

ACCIAI ALTORESISTENZIALI DI NUOVA GENERAZIONE PER L'INDUSTRIA AUTOMOTIVE  
Perché automobili sicure ed ecologiche sono una scelta di stile





INDICE	Nel futuro c'è l'acciaio altoresistenziale di nuova generazione	4
	<b>RIDURRE I COSTI</b> Materiale innovativo, produzione efficiente	6
	<b>RIDURRE IL PESO</b> L'esempio di un paraurti dal peso ridotto	7
	<b>INCREMENTARE LA RESISTENZA</b> Un successo a cinque stelle per auto più sicure	8
	<b>LAVORARE CON SSAB</b> Sviluppare un prodotto vincente con SSAB – Case history	10
	<b>PROGETTARE CON GLI AHSS</b> Più attenzione al design può concretizzare il potenziale degli AHSS	12
	<b>FORMARE CON GLI AHSS</b> Nuove opportunità con metodi di formatura consolidati	17
	Stampaggio a freddo o a caldo?	19
	<b>SALDARE CON GLI AHSS</b> Saldatura con metodi comuni e con piccoli accorgimenti	20
	<b>GLI ACCIAI ALTORESISTENZIALI DI NUOVA GENERAZIONE</b> nell'industrializzazione e nei processi produttivi	23
	<b>PROFILATURA E FORMATURA DI TUBI</b> permettono soluzioni più intelligenti e più leggere	24
	Docol Roll e Dogal Roll – sviluppati per la profilatura	25
	Tipologie di acciai altoresistenziali consigliati	26
	La gamma di acciai altoresistenziali di nuova generazione SSAB	28
	<b>SSAB KNOWLEDGE SERVICE CENTER</b> vi supporta nello sviluppo dei vostri prodotti	30
	<b>SEMPRE UN PASSO AVANTI:</b> l'innovazione è una priorità di SSAB	31

L'industria automotive è focalizzata sullo sviluppo di auto con livelli di sicurezza sempre più elevati, consumi di carburante ridotti e tecnologie che ottimizzano i costi di produzione. Questi obiettivi possono essere raggiunti anche grazie ad un design distintivo e all'introduzione di materiali innovativi, leggeri e resistenti.

Mantenere invariato il peso dei nuovi modelli non è più sufficiente; la consapevolezza, ormai crescente, che è necessario ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> è diventata un'importante linea guida. Al giorno d'oggi, così come in futuro, i produttori di automobili devono ridurre il peso complessivo delle loro auto. Per raggiungere questo scopo in modo efficiente, anche in termini di costi, la soluzione è utilizzare Docol, l'acciaio altoresistenziale di nuova generazione di SSAB.



## Nel futuro c'è l'acciaio altoresistenziale di nuova generazione

Docol è impiegato in modo vantaggioso nella realizzazione di componenti di sicurezza, parti strutturali della carrozzeria e del telaio. La riduzione del peso può arrivare al 50% circa; se paragonato all'acciaio tradizionale lo spessore viene dimezzato senza doverne sacrificare la resistenza. Docol è stato scelto come materiale da utilizzare per realizzare il rinforzo sottoporta, i montanti, i rinforzi paraurti, le barre antintrusione, i rinforzi del padiglione, le traverse del padiglione e i sedili.

L'acciaio altoresistenziale di nuova generazione è stato introdotto anche in tutti i componenti di sicurezza dell'auto e molti dei nuovi modelli sono già composti per il 30/40% da acciai altoresistenziali. In tempi brevi gli AHSS raggiungeranno il 40/50% degli acciai utilizzati nella produzione di auto, contribuendo così a ridurre del 5% le emissioni di gas serra.

Secondo gli obiettivi dell'Unione Europea, le emissioni medie delle auto presenti in UE entro il 2012 non dovranno superare i 130g di CO<sub>2</sub> per chilometro. L'obiettivo di SSAB è di fare tutto il possibile affinché l'industria automotive riesca a raggiungere questo importante traguardo.

I vantaggi derivanti dall'utilizzo dell'acciaio altoresistenziale di nuova generazione sono evidenti in tutti i tipi di auto.

Le auto di piccole dimensioni beneficiano di una maggiore sicurezza in caso d'urto e le auto di categoria superiore, come i SUV, riescono ad ottimizzare i consumi di carburante.





Un viaggio confortevole  
richiede sempre i più alti  
standard di sicurezza.

## DOCOL – UN PROCESSO DI PRODUZIONE CONSOLIDATO

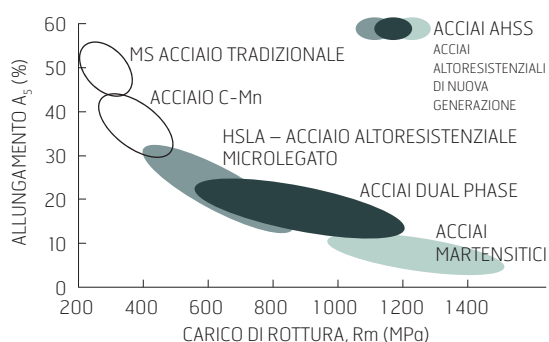
Il passaggio naturale ed economicamente efficiente dagli acciai tradizionali agli AHSS è uno dei fattori determinanti del successo nell'automotive. Infatti gli AHSS possono essere formati e saldati come gli acciai tradizionali, ma con spessori dimezzati. Il taglio e la formatura degli AHSS possono essere eseguiti mantenendo gli stessi parametri degli acciai tradizionali; le tecniche di saldatura e di giunzione possono invece essere utilizzate con alcuni accorgimenti.

Maggiori benefici si possono ottenere nel passaggio verso nuovi metodi di formatura, come la profilatura. Questo processo permette di creare profili complessi in un unico passaggio in linea. Con l'utilizzo degli AHSS, la profilatura può essere eseguita con meno usura delle attrezzature e si possono ottenere profili con raggi severi.

## ... ED ECONOMICAMENTE VANTAGGIOSO RISPETTO ALL'ALLUMINIO

I vantaggi dell'acciaio altoresistenziale di nuova generazione rispetto all'alluminio si possono così riassumere: costi inferiori a parità di peso e di resistenza.

La possibilità di creare profili complessi è uno dei benefici offerti dagli AHSS, paragonato all'alluminio. Ad esempio: le barre antintrusione dell'auto, realizzate in alluminio, avrebbero uno spessore tre volte maggiore rispetto a quello dell'acciaio altoresistenziale di nuova generazione per garantire la stessa resistenza. Se paragonato a nuovi materiali, come i compositi, i benefici economici derivanti dall'utilizzo dell'acciaio altoresistenziale di nuova generazione sono ancora più evidenti. L'industria automotive dei nostri giorni ha deciso che l'acciaio altoresistenziale di nuova generazione (AHSS) è superiore all'alluminio in quasi tutte le sue applicazioni strutturali.



## COSA SIGNIFICA DOCOL?

Docol è il prodotto SSAB pensato per l'automotive.

Attualmente è uno degli acciai altoresistenziali di nuova generazione più resistenti, fra i laminati a freddo, presenti sul mercato. Il termine acciaio altoresistenziale di nuova generazione (AHSS), viene generalmente usato per acciai Dual Phase, Complex Phase, TRIP e martensitici. In pratica, principalmente, per acciai multifasici. In SSAB anche gli acciai microlegati ad alto limite di snervamento appartengono al gruppo degli acciai altoresistenziali di nuova generazione.

Gli acciai altoresistenziali convenzionali sono acciai ferritici Single Phase.

## Materiale avanzato, produzione intelligente

L'acciaio altoresistenziale di nuova generazione è il materiale più competitivo presente oggi sul mercato. Anche con processi di produzione tradizionali o con investimenti minimi, la scelta dell'acciaio altoresistenziale di nuova generazione viene compensata dalla necessità di un minore impiego di materiale. Un solo tipo di acciaio altoresistenziale di nuova generazione sostituisce più tipi di acciai tradizionali.

### RIDURRE I COSTI

DURA Automotive Systems è uno dei maggiori fornitori di moduli portiera e di strutture per l'industria automotive. In Germania, DURA Automotive Systems nonostante l'impegno nell'ottimizzare i materiali e i processi produttivi, aveva necessità di ridurre i consumi di carburante e aumentare la sicurezza. Questi obiettivi sono stati raggiunti grazie alla nuova barra antintrusione realizzata in acciaio altoresistenziale di nuova generazione.

Dura ha scelto di impiegare l'acciaio martensitico Docol con un carico di rottura minimo pari a 1200 MPa. È uno degli acciai altoresistenziali di nuova generazione più resistenti disponibili sul mercato, con una buona saldabilità e buone caratteristiche di profilatura.

La barra antintrusione realizzata è un profilo chiuso, a sezione quadrata, fissata ai lati. Il design del profilo è stato ottimizzato in modo da fornire alla barra antintrusione un'elevata capacità di assorbimento dell'energia.

Lo spessore della barra è di soli 2,00 mm; per

cui una barra lunga 1,1 metri pesa 1.75 kg.

