altra possibilità che la simulazione permette è valutare posizioni e aperture diverse degli otturatori dei canali freddi, come è stato fatto per questi articoli.

Sebbene il riempimento sbilanciato sia stato facilmente risolto, una più attenta analisi ha permesso di identificare altri possibili problemi di riempimento dovuti alla presenza di piccole lettere su ogni figura. La figura 3 mostra come ciò sia vero specialmente per le lettere più piccole, dove lo scorrimento della gomma risulta più rapido vicino alle pareti che all'interno delle stesse (sinistra). C'è un grosso rischio che questo comportamento del flusso porti a accumulo di aria all'interno delle lettere, che può rimanere lì confinata se il sistema di sfiato

also useful for parts of which it is said they can be designed and set-up based solely on experience. For an apparently plain round demonstration part (Pic. 1) a full Virtual Molding analysis was run to take a deeper look into the process. Besides the cavities and runner system the complete mold with even the heating plates and insulation was considered in the calculation (Pic. 2).

Besides the mold architecture, rheological and rheo-kinetic aspects of compound were considered during the simulation. Specifically, the compound MG5002BL70F, that is a blu 70 ShA fluorosilicone compound from MESGO, was used, furthermore selectable from the compound database of next Sigmasoft release, for which the R&D laboratory of MESGO provided the whole thermal and rheological characterization necessary to the correct modeling

At first, the filling of the different parts was examined closely. The most obvious issue was a slightly imbalanced filling, caused by the different cavity sizes. This is a common issue for family molds with cavities of different sizes, which is also well known and usually expected. Here, the simulation can help to design the cold runner system in a way to achieve a balanced filling. Another possibility is to evaluate different positions and gaps for the cold runner needles, as was done for this part.

Thus, the imbalanced filling was easily resolved, but a closer examination also showed that there were filling problems to be expected in the small letters on each part. Picture 3 shows how especially for the smallest letters the rubber flows much fast in the big walled areas below than in the letters themselves (left). This flow behavior causes a high risk of air traps in the letters, which could remain unfilled if the venting of the mold is not sufficient (right).

After the filling behavior was analyzed the focus moved to the thermal layout inside the mold throughout the cycle. To reproduce the exact production conditions as on the machine, it is important to not just assume a uniform mold temperature for the calculation, but to take into account

the correct temperature distribution in the mold over the full cycle. Only then it is possible to draw valid conclusions on the filling and especially the curing behavior of the part.

For the demonstration part, the mold was first heated up over the duration of one hour to reach the recommended mold temperature of 180°C. Following this, ten consecutive molding cycles were run to find the thermal steady state of the mold as well as the temperature distribution inside the cavity as it would be in the real production.

Picture 4 shows the temperature distribution on the moveable half during different stages of this process, the scale is set from 172°C (dark blue) to 186°C (red) in steps of 1°C. The top left shows the moveable half at the end of the heating up phase. Due to the different mold components one can already see certain temperature differences throughout the mold. After the thermal steady state is reached, the temperature is distributed a little bit more homogeneously, especially in the cavities (top right). But the bottom pictures show, that over each cycle there are temperature variations of up to 6°C. Additionally, at the end of filling a temperature differential of 7°C inside the cavities (bottom left) can be observed. All these changes seem comparatively small upon closer evaluation of the fixed mold half. Here differences of over 30°C can be observed on cavity cores (Pic. 5). These huge temperature differentials are mostly caused by the cold runner system, which cannot be isolated completely from the rest of the mold. Thus, the cold runner always leads to cold spots inside the cavities. These differences inside the cavity also influence the cross linking of the part. At the end of the cycle, when the parts are removed from the mold one can clearly see the correlation of high and low temperature areas to the achieved curing degree (Pic. 6). Especially the cold runner has a negative impact and crucially influences the achievable cycle time. Besides the filling issues, this also is an effect, which would have only been observed with long and costly trial-and-error on the machine before the

start of production. But with the help of virtual trials on the computer, these problems were discovered in time and counter measures could be evaluated and decided upon before building the final mold.

Only sound data allow sound decisions

As a key rule, the results of any virtual analysis can only be as good as the data fed into the program. Only with the real geometries and realistic process parameters, which are also entered on the machine, one can expect to exactly replicate reality on the computer. One factor especially important is the material data. It makes no sense to assume that just any generic rubber dataset will lead to the correct prediction of filling and curing behavior. Only when the real, measured data for viscosities and curing reaction is taken into account, the material behavior inside the mold is predicted correctly.

