

# Compensare il **ritorno elastico** con la **simulazione**? Ecco come!

Con la *release* 4.1 del software AutoForm è possibile svolgere un ciclo completo di prova stampi con la compensazione del ritorno elastico inclusa. Anziché compensare il ritorno elastico con cicli reali di messa a punto, la compensazione può essere realizzata con cicli virtuali.

L'introduzione sul mercato di nuovi materiali e il ricorso ad innovative tecnologie software nella progettazione di stampi e attrezzature stanno generando nuove "sfide" per le industrie manifatturiere e automobilistiche. L'applicazione di nuovi materiali (come ad esempio gli acciai alto resistenziali e l'alluminio) causa però alcune difficoltà a soddisfare le specifiche dimensionali durante la produzione e comporta più cicli (costosi) di messa a punto degli stampi. L'incrudimento più alto per deformazione a freddo e la rigidità più bassa dell'alluminio provocano per contro un ritorno elastico significativamente più alto.

Se fino a poco tempo fa la simulazione veniva usata soprattutto per la predizione dei casi convenzionali di rottura (rottore e grinze) durante le operazioni d'imbutitura, più recentemente l'esecuzione di nuovi e più efficienti tipi di elementi ha permesso di simulare le operazioni secondarie, incluso il ritorno elastico.

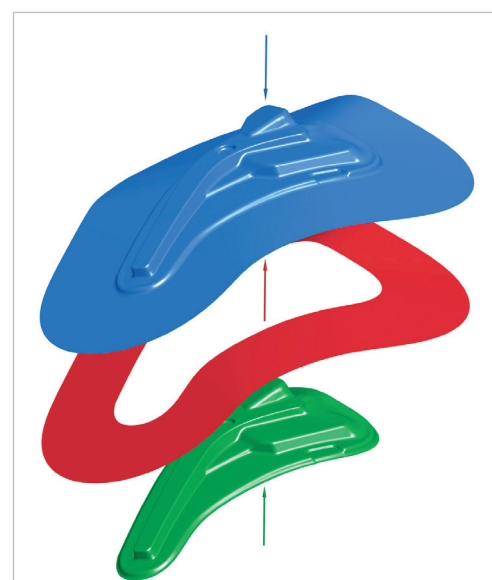
Con la *release* 4.1 del software AutoForm è possibile svolgere un ciclo completo di prova stampi con la compensazione del ritorno elastico inclusa. Per comprendere meglio come funziona l'interazione dei diversi moduli e sapere quando è necessario lanciare la compensazione è bene analizzare, se lo scopo della prova stampi è quello di ridurre tempi e

costi, il ciclo completo. In questo articolo prendiamo in esame il ciclo di un rinforzo C-pillar, componente generato in quattro operazioni: imbutitura, taglio e due flangiature.

## Un'incorporazione automatica dei cambiamenti della geometria

Partendo dalla geometria della parte, le superfici dello stampo per tutte le operazioni possono essere sviluppate completamente, dalla fase di imbutitura fino alle operazioni secondarie, con AutoForm-DieDesigner. Nel caso preso in esame sono state rappresentate le superfici dello stampo durante la fase d'imbutitura, inclusi il premilamiera, il fuori figura, le superfici di completamento e la parte.

Successivamente sono state automaticamente definite le superfici dei diversi utensili (punzione, matrice, premilamiera) e quindi definito il processo (asse di stampaggio e movimenti degli stampi), raffigurando anche la posizione iniziale degli utensili, comprese le direzioni di lavoro per la fase di imbutitura. La piena integrazione assicura l'incorporazione



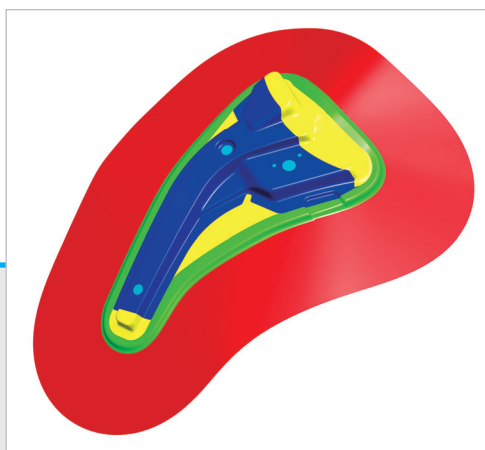
Stampo, punzone e premilamiera per l'imbutitura. È rappresentata la posizione iniziale degli utensili comprese le direzioni di lavoro per la fase di imbutitura (per gentile concessione di DaimlerChrysler/AutoForm).

automatica di eventuali cambiamenti successivi della geometria.

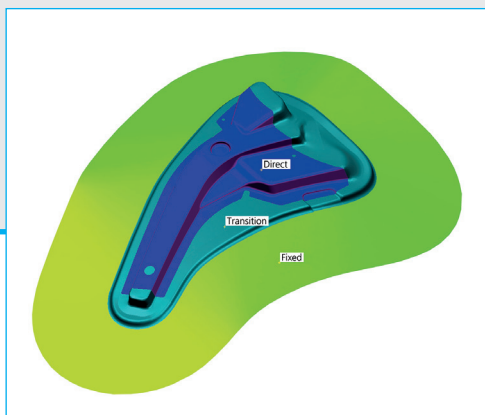
Dopo aver sviluppato la prima impostazione degli stampi, la fase d'imbutitura viene controllata per quanto riguarda rotture, grinze, assottigliamento e possibili graffiature.

La fattibilità si ottiene dopo una prima ottimizzazione. Già in questa fase il ritorno elastico dovrebbe essere controllato con lo scopo di verificare se lo stesso potrà essere compensato più avanti o se l'utensile deve essere rivisto.