L'azienda ha anche sviluppato un sistema per la produzione su larga scala di barre che possono essere impiegate per diversi modelli di auto apportando piccole modifiche.

Tutte le operazioni avvengono su una linea di profilatura dove l'acciaio viene processato direttamente dal coil. La parte inferiore del profilo viene prima profilata, poi chiusa e saldata al laser. In ultimo, la barra viene tagliata alla lunghezza desiderata.

Le barre possono essere adattate in modo da soddisfare i diversi requisiti semplicemente modificandone la sezione trasversale e la lunghezza.

Anche il montaggio può essere diversificato: con l'utilizzo di rivetti, con saldatura oppure tramite ancoraggio con viti.

Il vantaggio per i produttori di auto è che la barra può essere utilizzata in più versioni sullo stesso modello di vettura.



La barra antintrusione prodotta da DURA con Docol 1200 M elettrozincato.

## L'esempio di un paraurti dal peso ridotto

L'acciaio altoresistenziale di nuova generazione è il modo più semplice per ridurre il peso e, allo stesso tempo, migliorare la prestazione del componente.

### RIDUZIONE DI PESO

Shape Corp., attivo nello studio della simulazione dell'energia da impatto, ha fatto notevoli passi avanti nella realizzazione dei paraurti. Infatti, alleggerendo il veicolo e migliorando allo stesso tempo le prestazioni del paraurti, è stato possibile favorire il risparmio di carburante.

La Shape Corp. è specializzata nella formatura di AHSS in geometrie complesse destinate a prodotti per il controllo dell'energia da impatto. L'azienda produce traverse per paraurti e altri componenti strutturali, utilizzando processi di produzione snelli. Questi processi tengono conto della foratura, della formatura, della saldatura e del taglio, ognuno dei quali è fatto all'interno di un'efficiente operazione di profilatura in linea.

Per rispondere ai nuovi requisiti di impatto fissati dallo Insurance Institute of Highway Safety (IIHS) negli Stati Uniti e dal Research Council for Automotive Repair (RCAR) rappresentato in molte altre nazioni, la Shape Corp. ha reinventato uno dei suoi attuali prodotti ed ha sviluppato un accorgimento, a basso costo e dal peso inferiore, per i sistemi di paraurti evitando il costo di materiali alternativi come l'alluminio.

Per numerosi modelli nel corso degli anni, il primo paraurti convenzionale con sezione a B rispondeva alle esigenze di milioni di veicoli per cui veniva utilizzato. Ma i nuovi standard ed il continuo e crescente bisogno di ridurre il peso hanno fatto sì che Shape Corp. studiasse in modo approfondito e che perfezionasse il design della sezione a B. I risultati sono straordinari.

La resistenza all'urto, se paragonata all'iniziale paraurti con sezione a B, è aumentata in modo significativo grazie all'utilizzo di un sistema di nervature di rinforzo create sulla superficie della barra che si comprime nell'urto.

L'aumento della resistenza all'urto permette alla Shape Corp. di sfruttare al massimo le



La barra per paraurti di Shape (Power B-Section) è prodotta con Docol 1300 M.

caratteristiche dell'acciaio altoresistenziale di nuova generazione con spessori più sottili e in modo da ridurre, di almeno il 20%, la quantità di acciaio utilizzato. E allo stesso tempo aiuta i costruttori OEM a rispondere a nuovi e ancora più severi requisiti di impatto globale. Nel confronto diretto, era normale che il convenzionale paraurti dalla sezione a B avesse un prezzo molto competitivo rispetto a quelli in alluminio, ma con un peso superiore di 1,0 – 1,5 kg. Oggi, utilizzando il design Power B-Section e l'acciaio altoresistenziale di nuova generazione, la Shape Corp. è in grado di offrire soluzioni per paraurti con un peso uguale o inferiore di 0,5 kg rispetto a ciò che viene solitamente considerata la "soluzione a basso peso", ma senza l'elevato costo dell'alluminio.

In breve, la Shape Corp. ha saputo combinare un design creativo con la formatura di acciai che possono raggiungere resistenze fino a 1300 MPa. Il nuovo Power B-Section prodotto con Docol riduce il peso dei veicoli e favorisce il risparmio di carburante.

## Un successo a cinque stelle per auto più sicure

La sicurezza in caso di urto è un tema importante – cinque stelle nella Euro NCAP sono la chiave per il successo. L'impiego sempre maggiore dell'acciaio altoresistenziale di nuova generazione gioca un ruolo fondamentale nella sicurezza in caso di urto. Gli altri materiali sono per ora lontani.

### INCREMENTARE LA RESISTENZA

Quando Fiat ha iniziato a progettare la Grande Punto aveva richieste molto severe. Tutti gli aspetti legati alla sicurezza avevano la massima priorità. Uno di questi era la capacità di resistere ad impatti laterali.

Un'alta capacità di assorbimento di energia ed un design compatto caratterizzano il rinforzo in cintura montato sulle porte della Fiat Grande Punto. Questo componente strutturale è progettato per essere sistemato nel piccolo spazio sotto i finestrini. Soddisfa inoltre le più severe esigenze di protezione in caso di impatto laterale o frontale, e deve il suo successo al suo design ottimizzato e all'efficiente metodo di profilatura.

A prescindere dagli aspetti legati alla sicurezza, il rinforzo in cintura doveva essere

leggero e adatto ad una produzione dai costi ottimizzati. La soluzione era una barra profilata realizzata in acciaio altoresistenziale di nuova generazione Docol, con un carico di rottura minimo pari a 1000 MPa. La barra ha una superficie elettrozincata per proteggerla da corrosioni ed è stata sviluppata da Fiat in collaborazione con Wagon Automotive Italia. Fiat aveva individuato una geometria molto avanzata per la barra che poteva essere creata solo attraverso la profilatura. E Wagon Automotive è riuscita a creare un profilo chiuso, con geometria asimmetrica, che risulta centinato longitudinalmente su due piani.

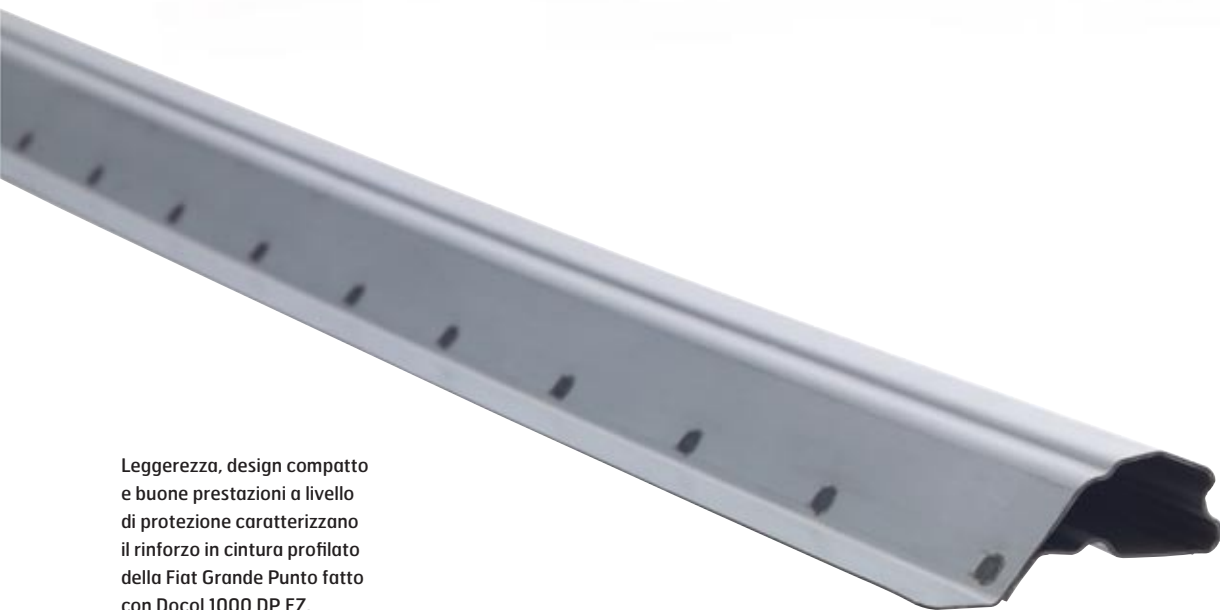
La Fiat Grande Punto è stata un grande successo per Fiat, con il riconoscimento a 5 stelle – il massimo della valutazione – per la sicurezza del passeggero nei test di sicurezza Euro NCAP.







Fonte: © Fiat Group Automobiles



Leggerezza, design compatto e buone prestazioni a livello di protezione caratterizzano il rinforzo in cintura profilato della Fiat Grande Punto fatto con Docol 1000 DP EZ.

## Sviluppare un prodotto vincente con SSAB – Case history

SSAB può essere un partner in ogni fase dello sviluppo di un nuovo prodotto in acciaio altoresistenziale di nuova generazione. Quando un'azienda considera la possibilità di passare da materiali tradizionali all'acciaio altoresistenziale di nuova generazione, i nostri tecnici ed i nostri specialisti sono a disposizione per fornire l'aiuto necessario – dalla prima progettazione fino alla produzione di serie.

