

UNA NUOVA ERA DELLA PROTOTIPAZIONE DIGITALE

Un caso reale di assembly engineering nel settore automotive dimostra i limiti dell'approccio tradizionale alla validazione di processo. Attraverso la piattaforma AutoForm, il team ha ripercorso l'analisi dalla fase CAD-0 fino all'utilizzo di scansioni reali dei componenti, scoprendo che la variabilità nei parametri di stampaggio – in particolare lo spessore del materiale – era all'origine di un'interferenza critica. Un'analisi di robustezza integrata avrebbe permesso di individuare il problema prima della costruzione delle attrezzature.

di Irene Pellegrini* e Gianfranco Ruggiero**

visita il sito



AUTOFORM



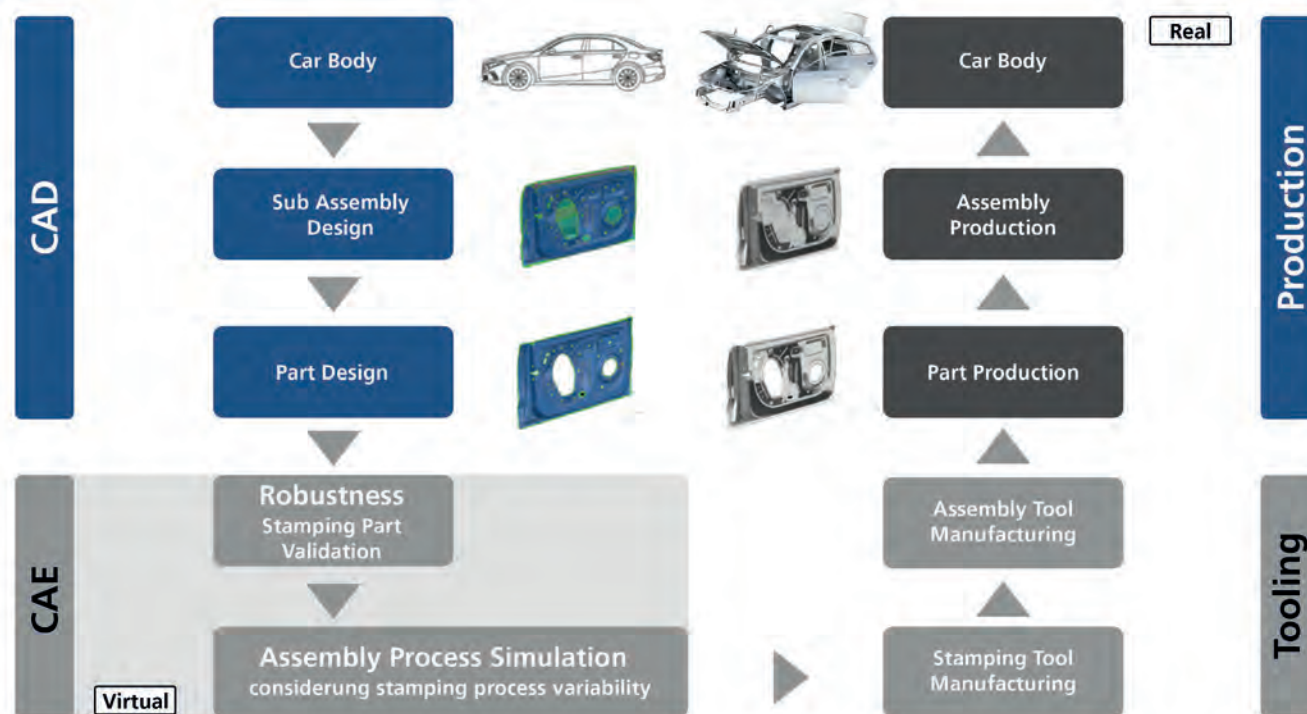


Figura 10 – Flusso di processo rivisto: dalla progettazione, alla simulazione, alla produzione.

