

Scenari in evoluzione nel mercato dell'auto

Il mercato automobilistico sta vivendo un periodo di grandi cambiamenti dovuti da una parte all'introduzione di norme sempre più severe relative alla sicurezza del veicolo e dall'altra alla necessità di soddisfare i desideri dei clienti con l'introduzione di sempre più numerose dotazioni, proposte anche nelle versioni base, con conseguente incremento delle masse veicolari e quindi di consumi ed emissioni; infine, la ricerca di nicchie di mercato nuove comporta la frammentazione dei segmenti e delle versioni unitamente alla riduzione del ciclo di vita medio. La sostenibilità industriale delle soluzioni progettuali non è pertanto da intendersi in termini unicamente economici; le innovazioni devono infatti garantire anche e soprattutto un elevato grado di riconvertibilità, flessibilità, robustezza e soprattutto essere compatibili con i processi esistenti in azienda. Le richieste di riduzione della CO₂ (accordo Cafe tra Acea e Commissione Europea, figura 1), spingono l'evoluzione del veicolo e dei suoi processi di fabbricazione verso il raggiungimento di una riduzione del peso dell'ordine del 2% entro il 2008 e del 5% entro il 2012. Diversamente dagli anni '90, durante i quali si studiavano soluzioni per l'alleggerimento soprattutto attraverso l'impiego di leghe leggere, negli ultimi anni l'evoluzione degli acciai ha consentito di ottenere una riduzione in peso a costi accettabili. Per un alleggerimento ulteriore, e quindi per soddisfare gli obiettivi Cafe 2012, è fondamentale un approccio multimateriale che verrà facilitato dalla definizione di nuove scomposizioni del veicolo. Tutto ciò potrebbe sfociare in una forte discontinuità evolutiva con impatti rilevanti nell'organizzazione del lavoro e nella gestione della fabbrica. Nel breve-medio termine, un possibile scenario di riferimento è quello caratterizzato da prodotti che devono assicurare il rispetto delle nuove esigenze ambientali e di sicurezza giocando la propria competitività sui costi, sul livello qualitativo e sulla velocità di immissione sul mercato. In tale contesto, l'evoluzione dei processi di trasformazione dovrà favorire quindi lo sviluppo di

Le tecnologie di assemblaggio in campo automobilistico stanno subendo una rapida evoluzione sotto la spinta di nuovi materiali e configurazioni di giunzione. La gestione di diversi processi e materiali all'interno di un solo stabilimento, unitamente alla frammentazione di modelli e versioni, può impattare fortemente sul processo produttivo e sulla sua efficienza economica. Ciò offre ai fornitori l'occasione di proporsi per l'assemblaggio di sottogruppi tramite tecnologie anche con carattere fortemente innovativo

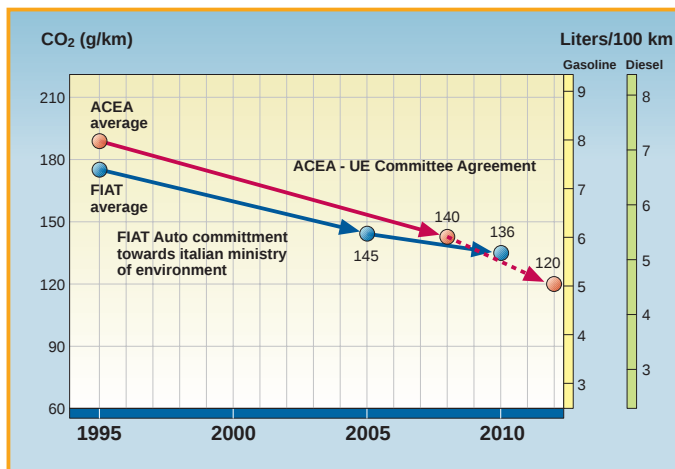
*di Fabrizio Bentini, Massimo Di Pardo,
Paolo Mairone, Maria Elisa Micucci
CRF - Centro Ricerche Fiat*

veicoli con un'architettura sostanzialmente convenzionale attraverso: l'ottimizzazione continua dei processi produttivi convenzionali che dovranno recepire l'utilizzo dei nuovi materiali per incrementare la sicurezza passiva e per l'alleggerimento; l'utilizzo efficace dei nuovi processi produttivi il cui sviluppo è spinto dalle nuove architetture del veicolo ma che possono trovare un'applicazione conveniente anche per le architetture di tipo convenzionale.