### LAVORARE CON SSAB

Diamo uno sguardo ad un recente caso in cui a SSAB è stata richiesta una consulenza per ottimizzare un modello di auto già esistente. L'auto aveva una barra antintrusione in acciaio al boro stampato a caldo, il costruttore voleva mantenere le prestazioni di sicurezza offerte dalla barra antintrusione ma l'elevato costo dello stampaggio a caldo doveva essere ridotto. A SSAB è stato affidato il compito di sviluppare, quindi, una barra formata a freddo.

– In questo caso abbiamo avuto l'opportunità di prendere parte a questo processo sin dalle sue prime fasi di sviluppo, dice Bjorn Carlsson uno dei consulenti tecnici di SSAB.

– I nostri progettisti, ricevuti i parametri essenziali circa dimensioni e prestazioni della barra (geometria, resistenza, assorbimento all'urto) dal produttore, hanno simulato nuovi e diversi design. In tempi rapidi, hanno sviluppato un design che a parità di prestazioni, ha un peso ridotto e un costo inferiore per unità prodotta.

È stato un processo graduale in cui continuando a confrontare diversi materiali e design, si è giunti alla soluzione ottimale e definitiva.



### ESAMINANDO OGNI ALTERNATIVA

È stata esaminata – e anche utilizzata nel nuovo design – la possibilità di aumentare la resistenza tramite nervature, scanalature e flange. SSAB ha presentato la fase successiva del nuovo design al produttore ed ha ottenuto l'approvazione per un ulteriore sviluppo. Test di formatura sono stati eseguiti nei laboratori SSAB in Svezia; sono stati comparati metodi di saldatura e discussi i requisiti relativi a lavorazioni e processi produttivi.

– Quando sia il produttore d'auto sia il terzista hanno approvato il design di base, è iniziata la produzione del prototipo. I tempi sono stati molto stretti, ma la disponibilità dei materiali per i test di prototipazione ha garantito la consegna al fornitore in Francia. Il tutto in soli 2 giorni. Questo è stato di grande utilità per l'intero progetto, dice Bjorn Carlsson.

I test e il materiale in stock per le campionature rappresentano un valore unico sul mercato: SSAB è in grado di fornire piccole quantità in tempi rapidi, su richiesta del cliente, per effettuare test e campionature.



#### UN CONTATTO PERSONALE IN OGNI FASE

In SSAB gli specialisti hanno trattato personalmente con ognuna delle parti coinvolte durante l'intero processo di sviluppo, e quando è stata raggiunta la fase di prototipazione uno specialista SSAB appositamente designato è sempre a disposizione per rispondere velocemente a qualsiasi problema si presenti in fase di pre-produzione.

In questo caso, il tempo trascorso fra il primo contatto tra SSAB ed il produttore di auto ed il primo prototipo finito è stato di sole 10 settimane.

– Il nostro normale tempo di risposta per un progetto come questo va dai 3 ai 4 mesi, dice Bjorn Carlsson. In questo caso specifico abbiamo lavorato a stretto contatto con il terzista che avrebbe prodotto la barra antintrusione. E questo ha ridotto i tempi in modo considerevole. La nostra è un'organizzazione snella, che ci permette di ridurre le distanze fra il cliente e i nostri consulenti tecnici ed i nostri specialisti in Svezia. Questo ci permette di cooperare in maniera intensa e soprattutto veloce.

#### RISPARMIARE QUASI IL 50%

L'utilizzo del Docol nella produzione di questa barra antintrusione è stato graduale. La formatura a freddo è un processo ben collaudato e perfino il più alto grado di resistenza Docol possiede un'alta formabilità, richiedendo degli accorgimenti in fase di produzione.

In questo caso, il produttore d'auto ha calcolato che il passaggio dallo stampaggio a caldo alla formatura a freddo avrebbe ridotto i costi della barra antintrusione del 30/40%. In realtà, i numeri hanno mostrato un risparmio addirittura più elevato, che si aggira attorno al 50%.



## Una maggiore attenzione al design può concretizzare il potenziale degli AHSS

L'acciaio altoresistenziale di nuova generazione fornisce un'eccellente opportunità di ridurre il peso e di migliorare le prestazioni. Gli acciai Dual Phase e quelli martensitici sono una buona combinazione di resistenza, formabilità e saldabilità. Inoltre la convenienza di formare a freddo, offre la possibilità di soluzioni interessanti per le parti strutturali del body-in-white (scocca), e anche per componenti di sicurezza come barre antintrusione, sistemi di paraurti e strutture per i sedili.



Fonte: © Opel

Opel Insignia è stata eletta Auto dell'Anno 2009. Con il riconoscimento di 5 stelle per la sicurezza del passeggero, Opel Insignia ha ottenuto 35 punti – su 37 – nei test della Euro NCAP.

Il rinforzo della scocca di Opel Insignia è realizzato con Docol 900 M elettrozincato. Le parti strutturali nel tetto e nel pavimento dell'auto sono in Docol 980 DP.



Fonte: © Opel



## PROGETTARE CON GLI AHSS

Dal punto di vista del design, l'acciaio altoresistenziale di nuova generazione è la soluzione preferita. In ogni caso, l'elevato grado di resistenza e lo spessore minimo accentuano l'importanza di trovare una soluzione che sfrutti tutto il potenziale del materiale. Le sfide legate al design includono effetti localizzati di imbozzamento, perdita di rigidità, robustezza e problemi legati alla fatica. Con il giusto processo di produzione e con il giusto design, è facile affrontare queste sfide. SSAB aiuta tutti i clienti nelle questioni legate al design, fin dalle fasi iniziali di sviluppo.

### I PUNTI DI FORZA DEGLI AHSS

Gli acciai Dual Phase e martensitici sono disponibili con un elevato limite di snervamento iniziale. In aggiunta a questa resistenza iniziale, questi acciai mostrano anche un marcato incrudimento quando vengono formati, e anche un effetto bake hardening dal processo di verniciatura.

Solitamente l'incrudimento è circa di 150 MPa per una deformazione del 2%, con un corrispondente effetto bake hardening pari a 50 MPa in un normale processo di verniciatura.

Inoltre, l'acciaio altoresistenziale di nuova generazione subisce un aumento di incrudimento e del limite elastico all'aumentare della velocità di deformazione. Questo effetto corrisponde ad un aumento di circa 100 MPa per elevate deformazioni che si presentano localmente in un incidente d'auto.

### UN POTENZIALE PER DIMINUIRE IL PESO

L'elevata resistenza dell'acciaio altoresistenziale di nuova generazione è uno strumento molto utile per ridurre il peso del body-in-white (scocca), dei sistemi di paraurti, delle barre antintrusione, dei sedili. Per poter evidenziare nel migliore dei modi questo potenziale, si possono considerare due casi teorici. Nel caso dell'effetto mensola (figura 1a), le sollecitazioni sono lineari in funzione dello spessore. Nel caso dell'effetto piastra (figura 1b), le sollecitazioni sono quadratiche in funzione dello spessore.

Con un materiale in grado di sopportare maggiori sollecitazioni, è possibile ridurre lo spessore lasciando invariate le prestazioni. La figura 2 mostra la potenziale riduzione di peso relativa a due casi teorici.

Nei componenti di sicurezza la potenziale riduzione di peso è compresa fra questi due estremi. Tuttavia il caso della flessione non è da considerarsi come un caso limite significativo, in quanto possono generarsi altri effetti locali, come l'imbozzamento per le strutture sottili.

Come indicato nella figura 2, l'acciaio altoresistenziale di nuova generazione pone una maggiore attenzione sulle misure atte ad evitare imbozzamenti locali in modo da sfruttare al massimo le potenzialità del materiale. Il momento flettente viene assorbito meglio attraverso la presenza di barre. I profilati ed i tubi, risultanti da processi di profilatura, costituiscono un ottimo strumento per progettare e produrre una geometria ottimale in grado di resistere ai momenti flettenti.

FIGURA 1

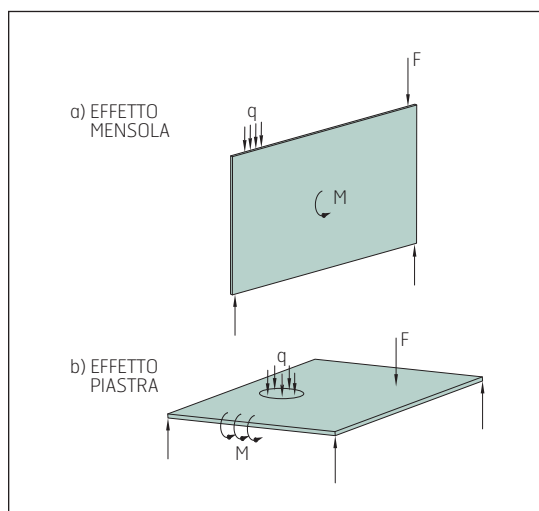


FIGURA 2

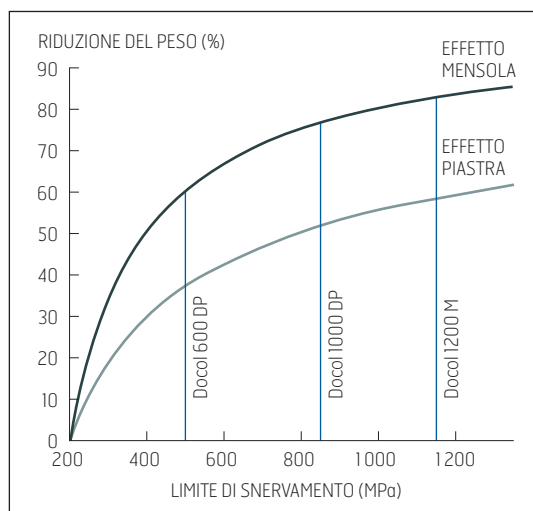


FIGURA 1

Effetto mensola ed effetto piastra

FIGURA 2

Riduzione del peso usando acciaio altoresistenziale di nuova generazione per situazioni di tensione da membrana e da flessione. Il limite di snervamento dei tipi di acciai indicati corrisponde al limite di snervamento al 2% di work-hardening e dopo la verniciatura.