problema di interferenza osservato in officina. La Figura 7 offre una sintesi dell'intero percorso di analisi. Il confronto tra gli esiti delle Fasi 2 e 3 conduce a una conclusione immediata: i componenti simulati non coincidono con quelli reali utilizzati in produzione. Eppure, entrambi rientrano nei limiti di tolleranza, perché componenti fuori specifica sarebbero stati scartati dal controllo qualità in accettazione. Qual era, allora, l'elemento mancante del puzzle? Riesaminando il processo, è apparso subito evidente ciò che mancava: l'analisi della variabilità nei risultati della simulazione di stampaggio. Nella Fase 2, infatti, il processo di assemblaggio era stato simulato sulla base di un solo set di parametri di input, trascurando così la reale variabilità dei parametri di processo. Abbiamo quindi ripreso la Fase 2, questa volta eseguendo un'analisi di robustezza su tutti i processi di stampaggio per misurare la variabilità dei risultati al variare dei parametri di input, come materiale, lubrificazione e spessore. Questi risultati sono stati poi trasferiti nella simulazione di assemblaggio, così da valutarne l'impatto sul comportamento finale del sottogruppo. La risposta è emersa

con chiarezza: pur in presenza di processi di stampaggio robusti sui singoli componenti, l'analisi di robustezza del processo di assemblaggio ha mostrato che il problema poteva effettivamente manifestarsi.

Il movimento aggiuntivo lungo l'asse Z modifica la posizione del bordo del foro. Quando questo spostamento supera il gioco disponibile, l'interferenza diventa possibile. È quindi plausibile che quanto osservato durante il tryout sia stato causato da un incremento dello springback nel componente interno. A questo punto si è posta una nuova domanda: con quale frequenza può verificarsi un fenomeno di questa tipologia? Si tratta di un evento sporadico o di una criticità più diffusa in queste condizioni?

La nostra analisi ha mostrato che la probabilità di che il problema aveva di manifestarsi non era trascurabile, specie se paragonato con gli standard rigorosi adottati dal controllo qualità in produzione. Se questi risultati fossero stati disponibili prima della costruzione delle attrezzature, sarebbe stato possibile esplorare soluzioni alternative prima di congelare le geometrie. "Questo progetto ha dimo-

strato come la tecnologia fornita da AutoForm possa aiutarci concretamente a migliorare il processo, rendendolo più efficace, più efficiente e più affidabile, con benefici tangibili sia sulla qualità sia sul costo complessivo", ha commentato il responsabile qualità assemblaggio del nostro cliente.

Uno degli elementi più rilevanti emersi dall'analisi riguarda la variazione di spessore del materiale, individuata come il fattore più significativo nell'origine del problema. Una variazione di spessore durante lo stampaggio può infatti tradursi in una criticità di assemblaggio. È un risultato che conferma quanto sia fondamentale un'analisi completa, capace di prevenire i problemi lungo l'intero processo. Alla luce di questi risultati, il processo iniziale mostrato in Figura 1 dovrebbe essere riconsiderato secondo lo schema illustrato in Figura 10. Non si tratta solo di ridefinire le attività, ma anche tempi e disciplina operativa lungo l'intero flusso, dall'ingegneria di processo alla produzione.