A questo punto è disponibile un progetto preottimizzato e la parte è, in linea di principio, fattibile. Prima di considerare la compensa-



Superfici dello stampo durante la fase di imbutitura, inclusi il premilamiera, il fuori figura, le superfici di completamento e la parte (per gentile concessione di DaimlerChrysler/AutoForm).



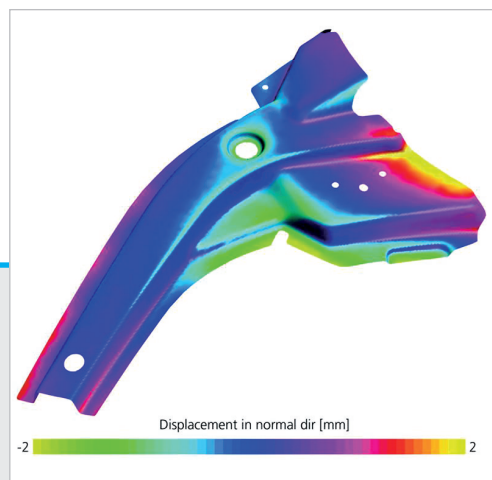
Zone di compensazione (per gentile concessione di DaimlerChrysler/AutoForm).

zione è opportuno però controllare la stabilità del processo di produzione. Una compensazione riuscita è fortemente legata a un processo di formatura stabile, poiché il ritorno elastico è molto influenzato dalle variazioni dei parametri di processo e del materiale. La realtà mostra, anche senza l'uso della simulazione, che malgrado la compensazione degli utensili, deviazioni alla geometria della parte compaiono come conseguenza del ritorno elastico. Ed il motivo è molto spesso un processo instabile.

Le variabili tipiche di rumore durante la produzione sono l'attrito, il carico sul prelamiera, il posizionamento dello spezzone e le proprietà dei materiali. Se questi valori variano automaticamente all'interno di una gamma di variabili prestabilita dall'utente e se si valutano i risultati della simulazione statisticamente, si ottiene un primo risultato importante: la dispersione del ritorno elastico (misurato come Standard IQR).

#### Valore medio del ritorno elastico: punto di partenza per la compensazione

Alcune zone della parte rappresentata mostrano ampie variazioni dovute al ritorno elastico che potrebbero causare alti livelli di scarto in produzione. AutoForm-Sigma aiuta a capire come queste zone possono essere positivamente influenzate da appropriati adeguamenti dei parametri di processo, modificando la parte o il processo di stampaggio.



Il risultato dell'analisi Sigma è un processo di formatura che produce parti accurate con basse percentuali di scarto.

Il secondo risultato degno di nota è il valore medio del ritorno elastico, un valore quasi indipendente dalla variazione dei parametri di processo anche se può essere influenzato dalla compensazione geometrica degli stampi. Il risultato del valore medio risulta quindi il punto di partenza per la compensazione. Come spiegato poc'anzi, attraverso l'analisi Sigma le specifiche dimensionali della parte possono essere garantite grazie alla compensazione geometrica dell'utensile. Nell'esempio preso in esame tre diverse zone sono state definite all'interno dell'utensile. Innanzitutto la zona della parte segnalata come diretta deve essere compensata direttamente, secondariamente la zona del prelamiera viene segnalata come fissa e deve rimanere invariata. La zona transitoria segnalata come transizione corrisponde al fuori figura, definizioni eseguite automaticamente se le superfici dello stampo vengono generate con AutoForm-DieDesigner.

Da segnalare che la compensazione delle superfici dello stampo è implementata in direzione opposta al ritorno elastico, con lo stesso valore. L'effettiva compensazione è determinata da un fattore definito dall'utente. Il calcolo della compensazione viene eseguito da un efficace algoritmo, che ha i suoi punti di forza nei tempi di calcolo ridotto e nella qualità della superficie generata. L'utensile così compensato viene usato come punto di par-

tenza per la successiva simulazione.

Dopo due cicli di compensazione, il risultato del ritorno elastico risulta all'interno del range di tolleranza richiesto.

L'abbinamento tra AutoForm e i più comuni sistemi CAD permette infine, attraverso appropriate interfacce, la rapida generazione di superfici utensili fino alla generazione di dati destinati alla fresatura.

#### Trasformazione diretta delle superfici compensate in superfici fresabili

In conclusione con AutoForm 4.1 è possibile eseguire, già durante la fase di sviluppo, modifiche alla geometria dell'utensile in un range di determinate tolleranze. Un vantaggio fondamentale è l'integrazione del modulo Compensator nei moduli già esistenti di AutoForm come DieDesigner, Trim, Sigma e Incremental.

L'interfaccia fra AutoForm e i più diffusi CAD/CAM agevola poi una trasformazione diretta delle superfici compensate in superfici fresabili, mentre la stabilità nella produzione di serie è garantita dall'analisi integrata Sigma.

Con la *release* 4.1 l'intero processo di produzione dello stampo, dallo sviluppo della parte alla messa a punto degli stampi, richiede tempi e costi inferiori, parola di AutoForm. Anziché compensare il ritorno elastico con cicli reali di messa a punto, la compensazione può adesso essere realizzata con cicli virtuali di messa a punto durante la progettazione del processo dello stampo e dell'utensile. La generazione dell'utensile attraverso la procedura descritta permette di gestire correttamente la produzione delle parti rispetto alla capacità numerica e logistica e, conseguentemente, aumentare sia il rendimento sia la produttività. **NM**

Calcolo del ritorno elastico libero dopo la rifila eseguito con AutoForm 4.1 (per gentile concessione di DaimlerChrysler/AutoForm).