ELEMENTI DI IRRIGIDIMENTO PER  
CONCRETIZZARE LE POTENZIALITÀ DEGLI AHSS

La riduzione dello spessore aumentando la resistenza dei materiali può provocare il fenomeno dell'imbozzamento. Esso si verifica nelle zone sottoposte a compressione e a taglio con un livello di sollecitazione inferiore al limite plastico senza utilizzare il potenziale del materiale. Il problema può essere risolto introducendo elementi di irrigidimento per ridurre il grado di snellezza delle regioni compresse e migliorare la strizione dei bordi (figura 3) che aiutano a sviluppare il potenziale degli acciai altoresistenziali.



FIGURA 5  
Elementi di irrigidimento su una barra in Docol 1300M.

PICCOLI CAMBIAMENTI DI DESIGN POSSONO  
MIGLIORARE IN MODO SIGNIFICATIVO  
L'IRRIGIDIMENTO

Poiché gli acciai tradizionali e gli acciai altoresistenziali hanno lo stesso modulo di Young, la rigidità di un singolo componente diminuisce quando viene ridotto lo spessore, a condizione che tutti gli altri parametri rimangano costanti. Un modo per soddisfare la richiesta di irrigidimento su un progetto è di cambiarne la geometria esterna. L'aumento delle dimensioni esterne, che comporta sempre una significativa riduzione del peso, può compensare la perdita di irrigidimento derivante dalla riduzione dello spessore. Altri accorgimenti che possono essere adottati sono: elementi di irrigidimento locale della geometria come, ad esempio, scanalature, fori flangiati, bordi ripiegati e nervature (figura 5). Questi elementi di irrigidimento possono anche limitare il

fenomeno dell'imbozzamento, ridurre il ritorno elastico in fase di formatura e anche migliorare la precisione della forma.

In molte applicazioni i giunti rappresentano il punto debole in termini di rigidità. Concentrarsi sulla progettazione delle saldature potrebbe portare ad un miglioramento significativo. Esempi tipici sono un aumento nel numero delle saldature a punti, un aumento nella distribuzione o nel passaggio alla saldatura continua. Le sezioni chiuse contribuiranno ad aumentare la rigidità rispetto a quelle aperte.

OTTIMIZZARE L'ASSORBIMENTO DI ENERGIA

È possibile ridurre il peso dei componenti aumentando le caratteristiche meccaniche dell'acciaio (figura 4). Generalmente l'energia che viene assorbita è proporzionale al quadrato dello spessore ed è lineare al carico di rottura del materiale. Se, per esempio, il carico di rottura dell'acciaio viene raddoppiato, lo spessore ed il peso possono essere ridotti del 30% mantenendo la stessa capacità di assorbimento di energia.

Una delle più grandi sfide nell'utilizzo dell'acciaio altoresistenziale di nuova generazione per l'assorbimento di energia tramite piegatura è di garantire una migliore robustezza.

In caso di urto assiale, è più difficile che si crei una deformazione progressiva poiché la resistenza del materiale aumenta e lo spessore si riduce. Per aumentare la robustezza si può introdurre un efficace sistema di ondulazione (con funzione di assorbimento), oppure si può cambiare la geometria.

FIGURA 3

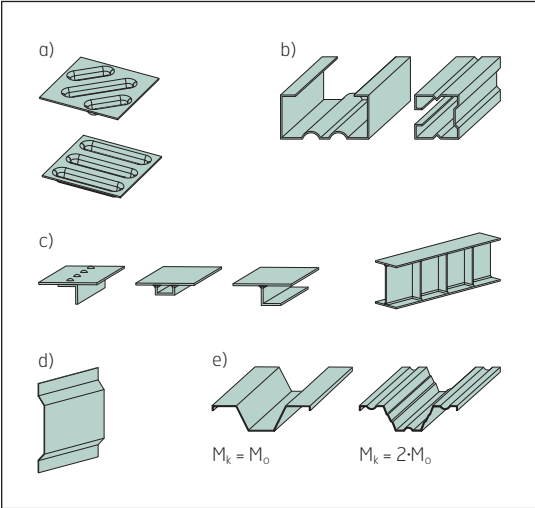


FIGURA 4

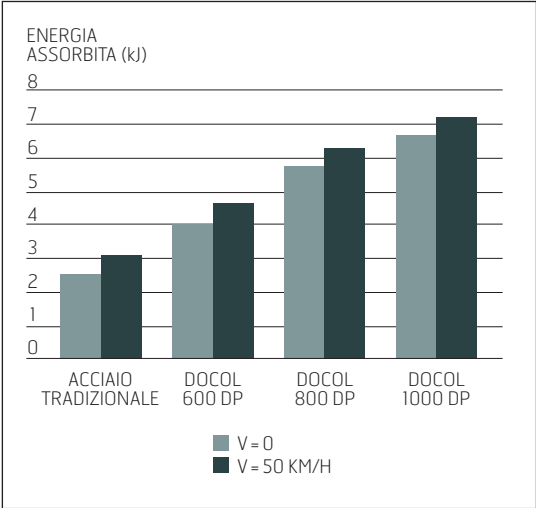


FIGURA 3  
Esempi di elementi di irrigidimento:  
a) nervature  
b) scanalature e bordi ripiegati  
c) elementi di irrigidimento aggiuntivi  
d) lamiere grecate  
e) la capacità del momento torcente viene raddoppiata grazie agli elementi di irrigidimento'.

FIGURA 4  
Risultati sperimentali derivanti da scontri assiali di tubi a sezione quadra. Comparazione di scontri semi-statici e dinamici (velocità iniziale di impatto a 50 km all'ora).  
1. SSAB "Sheet Steel Handbook"  
ISBN 91-971592-0-4.

La piegatura uniforme e regolare  
del Docol 1000 DP favorisce  
l'assorbimento di molta energia.



## Nuove opportunità con metodi di formatura consolidati

La maggior parte degli acciai altoresistenziali di nuova generazione può essere processata con metodi tradizionali grazie all'ottima formabilità. In alcuni casi però il processo di produzione deve essere adattato alle proprietà del materiale.

La riprogettazione di un componente può spesso compensare la formabilità rispetto agli acciai tradizionali. Infatti l'acciaio altoresistenziale di nuova generazione può essere spesso lavorato nello stesso modo del materiale sostituito, perché lo spessore è uno dei fattori che determinano lo stampaggio, la piegatura e le forze di tranciatura.

Attualmente la profilatura è la tecnologia con più potenzialità nell'industria automotive.

### FORMARE CON GLI AHSS

#### PROFILATURA

Nell'ambito della profilatura, Docol Roll è il prodotto di punta nella gamma di SSAB. Questi acciai presentano caratteristiche ideali per la profilatura, ad esempio una buona stabilità e la possibilità di profilare fino a raggi molto ristretti.

Sebbene Docol Roll sia ottimale per la profilatura, questo processo è adatto a tutti i tipi di acciai altoresistenziali di nuova generazione. Il processo di profilatura è meno esigente, per quanto riguarda il materiale utilizzato, rispetto alla pressopiegatura, e permette la produzione di profilati con una complessa sezione trasversale e raggi severi.

#### IMBUTITURA VS STIRAMENTO

Nel processo di imbutitura la lamiera tranciata viene forzata attraverso la matrice. Nella formatura per stiramento l'intera deformazione avviene sopra al punzone, poiché il materiale è interamente bloccato dal premilamiera.

Se si mettono a confronto queste due tecniche di formatura, l'imbutitura è sicuramente più adatta all'acciaio altoresistenziale di nuova generazione, poiché ha una buona imbutibilità in rapporto alla sua resistenza. Ottimizzando la geometria del tranciato, l'imbutibilità del materiale sarà ulteriormente migliorata. In ogni caso, per prevenire il formarsi di grinze, si dovrebbe usare un premilamiera ma con una forza moderata che permetta comunque al

materiale di essere imbutito piuttosto che stirato.