**Application Engineer in AutoForm.*

***Expert Product Manager in AutoForm.*

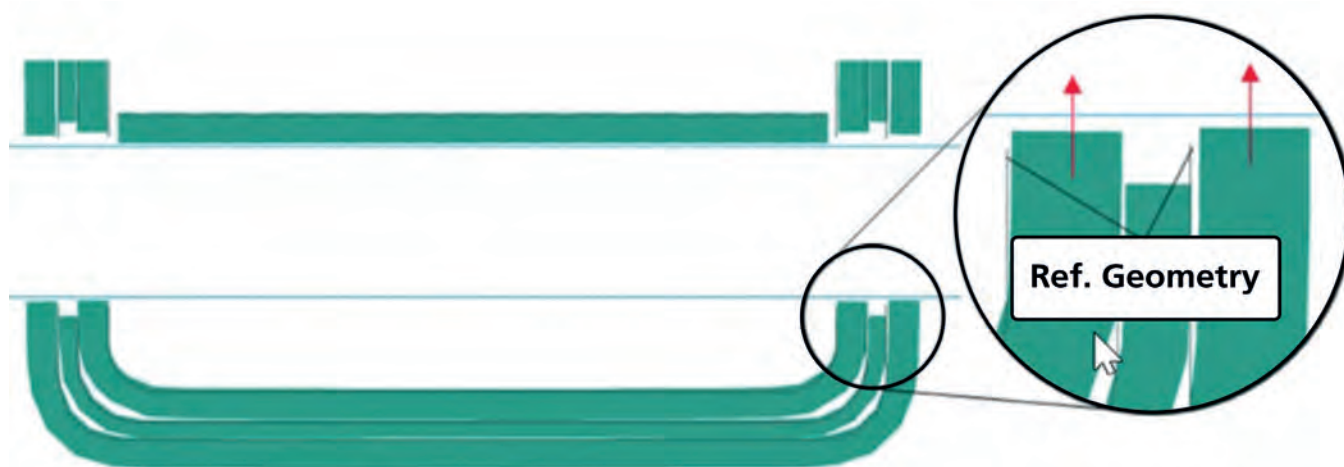


Figura 4 – Risultati della simulazione di assemblaggio.

valutazione di numerose possibili soluzioni, si è arrivati a una soluzione. Ma il prezzo da pagare è stato elevato sia in termini di tempo, che di risorse, di ritardi e di costi aggiuntivi. Da qui nasce la domanda cruciale: si sarebbe potuto evitare tutto questo? E, se sì, in che modo? È per rispondere a questo interrogativo che è stata coinvolta AutoForm ossia con l'obiettivo di verificare se la tecnologia oggi

disponibile potesse offrire una risposta concreta.

Per farlo siamo tornati all'inizio, al momento in cui gli assembly process engineer impostano il processo. Abbiamo ricostruito l'analisi da zero, pur tenendo conto di un contesto già definito: utensili costruiti e componenti già stampati e assemblati. Le fasi del processo che abbiamo seguito sono sintetizzate in Figura 2.

Fase 1 – Validazione del processo di assemblaggio a partire da geometrie CAD-0

Come farebbe qualsiasi team di assembly engineering, il primo passo è stato capire se il problema potesse dipendere dal processo di assemblaggio. Abbiamo quindi simulato il processo utilizzando le geometrie di riferimento (cosiddette CAD-0) dei singoli componenti, così da riprodurre lo scenario tipico delle prime fasi di definizione del layout di processo, quando ancora i risultati delle simulazioni dei processi di stampaggio non sono disponibili. La Figura 3 mostra le diverse fasi di impostazione della simulazione del processo di assemblaggio. In Figura 3a è evidenziato il modello 3D dell'assieme, con il focus sul foro critico in corrispondenza del quale è stata eseguita una sezione, illustrata nelle parti b e c. La Figura 3b mostra invece la sezione CAD-0 dei tre componenti.

Abbiamo eseguito due simulazioni: la prima con le geometrie CAD-0 nominali; la seconda introducendo su tutti i componenti uno springback "plausibile", così da ottenere geometrie deformate da usare come input. Questo secondo scenario riproduce in modo più fedele quanto accade nella realtà. Gli input adottati rispecchiavano il processo reale: stesse posizioni delle clamps, medesime sequenze di chiusura, punti di saldatura e relativa sequenza, sequenza dei componenti del sottoassieme e geometria dell'attrezzatura.

I risultati di entrambe le simulazioni non hanno evidenziato problemi attribuibili al processo di assemblaggio.