I nuovi processi dovranno consentire di differenziare e ampliare la gamma prodotti per sostenere efficientemente la produzione di modelli di nicchia, con volumi produttivi compresi tra 2.000 e 50.000 vetture/anno.

I requisiti fondamentali delle tecnologie costruttive per bassi volumi devono essere pertanto la flessibilità e il basso livello di investimento; l'approccio multi-materiale richiede di superare le possibili barriere tecnologiche legate al collegamento di elementi in materiale dissimile e in generale difficilmente processabile con tecnologie tradizionali.

I fornitori possono quindi trovare nuove occasioni di business nella fornitura di sottogruppi completi in lega leggera o multimateriale; ciò consente al produttore di auto di minimizzare l'impatto sulla linea di assemblaggio e sui flussi di materiale, al fornitore di guadagnare una posizione privilegiata rispetto alla concorrenza fornendo prodotti ad alto valore aggiunto e potendo con-



Nell'ambito dell'assemblaggio della scocca, la tecnologia di saldatura a resistenza copre gran parte delle applicazioni; l'introduzione delle tecnologie di incollaggio e di giunzione meccanica (rivettatura, clinciatura, rivettatura autoperforante) in linea di assemblaggio ha esteso l'impiego di materiali scarsamente saldabili e ha facilitato lo sviluppo di geometrie di giunzione di difficile realizzazione con la saldatura a resistenza.

In tale contesto, la tecnologia laser ha acquisito un ruolo sempre più rilevante, grazie all'elevata produttività e

Figura 1. Accordo fra l'Associazione dei produttori automobilistici e la Commissione Europea per la riduzione delle emissioni di CO₂.

The evolution of assembly technologies in the automotive industry is being accelerated by new materials and joint configurations. Running several processes and handling several materials within one plant only, as well as the fragmentation of car types and versions, can strongly affect the manufacturing process and its cost-efficiency. It is thus possible for subcontractors to offer to turn out subassemblies using technologies that may be absolutely innovative. Actually, the automotive market is undergoing important changes, partly because of the growingly stricter vehicle-safety standards and partly because customers' whims

have to be met by providing more and more accessories and features, some of which even in the basic version of the car. This causes an increase of vehicle mass, higher fuel consumption and higher emissions; also, the search for new market niches brings about fragmentation of the versions and a shorter life-cycle of the product. Therefore, product evolution also impacts junction technology. Currently cars are mostly made of sheet steel and assembled with traditional processes. As concerns carbody assembly, resistance welding is used in most cases; the onset of glueing and mechanical-junction technologies

(riveting, crimping, self-boring riveting) on the assembly line made it possible to use poorly weldable materials and helped the development of joint geometries that could hardly be tackled with resistance welding. Against this background, laser technology has been acquiring greater importance because of its high yield and typical good quality and since it permits developing new designs. The latest-generation junction technologies, such as magnetic-pulse welding and friction stir welding, are used for a few niche applications but are not adopted in production, as they are left to the suppliers of subassemblies.

tare su un'elevata saturazione degli impianti, grazie alla differenziazione della clientela e dei prodotti.