Se non viene usato nessun premilamiera, cioè nella coniatura, si possono ottenere risultati davvero positivi in termini di riduzione del ritorno elastico. Per ridurre ulteriormente questo effetto, l'intero processo può iniziare con la fase di coniatura per finire con una sequenza di stampaggio, dove viene applicato un premilamiera ed il materiale viene stirato.

#### FLANGIATURA

Il rapporto tra il diametro del foro prima e dopo la flangiatura viene definito rapporto di flangiatura. È molto importante considerare la posizione della bava tranciata quando si flangiano gli AHSS. Le lamiere dovrebbero essere posizionate in modo che la bava tranciata sia rivolta verso il punzone quando si flangia. Questo perché le fibre esterne del materiale subiscono le maggiori deformazioni.

Di conseguenza, qualsiasi difetto di superficie – ad esempio le bave tranciate – dovrebbe essere posizionato lungo le fibre più interne, in modo da ottenere la migliore flangiabilità e ridurre al minimo il rischio di fratture.

#### PIEGATURA E RITORNO ELASTICO

Nella fase di piegatura, si applica alla lamiera un momento flettente fino a quando la parte esterna

del materiale subisce una deformazione di trazione mentre quella interna viene sottoposta a compressione. La piegabilità è inversamente proporzionale alla resistenza.

Quando si piegano acciai altoresistenziali di nuova generazione, il ritorno elastico è molto più evidente. In ogni caso, un aumento nella deformazione plastica del materiale in prossimità della piega può compensare il ritorno elastico.

Questo si può ottenere applicando una sovrapiiegatura al materiale e riducendo il raggio del punzone o la larghezza di apertura della matrice.

Il ritorno elastico può anche essere ridotto con l'introduzione di elementi di irrigidimento.

Il corretto raggio del punzone associato alla giusta larghezza di apertura della matrice è importante nella piegatura dell'acciaio altoresistenziale di nuova generazione.

Il ritorno elastico si può anche ridurre applicando una forte imbutitura iniziale al materiale per poi procedere alla sua stiratura.

Durante l'intero processo non è consigliato aumentare la frizione, per esempio riducendo i raggi di imbutitura che impediscono al materiale di scorrere nella matrice, oppure riducendo le curvature delle pareti della matrice.

## CURVE LIMITE DI FORMABILITÀ

La Curva Limite di Formabilità (FLC) esprime la quantità di deformazione che un materiale è in grado di sopportare in un percorso di deformazione o durante una particolare condizione di deformazione.

La Curva Limite di Formabilità può essere utilizzata per risolvere alcuni problemi nel processo di stampaggio.

Per misurare le deformazioni di una lamiera

viene inciso chimicamente un reticolo su un campione di materiale. Il cambio di dimensione di ogni quadratino del reticolo viene registrato in digitale e diventa un indice di misurazione della deformazione plastica durante il processo di formatura.

I risultati delle principali deformazioni vengono misurati per una data operazione di stampaggio; oppure i risultati provenienti dalla corrispondente Simulazione di Elementi Finiti vengono tracciati in un grafico e poi comparati alla curva limite di formabilità per lo specifico materiale usato. Se i risultati sono al di sotto della curva, il materiale sarà in grado di sopportare la deformazione.

## TRANCIATURA E PUNZONATURA

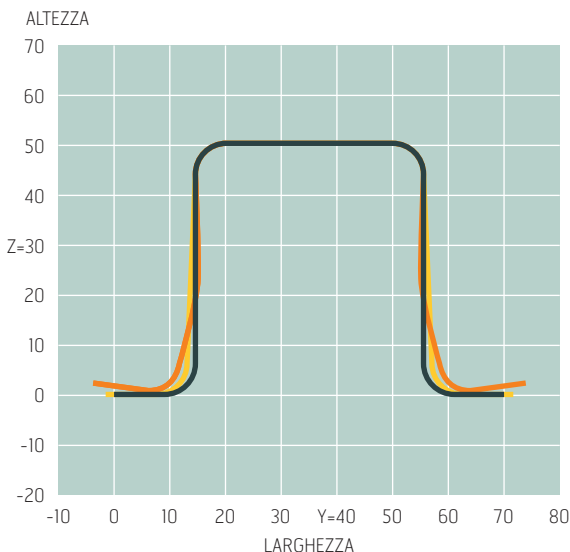
Quando si trancia l'acciaio altoresistenziale di nuova generazione, è necessario adattare la tranciatura alla durezza, allo spessore e alla resistenza di taglio, nonché alla geometria, alla rigidità e all'usura della cesoia o delle attrezzature. L'uso di una corretta luce di taglio delle lame della cesoia rappresenta un fattore chiave. La luce di taglio dipende dallo spessore della lamiera, dal grado di resistenza dell'acciaio e dai requisiti richiesti dall'aspetto del bordo tranciato. Più il materiale è spesso e più la resistenza è elevata, più grande dovrà essere la luce di taglio.

La forza di taglio aumenta con il carico di rottura, ma il passaggio all'acciaio altoresistenziale di nuova generazione comporta solitamente una riduzione dello spessore e quindi, sostanzialmente, una riduzione della forza di taglio necessaria. Nella maggior parte dei casi, le forze di taglio sono sullo stesso livello dei materiali più morbidi. In casi come questo non c'è bisogno di migliorare gli impianti di taglio in uso.

La figura mostra tre versioni di profilati formati in modi diversi. Un profilato ottimale (grigio) con pareti rette e perpendicolari (crash formed seguito da stiramento).

Il secondo profilato (giallo) è molto simile al primo, tuttavia non è stato sottoposto a stiramento.

Il terzo profilato (arancione) mostra gli effetti delle curvature delle pareti dovute al forte stiramento del materiale in rapporto al raggio della matrice durante la fase di imbutitura.





## Stampaggio a freddo o a caldo?

I nuovi materiali non richiedono necessariamente nuovi metodi di formatura.

La crescente richiesta di acciaio altoresistenziale di nuova generazione nell'industria automotive ha portato allo sviluppo di nuove e avanzate tecniche di formatura.

Ha incrementato la conoscenza su come processare gli AHSS utilizzando metodi di formatura tradizionali.

Una delle questioni più importanti oggi è individuare quale metodo di formatura utilizzare per i componenti automotive – lo stampaggio a freddo di acciai altoresistenziali di nuova generazione o lo stampaggio a caldo di acciai al boro?

Lo stampaggio a freddo degli acciai altoresistenziali di nuova generazione è un metodo ben sperimentato negli anni, che permette di calcolare facilmente i costi di produzione e il ritorno d'investimento.

Negli ultimi anni si sta affermando lo stampaggio a caldo degli acciai al boro, anche se il numero di produttori che utilizzano questo processo è ancora molto basso rispetto allo stampaggio a freddo. Ciò deriva dal fatto che lo stampaggio a freddo è un processo competitivo ed efficiente per lavorare la maggior parte dei componenti, ad esclusione di componenti con una geometria complessa o che richiedono una resistenza estremamente elevata. Solitamente si predilige lo stampaggio a freddo di acciai altoresistenziali di nuova generazione.

Entrambi i metodi ottengono lo stesso grado di resistenza nella produzione di barre antintrusione e rinforzi per il paraurti, ma lo stampaggio a freddo risulta essere molto più vantaggioso in termini economici. Lo stampaggio a caldo, infatti, risulta essere più dispendioso circa del 40/60% circa. Uno dei

vantaggi dello stampaggio a freddo è il veloce ciclo di produzione usato per ogni pezzo.

Un altro grande vantaggio dello stampaggio a freddo dell'acciaio altoresistenziale di nuova generazione è che non richiede grandi investimenti in macchinari e attrezzature, il che rende semplice e veloce il passaggio verso questo tipo di acciaio.

Le questioni della formabilità e del ritorno elastico nello stampaggio a freddo possono essere risolte attraverso variazioni a livello di progetto o a livello di attrezzatura.

I componenti formati a freddo sono più facili da saldare e possono essere protetti da corrosione grazie ad un rivestimento di zinco ottenuto per immersione o per elettrozincatura. Il costante sviluppo di nuovi metodi di stampaggio a freddo, come la profilatura 3-D, sta aumentando l'utilizzo di prodotti più avanzati. Inoltre, lo stampaggio a freddo di acciai altoresistenziali di nuova generazione offre una maggiore consistenza di qualità del prodotto rispetto allo stampaggio a caldo di acciai al boro.



**Chang'an Lingyun, una joint venture fra Lingyun e Chang'an Auto, ha prodotto una nuova barra antintrusione per portiere usando Docol 1200 M. La barra era prima prodotta in acciaio al boro stampato a caldo ma ora, con l'obiettivo di ridurre i costi, viene prodotta con lo stampaggio a freddo di acciai altoresistenziali di nuova generazione. La nuova barra ha raggiunto lo stesso livello di prestazione.**

**A PROPOSITO DI CHANG'AN LINGYUN:** Chang'an Lingyun produce componenti per automobili, concentrandosi particolarmente sulla produzione e sulla vendita di prodotti profilati, stampati, formati e piegati 3-D. Con prodotti che spaziano in vari settori, Chang'an Lingyun ha stabilito buone collaborazioni con aziende come Changan Group, Changan Ford, Changan Suzuki, Hebei Changan e Changjing Isuzu.