La Figura 4 riporta i risultati della secon-

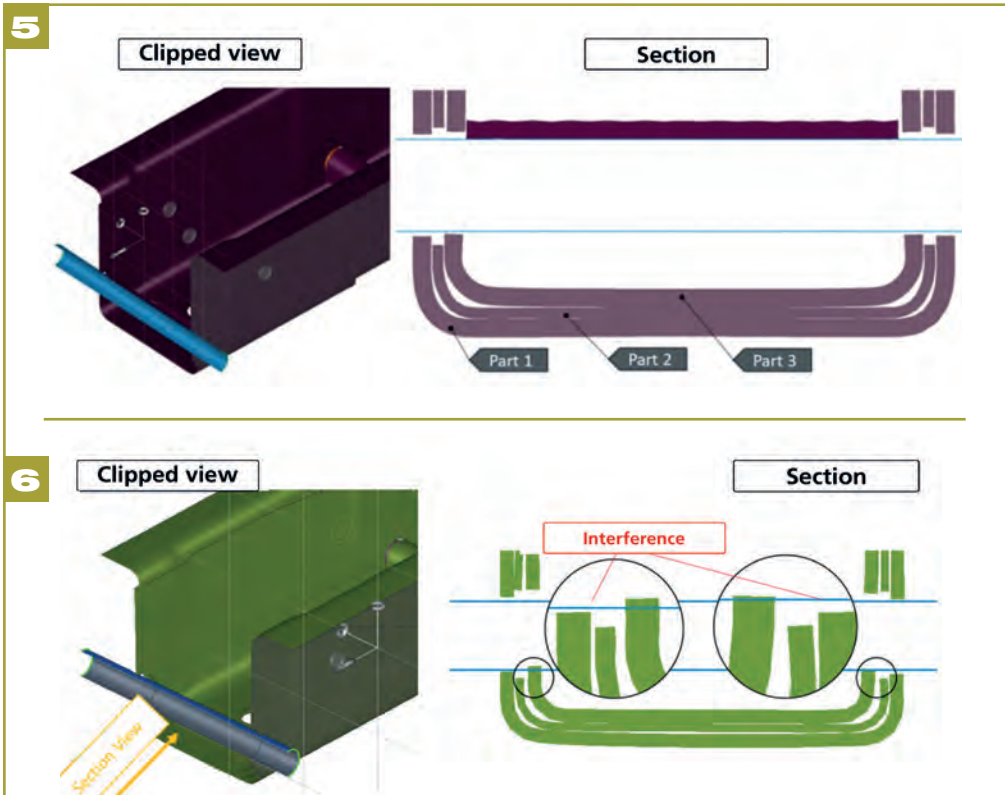
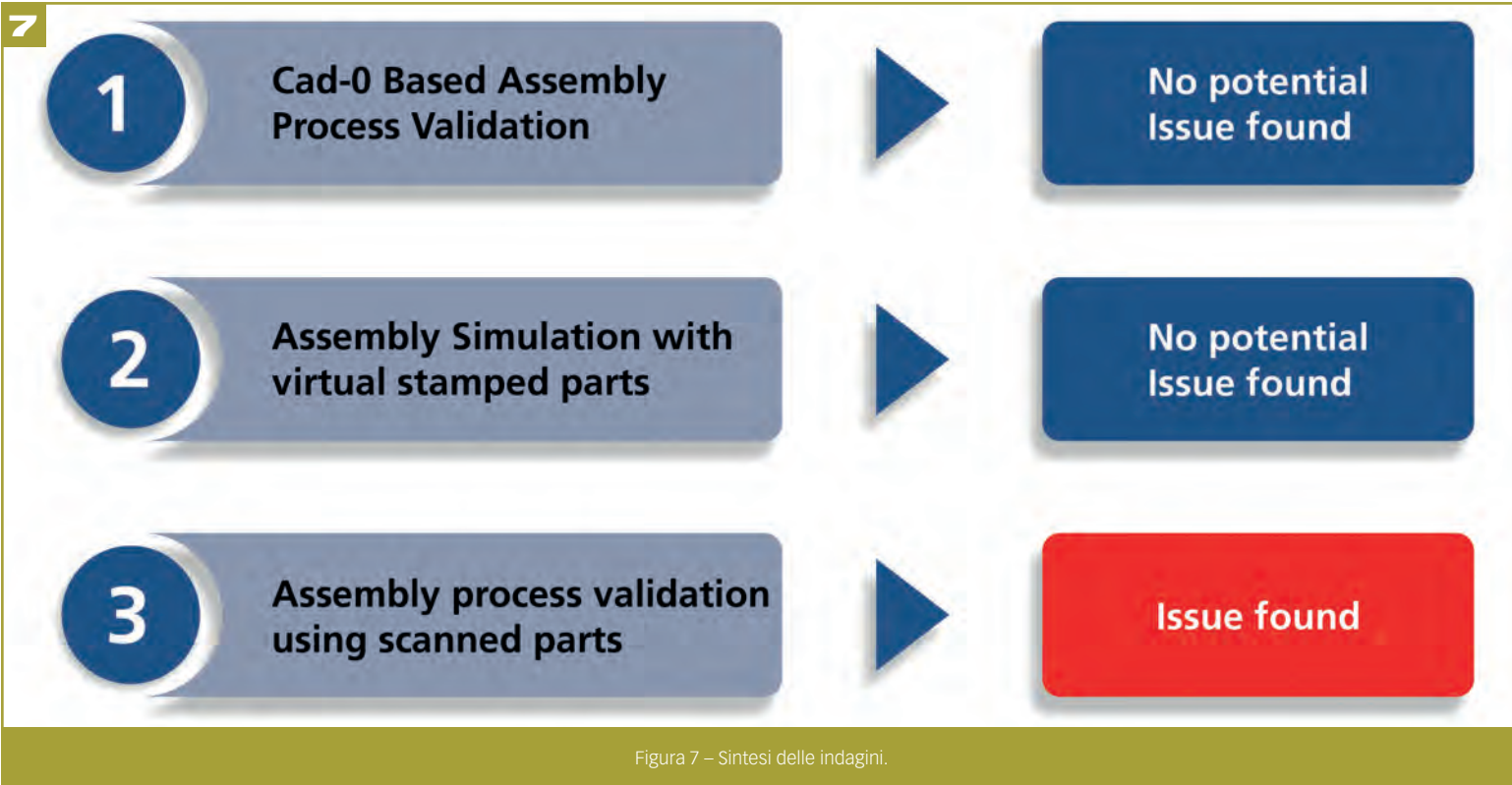