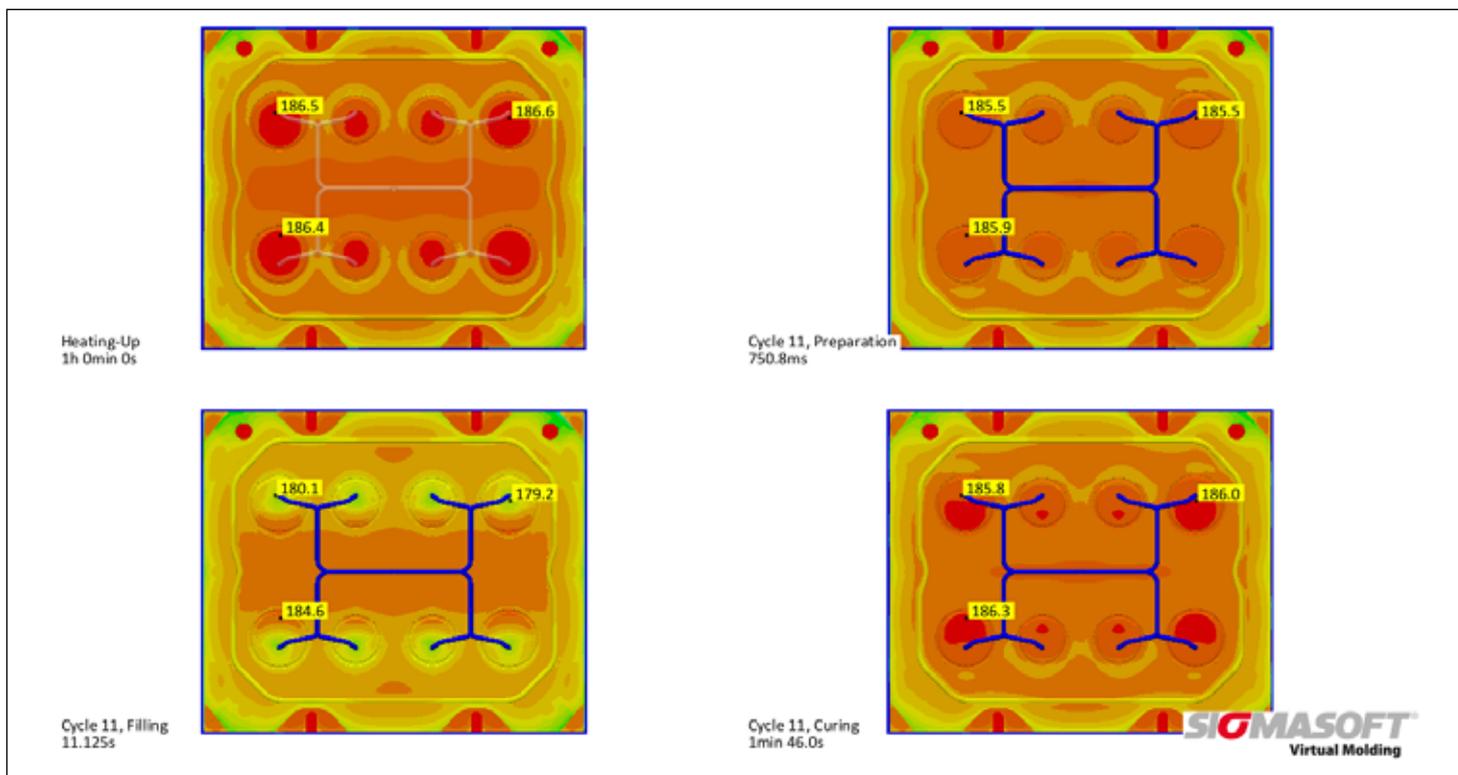
To provide the users of SIGMASOFT® Virtual Molding with the best possible data, SIGMA Engineering seeks strong collaborations with material suppliers. One of these valuable partners in Italy is the MESGO group. By providing measured data for their silicone rubbers, MESGO supports the development of resource and cost efficient processes, molds and parts and establishes itself even further as strong partner for their customers.

Conclusion

To meet today's challenges in the production of rubber parts, processors have to rely on up-to-date technology and tools like process simulation. Even for apparently simple parts a SIGMASOFT® Virtual Molding analysis helps to avoid initial difficulties and long trial-and-error to set-up the process. One key factor to substantial predictions of the real process is the material data of the rubber compound. With the support of committed material suppliers like MESGO, the simulation helps to virtually set-up and optimize parts, molds and processes.