TECNOLOGIE DI ASSEMBLAGGIO

L'evoluzione che sta subendo il prodotto ha dunque un profondo impatto anche sulle tecnologie di giunzione. Attualmente le vetture sono prodotte per la maggior parte del loro peso in lamiera di acciaio e assemblate con tecnologie tradizionali.

qualità che la caratterizzano, unitamente alla possibilità di sviluppare nuove soluzioni progettuali. Le tecnologie di giunzione di ultima generazione, quali Magnetic pulse welding e Friction stir welding, sono impiegate in alcune applicazioni di nicchia ma tipicamente non vengono implementate in produzione, essendo demandate ai fornitori dei sottogruppi stessi. Elenchiamo di seguito le tecnologie di giunzione e alcuni esempi di loro applicazione in campo automotive.

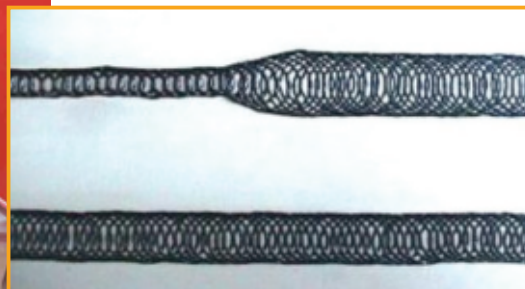


Figura 2. Differenti geometrie del cordone e quantità di adesivo erogato (fonte SCA), porta multimateriale con ossatura in magnesio e pelle in alluminio incollata, sviluppata nell'ambito del progetto Magdoor.

Figura 3. Rappresentazione schematica del processo di rivettatura autoperforante (fonte: Bolhoff).

Saldatura a resistenza

La saldatura a resistenza rimane la più utilizzata, la lunga esperienza ha consentito di ottimizzare la progettazione del prodotto e del processo produttivo che, unitamente alla robustezza del processo di saldatura, consente di realizzare il componente, la linea di assemblaggio e la messa a punto del processo con costi estremamente contenuti e con elevata affidabilità, contenendo i tempi di immissione sul mercato dei nuovi modelli. Nonostante l'impiego della saldatura a resistenza venga sempre più affiancata dalle tecnologie emergenti, il numero di punti di saldatura è comunque in aumento per ottenere elevate prestazioni a crash. Il mercato propone inoltre continui sviluppi, come l'introduzione di sistemi con controllo in catena chiusa dei parametri di processo e di sistemi a media frequenza che consentono di gestire materiali di difficile saldabilità (ad esempio gli acciai altoresistenziali e ultra-altoresistenziali), semplificare gli impianti e di estendere l'applicazione del processo a lamiere incollate.

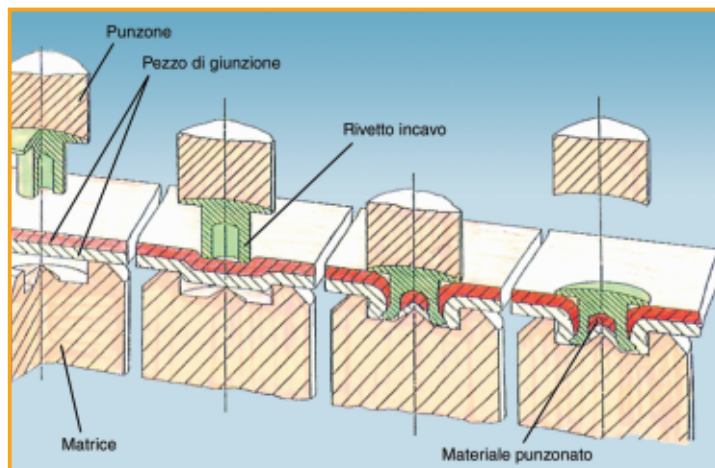
Saldatura ad arco

La saldatura ad arco non è utilizzata diffusamente in carrozzeria a causa delle elevate distorsioni e dei problemi di interazione con lo zinco, ad eccezione delle operazioni di revisione per cui solitamente si impiega la tecnologia di MIG-Brazing.

Le applicazioni più tipiche della saldatura MAG e MIG si riscontrano nella produzione di sottogruppi forniti completi al produttore, quali puntoni, telai di meccanica (telaio motore e sospensioni), ossature di sedili, ecc.