Figura 5 – Simulazione di assemblaggio con componenti stampati virtualmente. -

Figura 6 – Simulazione di assemblaggio con geometria di componenti scansionati.



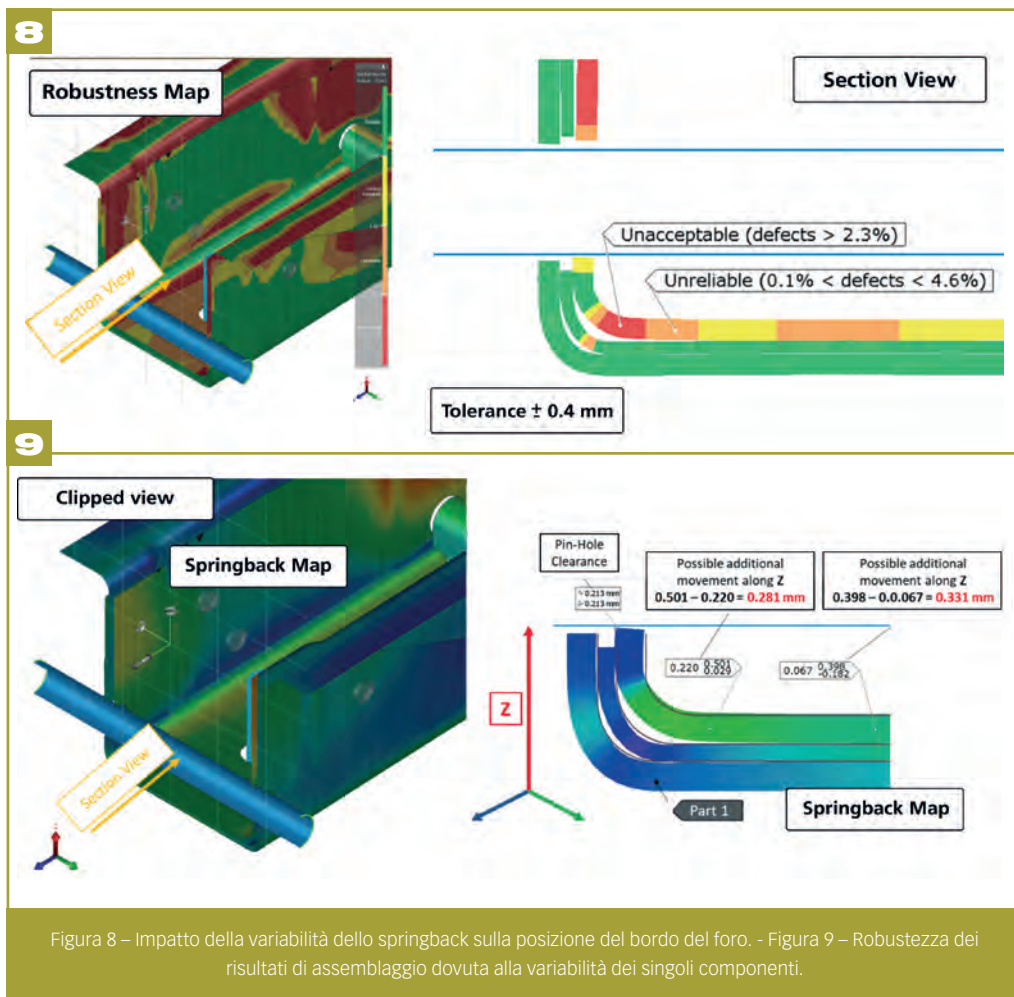
da simulazione, quella basata su componenti “deformati”. Un primo indizio emerge già qui: una lieve riduzione del gioco tra il bordo del foro e il perno. Una variazione minima, ma sufficiente a suggerire una possibile tendenza da indagare nelle fasi successive, quando l’analisi si sposta su geometrie derivate da processi di stampaggio simulati.