Thanks

SIGMA Engineering and MESGO group thank ORP stampi for providing geometry data of the demonstration part. ■



dello stampo non è sufficiente (destra). Dopo aver analizzato il comportamento durante il riempimento dello stampo, il focus dell'analisi si è spostato sul profilo termico all'interno dello stampo durante il ciclo di stampaggio. Per riprodurre esattamente le condizioni di produzione sulla pressa, è importante non assumere durante i calcoli una temperatura uniforme dello stampo ma tenere in considerazione la corretta distribuzione delle temperature durante l'intero ciclo. Solo in questo modo è possibile dedurre conclusioni valide sul completamento delle figure e sul comportamento di vulcanizzazione di pezzi.

Per il pezzo dimostrativo, lo stampo è stato scaldato inizialmente scaldato per un'ora fino a raggiungere 180 °C. Di seguito, sono stati eseguiti dieci cicli consecutivi di stampaggio per trovare un stato termico stabile dello stampo e definire la distribuzione delle temperature nelle cavità come in una reale produzione.

La figura 4 mostra la distribuzione delle temperature sulla metà mobile dello stampo durante le diverse fasi del processo; la scala è fissata da 172 °C (blu scuro) a 186 °C (rosso) in passi di 1 °C. La porzione in alto a sinistra della figura 4 mostra la metà mobile dello stampo

alla fine del processo di riscaldamento. Già in questa fase è possibile apprezzare alcune differenze di temperatura sullo stampo e ciò è dovuto ai diversi componenti che lo costituiscono. Dopo aver raggiunto uno stato termico stabile, la distribuzione delle temperature appare un poco più omogenea, specialmente nelle cavità (in alto a destra). Ciononostante, la figura in basso a sinistra mostra come alla fine di ogni ciclo, ci siano variazioni di temperatura maggiori di 5 °C. In aggiunta, alla fine del riempimento del ciclo successivo un calo della temperatura di 7 °C all'interno delle cavità viene evidenziato nella figura in basso a sinistra. Tutte queste fluttuazioni sembrano di poco conto se paragonate a ciò che avviene sulla metà fissa dello stampo. In questo caso (Figura 5) differenze di oltre 30 °C possono essere osservate al centro delle cavità. Quest'enorme differenza è principalmente causata dal canale freddo, che non può essere completamente isolato dal resto dello stampo. Perciò, il canale freddo porta sempre a punti freddi all'interno delle cavità.

Queste differenze di temperatura all'interno delle cavità influenzano anche la reticolazione degli articoli. Alla fine del ciclo, quando le figure sono rimos-

Figura 4 – Distribuzione delle temperature sulla metà mobile dello stampo alla fine della fase di riscaldamento dello stampo (in alto a sinistra), all'inizio del ciclo di produzione (in alto a destra), alla fine del riempimento delle cavità (in basso a sinistra) e quando le figure sono rimosse dallo stampo (in basso a destra); la temperature è scalata da 172 °C (blu) a 186 °C (rosso) con ogni colore rappresentante 1 °C.

Picture 4 – Temperature distribution on the moveable half at the end of the heating phase (top left), the begin of a production cycle (top right), the end of part filling (bottom left) and when the part is removed from the mold (bottom right); the temperature is scaled from 172°C (dark blue) to 186°C (red) with each color representing 1°C.