## Saldatura con metodi comuni e con piccoli accorgimenti

Gli acciai altoresistenziali di nuova generazione sono idonei a tutti i più comuni metodi di giunzione usati nell'industria automotive come la saldatura a punti, ad arco e quella laser. Spesso è possibile mantenere gli stessi parametri usati per l'acciaio tradizionale.

### SALDARE CON GLI AHSS

#### SALDATURA A PUNTI

La saldatura a punti è il metodo di giunzione più utilizzato nella realizzazione di strutture di auto e può essere eseguita con saldatrici sia AC (Alternating Current) che MFDC (Medium Frequency Direct Current) e anche con saldatrici tradizionali a impulsi singoli. I migliori risultati si ottengono con una forza dell'elettrodo leggermente superiore a quella utilizzata per l'acciaio tradizionale e con tempi di saldatura più lunghi (figura 1).

Gli studi sulla saldabilità normalmente utilizzano curve di crescita della saldatura (dimensione della saldatura vs corrente di saldatura) e lobi di saldabilità con lo scopo di ottimizzare i range di saldatura e garantirne la qualità. Gli studi con gli AHSS hanno dimostrato che utilizzando parametri di saldatura ottimizzati si possono utilizzare ampi intervalli di corrente di saldatura.

#### SALDATURA AD ALTA FREQUENZA (HF)

La saldatura ad alta frequenza è il metodo più usato per la realizzazione di tubi formati a freddo e saldati, utilizzati nell'industria automotive. Durante la saldatura ad alta frequenza i bordi della lamiera vengono riscaldati rapidamente e portati ad alta temperatura per essere poi uniti, pressandoli, uno contro l'altro con forte pressione in modo da formare un giunto resistente.

La saldatura ad alta frequenza può anche essere utilizzata per l'acciaio altoresistenziale di nuova generazione. In ogni caso, per acciai altoresistenziali di nuova generazione con elevati gradi di resistenza, si avrà una diminuzione del grado di durezza nella zona termicamente alterata. Nella maggior parte dei casi questo non rappresenta un problema.

#### SALDATURA AD ARCO DI ACCIAI NON RIVESTITI

Gli acciai altoresistenziali di nuova generazione Docol ben si adattano alla saldatura con i metodi più comuni (GMAW, TIG e plasma) e con gli stessi parametri e gas protettivi utilizzati per gli acciai tradizionali.

Normalmente non viene riscontrata la presenza di cricche o di altri difetti. Ci sono numerosi metalli d'apporto che possono essere usati nella saldatura ad arco dell'acciaio altoresistenziale di nuova generazione.



Fonte: Volkswagen AG

Gli acciai altoresistenziali di nuova generazione sono idonei a tutti i più comuni metodi di giunzione usati nell'automotive.

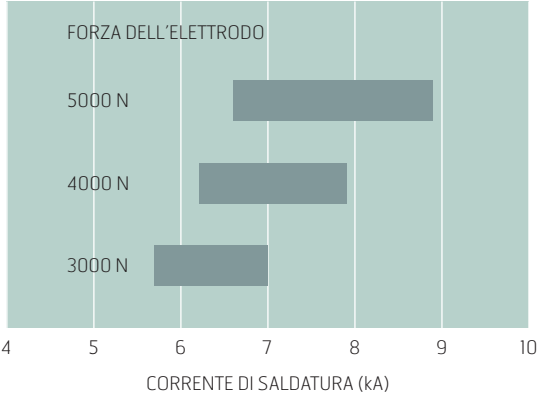


FIGURA 1 - Influenza della forza dell'elettrodo rispetto al range di corrente di saldatura nel caso della saldatura a punti per resistenza del Docol 1000 DP, 1.2 mm. Dati di saldatura: diametro della punta dell'elettrodo 6mm, tempo di saldatura 14cy, tempo di mantenimento 10 cy, diametro minimo della plug 4mm.

La resistenza delle saldature del Docol è direttamente proporzionale alla resistenza del metallo base (figura 2).

#### SALDATURA AD ARCO DI ACCIAI ZINCATI

L'acciaio zincato altoresistenziale di nuova generazione può essere saldato allo stesso modo degli acciai zincati tradizionali. Per rivestimenti sottili di zinco (Z100, ZE70) si possono usare dei fili convenzionali come materiale d'apporto, prestando però attenzione a ridurre la velocità di saldatura in modo da evitare problemi con pori e schizzi. Per geometrie di difficile giunzione (saldature a sovrapposizione e saldature ad angolo) combinate con rivestimenti sottili, è stato appositamente sviluppato un filo adatto alla saldatura ad arco di acciai zincati.

#### SALDATURA DI TESTA LASER

La saldatura di testa laser si può utilizzare con acciai altoresistenziali Docol, sia non rivestiti sia zincati. Un esempio è il caso di taylor blanks saldati oppure nel caso di profilati nella fase in cui il profilo viene chiuso in linea. La preparazione dei bordi degli AHSS è simile a quelli degli acciai tradizionali, poiché in entrambi i casi una buona qualità dei bordi e l'accurata preparazione dei giunti sono i presupposti per un buon risultato finale.

Una preparazione non corretta dei bordi può provocare una mancanza di materiale sul lato superiore oppure una mancanza di fusione nella saldatura. Sia gli acciai Docol Dual-Phase che quelli martensitici possono essere utilizzati nella produzione di profilati che vengono poi chiusi

con una saldatura laser. In ogni caso, se si ritiene che la durezza delle saldature laser per gli acciai altoresistenziali di nuova generazione sia troppo alta, si può utilizzare un trattamento termico successivo per ridurla.

Uno dei vantaggi della saldatura laser di acciai altoresistenziali di nuova generazione è la possibilità di aumentare la resistenza della saldatura rispetto alla normale saldatura ad arco in atmosfera inerte. Questo perché l'effetto termico è molto più basso per la saldatura laser ed il materiale, quindi, risente meno del calore.

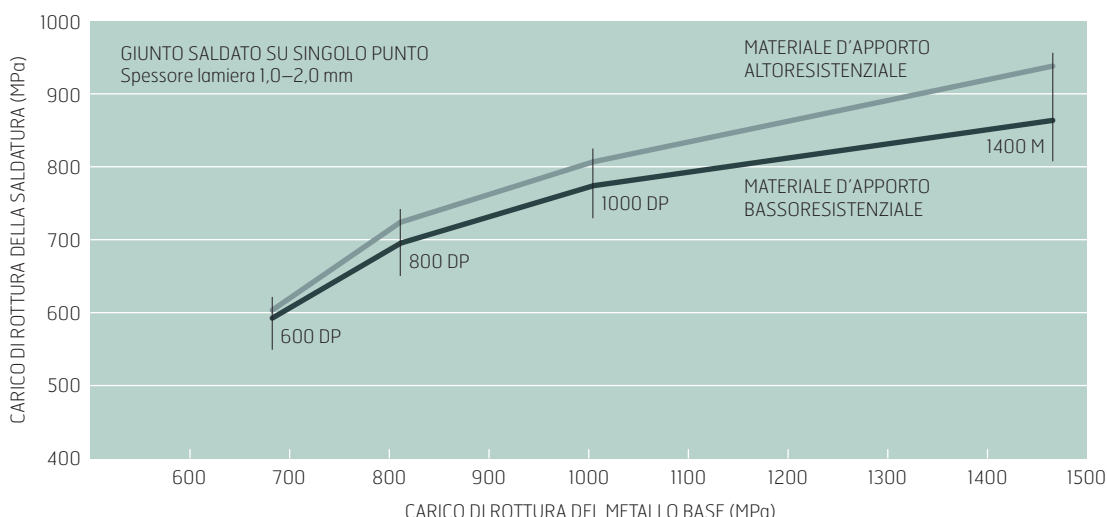
#### SALDATURA LASER A SOVRAPPOSIZIONE

Nell'assemblaggio con la saldatura laser a sovrapposizione si possono utilizzare diversi giunti: d'angolo o con il cordone di saldatura.

Per la saldatura laser a sovrapposizione di lamiera sottili, la penetrazione completa della lamiera inferiore è normalmente realizzata per controllare in modo semplice la qualità. Per lamiera con spessore più elevato, la penetrazione del cordone di saldatura della lamiera inferiore è consigliata al 50%.

Nel caso di saldature laser a sovrapposizione con acciai zincati è utile avere uno spazio (0,1-0,2 mm) tra le lamiere. In questo modo si possono evitare pori e altri difetti poiché il vapore di zinco può fuoriuscire dalla saldatura. Per evitare la mancanza di materiale sulla parte superiore è meglio evitare spazi eccessivi.

La saldatura laser a punto doppio è un modo per evitare problemi con gli acciai zincati. Lasciare un piccolo spazio fra i due punti nella direzione della saldatura aumenta il bagno di saldatura e garantirà al vapore di zinco più tempo per fuoriuscire.