Fase 2 – Validazione del processo di assemblaggio con componenti stampati virtualmente

Senza modificare il setup di processo, abbiamo sostituito i componenti preliminari stimati con i risultati del processo di stampaggio ormai validato. Anche in questo caso, come mostra la Figura 5, la simulazione non prevedeva alcuna interferenza tra il bordo del foro e il perno.

Fase 3 – Validazione del processo di assemblaggio con componenti scansionati

Dopo le prime due analisi, abbiamo acquisito le scansioni dei componenti reali e le abbiamo impiegate nella simulazione del processo di assemblaggio. In pratica, i componenti simulati sono stati sostituiti con quelli scansionati. Il risultato, riportato in Figura 6, riproduce esattamente il



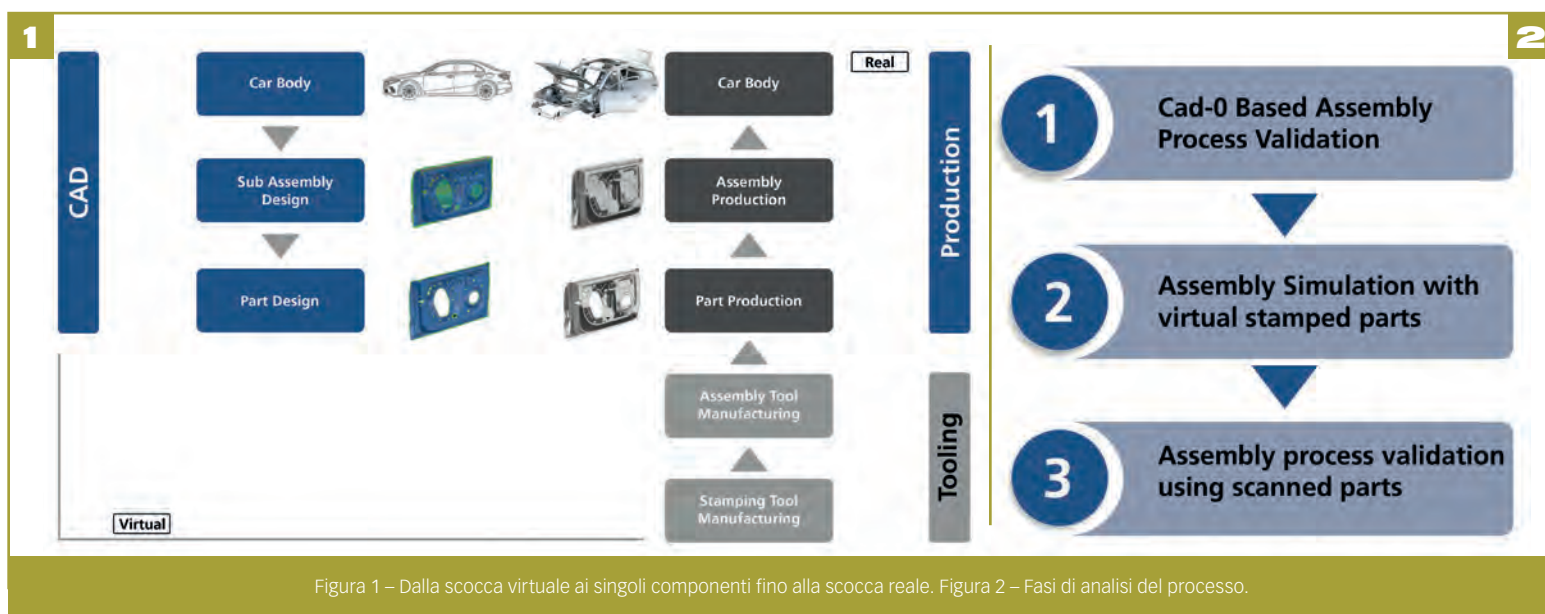


Figura 1 – Dalla scocca virtuale ai singoli componenti fino alla scocca reale. Figura 2 – Fasi di analisi del processo.

L'obiettivo finale di tutti è quello di costruire le scocche in modo efficiente, riducendo al minimo tempi di sviluppo e costi complessivi. Tutto comincia dalla progettazione della scocca. Da qui, progettisti di prodotto e di processo scompongono l'intero BiW in sottogruppi più piccoli, fino ai singoli componenti, più semplici da realizzare. Nel mondo reale, però, il processo segue il percorso inverso: si parte dai componenti singoli, che vengono assemblati in sottogruppi fino a dare forma all'intera scocca.

È noto che, per effetto dei processi produttivi, il componente reale non coincide mai perfettamente con il modello di progetto. L'obiettivo è però far sì che vi si avvicini il più possibile. Ma quale è la definizione di "abbastanza" vicino? Il reparto GD&T definisce i punti di controllo sull'intera scocca, che vengono poi riportati sui sottoassiemi e sui singoli componenti. La definizione delle tolleranze dimensiona-