Saldatura laser

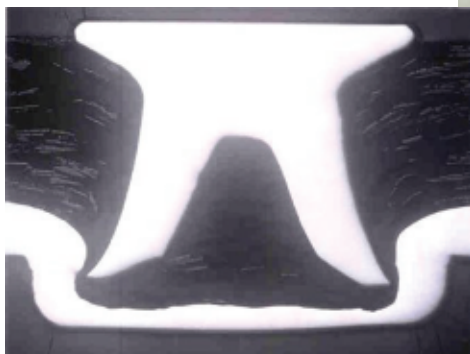
Negli ultimi dieci anni, il mercato delle sorgenti laser per applicazioni di alta potenza ha avuto una continua



espansione, soprattutto sotto la spinta del continuo sviluppo di nuove applicazioni in carrozzeria. Le nuove soluzioni sviluppate consentono di ottenere livelli di saturazione degli impianti superiori al 90%, di gestire variazioni di mix produttivo da 0 a 100% e di consentire la transizione per nuovi modelli e versioni. Dal 2002, presso gli stabilimenti Fiat di Mirafiori, sono impiegate, in prima mondiale, due celle di lavorazione Agilaser prodotte da Comau, per la produzione delle portiere anteriori e posteriori di Fiat Idea e Lancia Musa. Attualmente altre tre celle Agilaser stanno avviando la produzione di nuovi modelli di Alfa, Fiat, Lancia. Un esempio di collaborazione integrata con i fornitori, è l'acquisto di una quarta cella Agilaser da parte di un fornitore, ottenendo un vantaggio competitivo rispetto alla concorrenza.

Incollaggio

L'incollaggio strutturale, già applicato per l'assemblaggio di lamiere di acciaio zincato, ha un forte potenziale di sviluppo per la giunzione di componenti in multimateriale. Gli ultimi sviluppi della tecnologia sono mirati a consentire un migliore controllo dell'erogazione dell'adesivo, in termini di portata e omogeneità del cordo-



ne depositato; tale tecnologia è denominata swirl, (vedi figura 2). Attualmente l'incollaggio è impiegato principalmente per incrementare le prestazioni strutturali, in particolare le caratteristiche di rigidità della scocca e consentire la giunzione di strutture

l'ugello di applicazione, consentono il rilevamento delle variazioni geometriche del cordone, con un risparmio di stazioni aggiuntive di verifica e un miglioramento della qualità globale del prodotto.

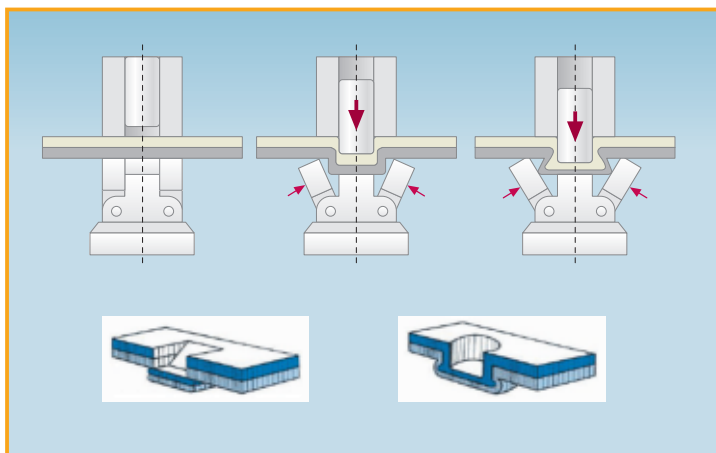


Figura 5. Rappresentazione schematica del processo di clinciatura e diverse geometrie del giunto (fonte: Bolhoff, Tox).