**FIGURA 2**  
Influenza del metallo base sulla resistenza della saldatura ad arco in atmosfera inerte del Docol. Risultati per due livelli di resistenza del metallo d'apporto (a bassa resistenza RM 560 MPa, ad alta resistenza Rm 890 MPa).



# Gli acciai altoresistenziali di nuova generazione nell'industrializzazione e nei processi produttivi

Per assicurare un processo di produzione sicuro e affidabile degli AHSS vanno considerati diversi fattori. La soluzione ottimale si ottiene quando questi fattori sono considerati sin dalle fasi iniziali dello sviluppo di una nuova applicazione, ossia già nella fase di progettazione. Il risultato sarà quindi una maggior flessibilità del processo e una riduzione dei tempi morti in fase di produzione. I consigli elencati di seguito possono essere usati come check list dalla fase di progettazione a quella di produzione.

## DESIGN DI PRODUZIONE

- Tenere in considerazione i criteri di formabilità ed i dati di formabilità del materiale che si utilizzerà.
- Mantenere i criteri di sicurezza e non avvicinarsi troppo al limite di formabilità.
- Prendere in considerazione tutte le varianti: attrezzature usurate, cambi di temperatura, prestazioni e variazione della formabilità nel tempo, che potrebbe dare problemi di produzione in fase finale.
- Cercare di ottimizzare al massimo la geometria del tranciato in modo che il materiale sia più facilmente imbutito.

## BORDI ALLUNGATI

- In ogni caso di bordo o flangia allungata, stare attenti che la bava, come difetto delle operazioni di taglio e di rifinitura, sia posizionata dalla parte del bordo rifilato dove ci si aspettano i più bassi livelli di sforzo plastico.
- Stare attenti che quando si tagliano con il laser i tranciati (cosa che solitamente si fa nelle fasi iniziali di creazione del prototipo) i bordi siano perfettamente lisci e senza bave. Se non si tiene in considerazione questo, le bave possono creare problemi quando lo stampo definitivo

è stato creato. Si deve disegnare l'attrezzatura in modo che ogni taglio venga eseguito dalla giusta direzione; questo per la successiva operazione di flangiatura.

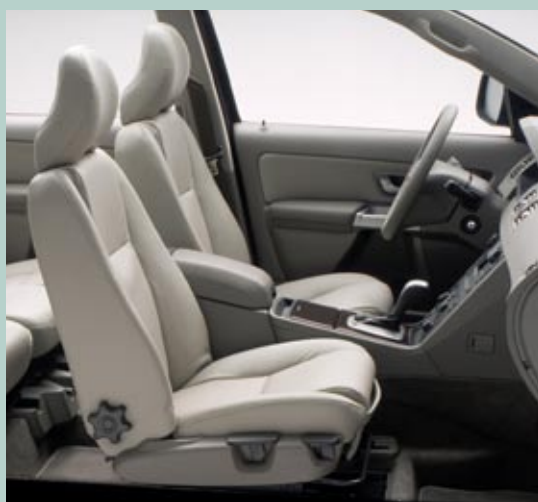
## STABILITÀ DI FORMATURA E RITORNO ELASTICO

- Per ridurre il ritorno elastico, ad esempio le curvature delle pareti, si deve usare principalmente un processo di coniatura e, alla fine, bloccare il materiale con o senza bordi da imbutitura e procedere poi con una formatura per stiramento.
- Si possono anche inserire elementi di irrigidimento nella piegatura per ridurre il ritorno elastico dopo la piegatura o incrementare la rigidità della piegatura.

## SCEGLIERE L'ACCIAIO PER UTENSILI

- Una produzione affidabile ed economicamente vantaggiosa che utilizza acciai altoresistenziali di nuova generazione deve saper scegliere il giusto acciaio per attrezzatura. Scegliere un ottimo acciaio per utensili per un obiettivo specifico è spesso più costoso rispetto alle altre alternative, ma a lungo andare il costo totale sarà inferiore e con miglior utile sul capitale investito.
- Per scegliere il giusto tipo di acciaio per utensili SSAB ha sviluppato un insieme di linee guida chiamate "Soluzioni per la lavorazione degli acciai altoresistenziali". Le linee guida sono state sviluppate in collaborazione con il produttore dell'acciaio per utensili Uddeholm Tooling AB, e offrono al cliente consigli sul come prevenire problemi quali gripaggio, scheggiature etc.

Docol è utilizzato nella struttura del sedile della Volvo XC90. È più leggero del 25%, pesa solamente 16.4 kg ed è in grado di sopportare forze di collisione fino a 60 kN.





## Profilatura e produzione di tubi permettono soluzioni più intelligenti e più leggere

Le proprietà di incrudimento degli AHSS risultano essere molto vantaggiose nelle operazioni di profilatura e produzione di tubi. Si tratta di procedimenti a deformazione controllata che aumentano il limite di snervamento e il carico di rottura del componente finito. Il grado di resistenza potrà essere ulteriormente elevato sottoponendo per esempio i componenti finiti ad un trattamento termico eseguito durante la fase di verniciatura.

### TUBI

Grazie alla buona combinazione di resistenza, formabilità e saldabilità, gli acciai altoresistenziali di nuova generazione sono ideali per la produzione di strutture tubolari e rappresentano un eccellente elemento strutturale ogni volta che è richiesta un'elevata resistenza. Nell'industria automotive, i tubi in acciaio altoresistenziale di nuova generazione vengono utilizzati nelle strutture dei sedili e anche per le barre antintrusione e per i tubi del cruscotto. Sono generalmente di forma circolare, anche se tubi di forme quadrate, ovali e semicircolari possono essere creati in una seconda fase.

L'idoneità degli AHSS al processo di idroformatura fornisce l'opportunità di utilizzare i tubi anche per componenti con diverse sezioni trasversali. I tubi profilati a freddo sono prodotti in linee di profilatura continua e successivamente saldati ad alta frequenza. In virtù dell'elevata resistenza, questi tubi possono essere impiegati per realizzare parti di telaio soggetti a sollecitazioni a fatica. Persino acciai altoresistenziali di nuova generazione con una resistenza superiore a 1000 MPa possono essere utilizzati per realizzare questi tubi purché si tenga sotto controllo, in fase di saldatura, l'apporto di calore.

### PROFILATI

I profilati in acciaio altoresistenziale di nuova generazione sono principalmente usati per sedili, rinforzi in cintura, barre antintrusione e paraurti. La profilatura è un processo molto redditizio che consente di ottenere una produttività elevata a bassi costi, in particolare nella produzione in grande serie. La profilatura è una tecnologia che si è dimostrata meno sensibile alla formabilità ed al ritorno elastico

proprio degli acciai altoresistenziali. Rispetto alla piegatura convenzionale, la profilatura consente raggi estremamente severi, senza rischio di rottura. Il ritorno elastico viene ridotto e, in alcuni casi, addirittura eliminato. Rispetto alla piegatura e allo stampaggio, la profilatura offre una migliore stabilità e meno problemi di tolleranza dimensionale, anche se il limite nelle proprietà meccaniche del materiale è ampio. La profilatura consente anche di aggiungere al processo una fase finale di calibratura, per ridurre ulteriormente gli errori dimensionali o per introdurre una curvatura sul profilato. In generale tutti gli acciai altoresistenziali di nuova generazione sono idonei per la profilatura, ma i risultati migliori si ottengono utilizzando acciai con gradi di resistenza più elevati. Anche per gli acciai stampati a freddo con un carico di rottura fino a 1500 MPa il confronto con altri metodi di profilatura è notevole.

### RAGGIO DI PIEGA

Nella profilatura degli acciai ultra-altioresistenziali si possono ottenere raggi molto ristretti, equivalenti allo spessore della lamiera. Al contrario, nella piegatura a V, lo stesso materiale necessita di raggi pari a 3-4 volte lo spessore della lamiera per evitare il rischio di rottura. Con la profilatura si possono realizzare elementi molto rigidi che consentono un'ulteriore riduzione del peso. La possibilità di realizzare raggi più severi deriva dal metodo di profilatura, ma è certamente favorita dall'utilizzo di un materiale a basso tasso di incrudimento, grazie al quale la lamiera si adatta meglio ai rulli e tende meno a "piegarsi in avanti". Altro fattore determinante è l'elevata purezza microstrutturale del materiale per raggiungere raggi di piega ridotti.



Tuper S/A, Brasile, è leader nel fornire soluzioni innovative e competitive con l'acciaio, anche nei tubi per l'industria automotive. I tubi sono realizzati in Docol 1400 M e sono utilizzati nelle barre antintrusione delle auto.

Il Docol 1400 M permette agli OEM di offrire questo componente con una maggiore resistenza, una maggiore sicurezza e più leggero del 30%.



## Docol Roll e Dogal Roll – sviluppati per la profilatura

Una nuova classe di acciai è stata sviluppata in modo specifico per la profilatura: Docol Roll e Dogal Roll si comportano meglio di altri materiali dalla stessa resistenza. Ci sono due carichi di rottura disponibili: 800 MPa e 1000 MPa.