li e delle caratteristiche superficiali, come curvatura e planarità, serve proprio a garantire qualità e funzionalità del prodotto finale.

L'assunto di partenza è semplice: rispettare questi vincoli significa raggiungere l'obiettivo. Ma nelle moderne scocche automobilistiche i componenti possono essere 200, 300 o anche di più, e ciascuno di essi deve essere prodotto in modo coerente con i requisiti definiti.

Possiamo davvero dare per scontato che componenti conformi generino sottogruppi conformi e, in ultima analisi, una scocca conforme? La risposta, come vedremo, è tutt'altro che banale o scontata. È proprio questo il dilemma che si è trovato ad affrontare il team di assembly engineering del nostro cliente, chiamato a modificare un sottogruppo già in produzione per renderlo conforme ai requisiti di crash test. L'intervento prevedeva l'aggiunta di due rinforzi, e per fare que-

sto, grazie alla piena consapevolezza che ciò avrebbe potuto introdurre criticità in fase di assemblaggio, il team ha messo in campo tutta la propria esperienza per ridurre il rischio al minimo.

Alla prima prova di assemblaggio del nuovo sottogruppo, è emerso che neppure tutta quell'attenzione era stata sufficiente: un disallineamento tra dei fori impediva il corretto montaggio dei componenti, generando l'impossibilità dell'inserimento del perno nella fase successiva. Per ragioni di riservatezza, non possiamo mostrare un'immagine dettagliata dell'interferenza reale nell'assemblaggio, ma ne illustreremo la controparte virtuale.

Quando un problema di questo tipo emerge durante il tryout, la prima domanda che inevitabilmente ci si pone è: l'origine del problema è in un singolo componente oppure nel processo di assemblaggio? Nel caso in esame, attraverso il tipico approccio Trial&error (a tentativi) e dopo la

Figura 3 – Geometrie in ingresso del processo di assemblaggio.