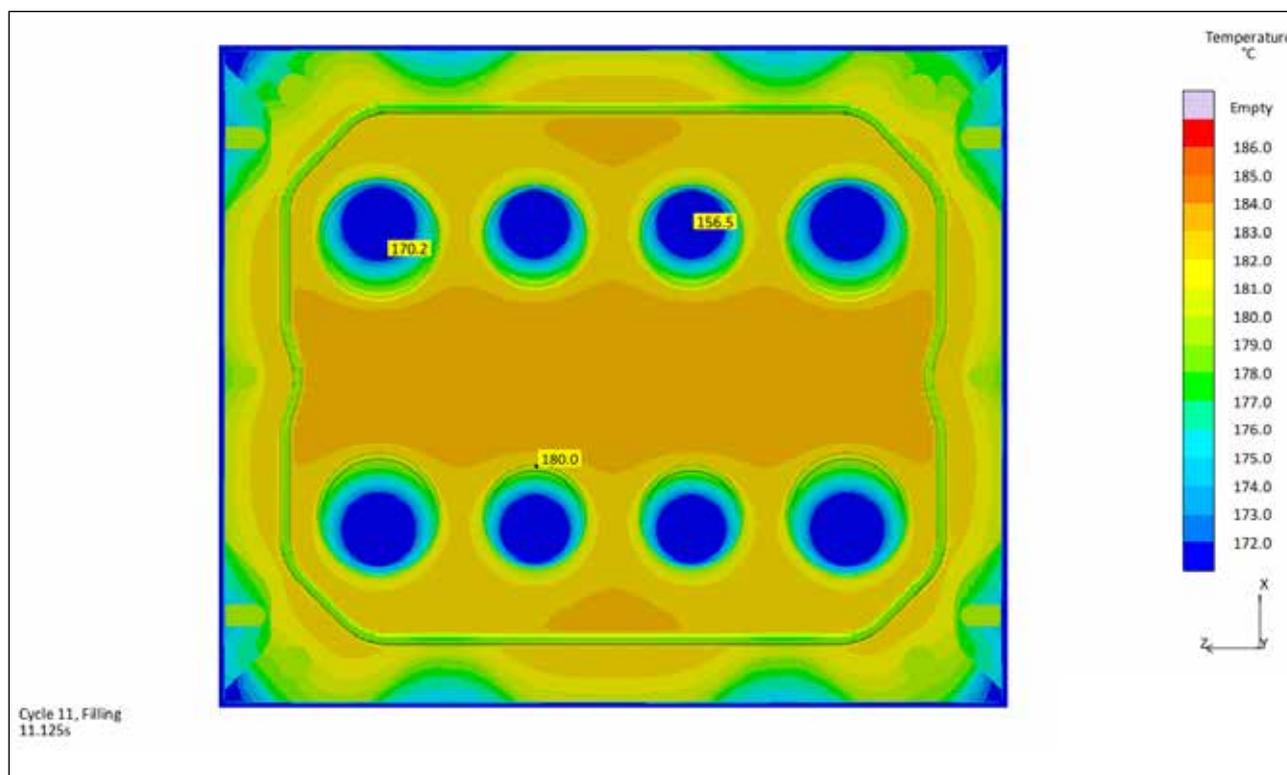
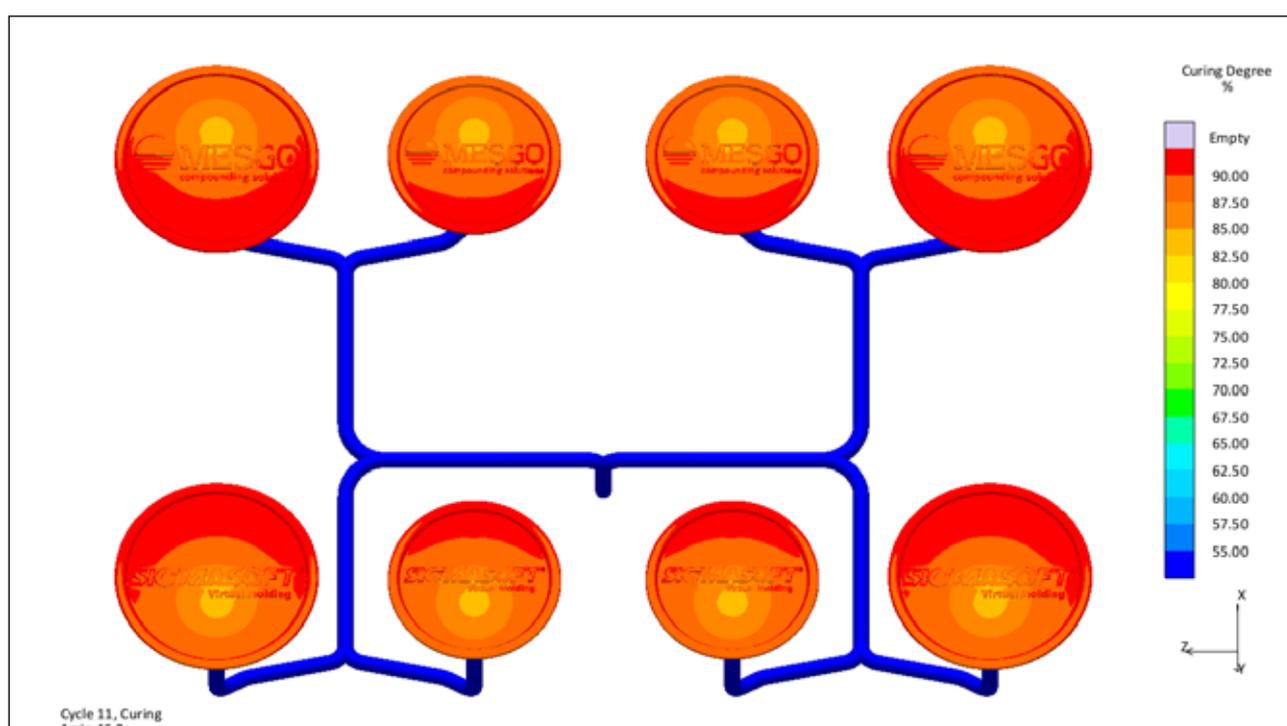