multimateriale (vedi figura 2). Negli ultimi anni, sono stati formulati adesivi ad alte prestazioni per resistere anche a sollecitazioni tipiche delle prove di crash e che forniscono ottimi risultati in abbinamento ad altre tecniche di giunzione. Sempre più spesso l'incollaggio è infatti impiegato assieme alle tecnologie di rivettatura, saldatura a resistenza, clinciatura. In questo senso si auspica lo sviluppo di un legame sempre più stretto tra industrie automobilistiche e produttori di adesivi per la creazione e perfezionamento di nuove formulazioni specifiche per i singoli casi in esame. Infine, sono in sviluppo sistemi di controllo in tempo reale, che, per mezzo di telecamere montate in prossimità del-

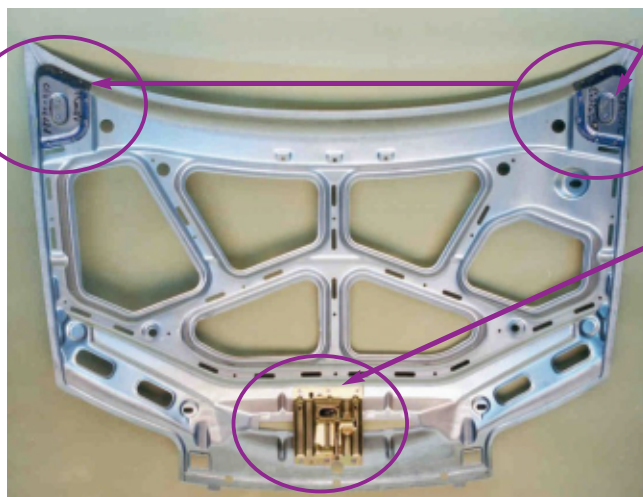


Figura 4. Sezione di un giunto, sezione di fiancata in Al rivettata.

Rivettatura autoperforante

Nel processo di rivettatura autoperforante il collegamento viene eseguito evitando l'operazione di foratura presente nella rivettatura tradizionale. Consiste in una punzonatura da parte di un rivetto di geometria adeguata che perfora la prima lamiera e va a deformare la seconda lamiera inglobando il materiale tranciato (vedi figura 3). L'impiego della rivettatura autoperforante è in

crescita proporzionalmente alla varietà di materiali impiegati; è limitata all'applicazione a materiali con carico di snervamento paragonabile all'acciaio dolce, ma nel dominio delle giunzioni multimateriale condivide il primato con gli adesivi strutturali, oltre a rico-



Figura 6. Rivettatura rinforzata in acciaio su cofano in Al.

pire un ruolo predominante nella giunzione di elementi in lega leggera (Al, Mg).

Le applicazioni attualmente variano dalla giunzione di elementi strutturali in alluminio (porte, lamierati), il collegamento di elementi non strutturali quali la parete parafiamma, il fondello schienale posteriore, ecc.

Clinchiatura

Il processo di clinchiatura realizza la giunzione di due lamiere attraverso la deformazione plastica del materiale tramite l'applicazione di una forza (vedi figura 5); come per

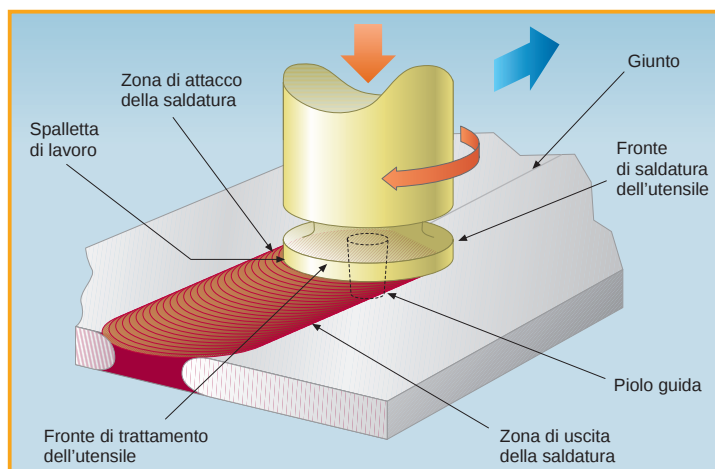


Figura 7. Rappresentazione schematica del processo di Friction stir welding (fonte: TWI).