Figura 5 – Distribuzione della temperature sulla metà fissa dello stampo dove è apprezzabile una differenza di 30 °C.

Figura 5 – Distribuzione della temperature sulla metà fissa dello stampo dove è apprezzabile una differenza di 30 °C.

Figura 6 – Grado di reticolazione nei pezzi alla fine del ciclo simulato.

Picture 6 – Curing degree in the parts at the end of the cycle.



se dallo stampo è possibile apprezzare chiaramente la correlazione tra aree a bassa e alta temperatura e grado di reticolazione ottenuto (Figura 6). Specialmente il canale freddo può avere un impatto negativo e influenza in modo cruciale il tempo di ciclo ottenibile.

Oltre agli eventuali problemi di riempimento delle cavità anche questo aspetto sarebbe stato osservato e affrontato attraverso un lungo e costoso trial-and-error sulla pressa a iniezione prima di iniziare la produzione vera e propria. Grazie all'aiuto di prove virtuali al computer, questi problemi sono stati scoperti in tempo e le contromisure valutate e decise prima della definitiva costruzione dello stampo.

Solo dati validi portano a decisioni corrette

Come regola di base, i risultati di ogni analisi virtuale saranno tanto più corretti e accurati, tanto più lo saranno i dati forniti come input. Solo considerando le giuste geometrie e parametri di processo realistici, che sono anche normal-

mente forniti al controllo della pressa a iniezione, è possibile replicare ciò che avviene nella realtà al calcolatore.

Un aspetto importante è quello del set di dati che descrive il materiale. Non ha nessun senso assumere che un set dati generico di una gomma altrettanto generica porterà alla corretta predizione del comportamento di riempimento e reticolazione. Solo prendendo in considerazione dati di viscosità e di cinetica di reticolazione reali e misurati sarà possibile predire correttamente il comportamento del materiale durante il processo.

Per fornire agli utenti di SIGMASOFT® Virtual Molding i migliori dati per ogni materiale, SIGMA Engineering cerca forti collaborazioni con i produttori di materie prime. Uno di questi preziosi partner è proprio il gruppo MESGO in Italia. Avendo la possibilità di fornire dati accurati e approfonditi dei suoi compound, grazie agli strumenti e al personale presente nel suo R&D Center, MESGO può supportare lo sviluppo di risorse, processi efficienti, stampi

e articoli e essere un partner ancora più forte per i suoi clienti.

Conclusioni

Per affrontare le sfide di oggi nella produzione di articoli in gomma, gli stampatori devono poter contare su tecnologie al passo con i tempi e strumenti come la simulazione di processo. Anche per pezzi apparentemente semplici, l'analisi con SIGMASOFT® Virtual Molding aiuta ad evitare le difficoltà iniziali e lunghe ottimizzazioni trial-and-error di processo. Un aspetto chiave per ottenere predizioni accurate è la corretta definizione del set di dati che descrivono il compound. Grazie al supporto di fornitori di mescole come MESGO, la simulazione aiuta il set-up virtuale e l'ottimizzazione degli articoli, degli stampi e dei processi.

Ringraziamenti

SIGMA Engineering e il gruppo MESGO ringraziano ORP stampi per la gentile concessione dei dati geometrici dello stampo utilizzato nella dimostrazione. ■

SCIVOLATE VERSO IL SUCCESSO!

Interseals Srl All Around Gaskets

Interseals Srl offre consulenza personalizzata sulla tipologia di trattamento lubrificante da adottare in base alle Vostre esigenze e dispone di tutti gli strumenti di verifica necessari per l'efficacia del processo.



+39.030.7464-611

info@interseals.it

www.interseals.it



Interseals Srl può analizzare il grado di pulizia tecnica dei componenti grazie a moderni impianti di lavaggio, di estrazione degli inquinanti e di lettura dei risultati.



All Around Gaskets

Via Liguria 30 - 25031 - Capriolo (BS) ITALIA