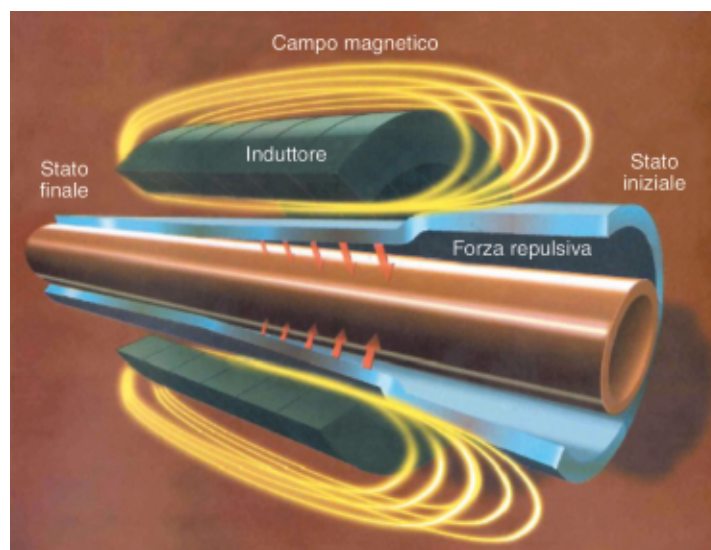


Figura 8. Rappresentazione schematica del processo di saldatura pulso-magnetica (fonte: Pulsar).

la rivettatura autoperforante, si fa uso di un punzone e di una matrice; a differenza della rivettatura autoperforante, però, non viene utilizzato alcun inserto. La clinchiatura ha conquistato una nicchia importante nella produzione di cofani in alluminio e in acciaio, (vedi figura 6), ma esistono anche applicazioni per la giunzione di alcune parti delle portiere e del portellone posteriore per aumentare la visibilità riducendo le dimensioni delle alette di giunzione. Il processo avviene per deformazione, risulta pertanto limitato all'applicazione a materiali con carico di snervamento minore o uguale all'acciaio dolce.

Friction stir welding

Il principio di base su cui si fonda il processo è quello della saldatura ad attrito, realizzata tramite un utensile composto da un piolo e uno spallamento - che ruota tra i due pezzi da unire e sviluppa calore a causa delle forze d'attrito (figura 7). Il calore che si sviluppa porta il

materiale in lavorazione a uno stato di plasticizzazione. Questo consente di ottenere saldature di ottima qualità praticamente prive di difetti interni e con proprietà meccaniche comparabili a quelle del materiale base. Inoltre, grazie al limitato sviluppo di calore, la deformazione dei componenti durante le operazioni di saldatura è particolarmente limitata. Questa promettente tecnologia potrà trovare un adeguato impiego nella realizzazione di strutture in materiale leggero o nella giunzione di metalli dissimili purché le geometrie di giunzione e la scelta dell'applicazione sia indirizzata coerentemente con le possibilità offerte dalla tecnologia stessa.

Magnetic pulse welding

Nel processo di saldatura pulso-magnetica una corrente variabile nel tempo ad elevata intensità viene fatta passare attraverso un induttore generando una corrente indotta nel pezzo che si intende lavorare; il campo magnetico prodotto dall'induttore e quello generato nel pezzo, per effetto della corrente indotta, si respingono/attraggono con forze dinamiche tali da produrre un parziale rimescolamento a freddo dei materiali sottoposti al campo magnetico (vedi figura 8). Questa tecnologia è applicabile ai metalli con alta conduttività elettrica (alluminio, magnesio, titanio, rame, nickel e loro leghe); quelli a bassa conduttività (per esempio gli acciai) richiedono maggiori intensità di corrente e frequenze più elevate, quindi sistemi di induzione più potenti e complessi. Il processo consente la saldatura di sezioni chiuse; i componenti che più si adattano ad essere saldati con questo metodo sono quelli a sezione cilindrica, ma esistono studi orientati a considerare geometrie differenti.