### Questi tipi di acciai sono caratterizzati da:

- Un elevato carico di snervamento – riduce al minimo problemi di planarità e garantisce una deformazione plastica confinata ai raggi
- Un elevato rapporto  $R_e/R_m$  – significa che le tensioni in zone altamente formate sono paragonabili alle tensioni delle zone leggermente formate. Piccole differenze nelle tensioni residue sulle sezioni trasversali riducono la tendenza a piegarsi e a torcersi del profilato.
- Un'elevata purezza interna ed un microstruttura con un'omogenea distribuzione del grado di durezza – estremamente importante in caso di profilatura con raggi molto severi.

### RETTILINEITÀ DEL PROFILATO

La rettilineità dei profilati è direttamente proporzionale al grado di resistenza del materiale. Nel caso specifico, due profilati vengono creati dalla stessa linea di profilatura. Un profilato ottenuto con un acciaio da profondo stampaggio (DC04), mentre l'altro è realizzato con Docol 1000 DP.

Il carico di rottura è, rispettivamente, di circa 300 MPa e di circa 1000 MPa. Entrambi i profili hanno lo stesso spessore e sono stati profilati con lo stesso settaggio delle attrezzature.

Il profilato realizzato con il Docol è più rettilineo perché la deformazione plastica è limitata al raggio. Un elevato limite di snervamento è quindi molto vantaggioso per ridurre la deformazione plastica, così che lo svergolamento e la piegatura del profilato finito risultano essere ridotti.

Anche il rischio di “ondulature” è ridotto, dal momento che le forze residue saranno minori.

Un altro fattore cruciale per la rettilineità di un profilato è il rapporto tra limite di snervamento e carico di rottura, in altre parole il tasso di incrudimento del materiale. Un profilato caratterizzato da una sezione trasversale complessa e da zone deformate in modo non uniforme, mostrerà ampie differenze nei livelli di tensione residua, se il materiale possiede un elevato tasso di incrudimento.

Se invece il rapporto limite di snervamento/carico di rottura è vicino a 0, le differenze

saranno minime e il prodotto finito sarà meno soggetto a deformazioni non desiderate.

### ASPETTI MICROSTRUTTURALI

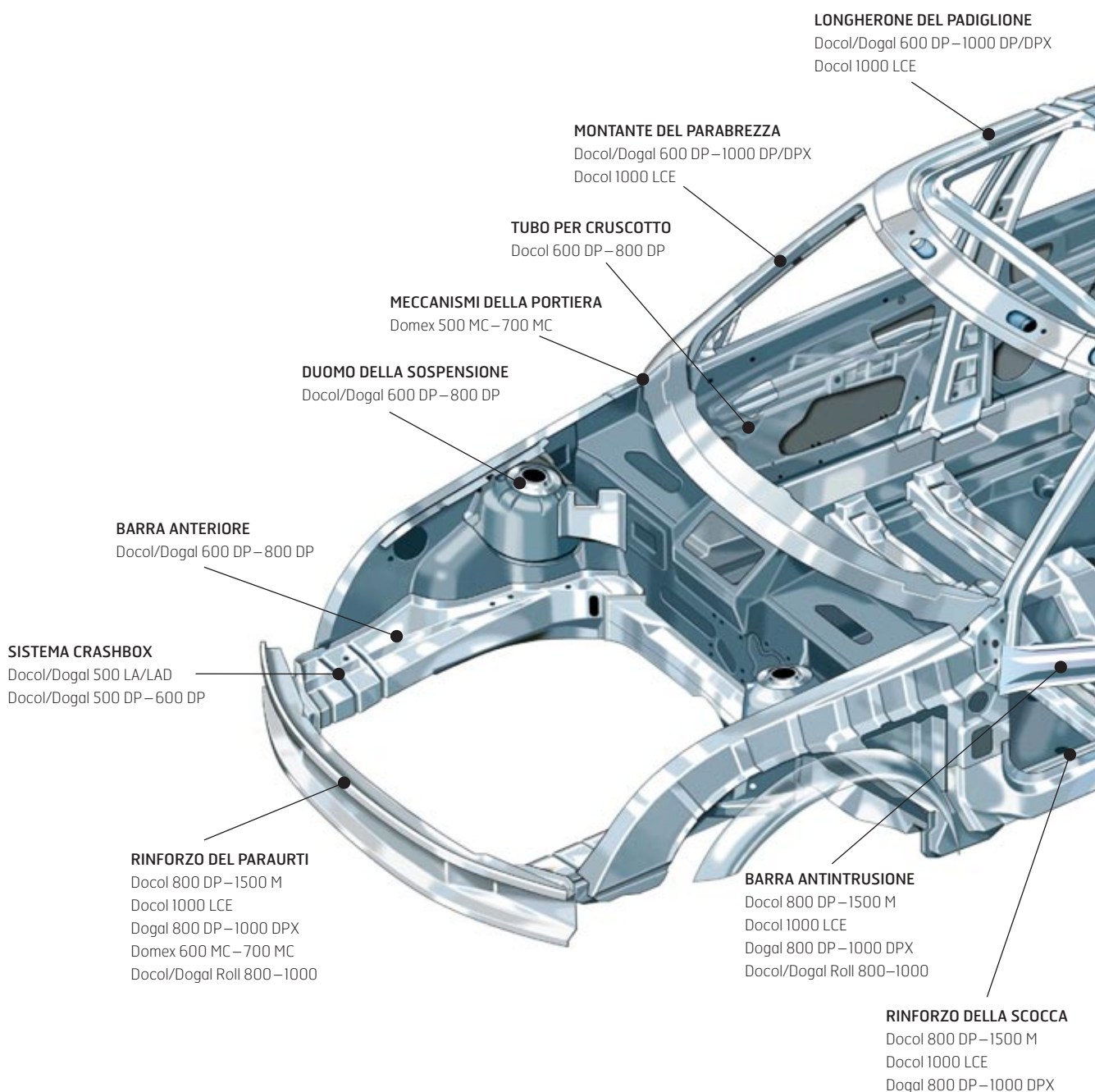
Poiché la profilatura viene eseguita quasi sempre nella stessa direzione della laminazione del nastro, le inclusioni nel materiale saranno orientate nella stessa direzione della piegatura.

Dal punto di vista metallurgico è quindi importante che il materiale abbia la massima purezza e sia privo di scorie e inclusioni. – questo fa sì che l'acciaio altoresistenziale di nuova generazione Docol sia la scelta migliore.

La microstruttura del Docol è molto omogenea e questo permette di evitare di concentrare la deformazione in determinate fasi microstrutturali, con il rischio di innescare una cricca.

### TOLLERANZE SULLO SPESSORE DEL NASTRO

Come nella maggior parte dei metodi di formatura, le tolleranze dimensionali del componente finito dipendono dalle tolleranze sullo spessore della lamiera. Ciò accade anche nella profilatura: una lamiera con severe tolleranze di spessore rende più stabile il processo e conferisce una maggiore precisione al prodotto.



Tutti gli acciai Docol sono disponibili anche elettrozincati.

## Acciai altoresistenziali consigliati

La scelta degli acciai altoresistenziali di nuova generazione per una determinata applicazione automotive avviene utilizzando numerosi parametri.

Le richieste di rigidità nel telaio dell'auto possono determinare la possibile riduzione dello spessore di un singolo componente.

Anche il design geometrico del componente influenza la scelta del materiale.

Il metodo di formatura determina il tipo di acciaio che dovrebbe essere utilizzato. In un'operazione di profilatura, un raggio ristretto può essere ottenuto normalmente e il ritorno elastico viene gestito in modo migliore rispetto allo stampaggio.

Innovare componenti come i rinforzi dei paraurti e le barre antintrusione può spesso contribuire a importanti riduzioni di peso, sebbene le richieste di assorbimento di energia siano elevate e queste parti non contribuiscano alla rigidità del telaio. Pertanto, la resistenza degli acciai altoresistenziali di nuova generazione può essere conveniente.

Parti come le barre anteriori, le traverse centrali e altri componenti che devono avere un'elevata capacità di assorbimento di energia e contribuiscono alla rigidità del telaio, sono generalmente realizzati con una forma geometrica più complessa. Per queste parti, è appropriato l'utilizzo di un acciaio altoresistenziale di nuova generazione di grado inferiore.



**TRAVERSA DEL PADIGLIONE**

Docol/Dogal 600 DP-1000 DP/DPX  
Docol 1000 LCE

**MONTANTE DEL LUNOTTO POSTERIORE**

Docol/Dogal 600 DP-1000 DP/DPX  
Docol 1000 LCE

**MONTANTE CENTRALE**

Docol/Dogal 600 DP-1000 DP/DPX  
Docol 1000 LCE

**TRAVERSA CENTRALE**

Docol/Dogal 600 DP-1000 DP/DPX  
Docol 1000 LCE

**RIFORZO DEL TUNNEL**

Docol/Dogal 600 DP-800 DP

**TUBO POGGIATESTA**

Docol 500 DP/DL-600 DP/DL

**TELAIO DEL SEDILE**

Docol 600 DP-1500 M  
Docol 1000 LCE

**RINFORZO DEL TELAIO**

Domex 700 MC

**DISPOSITIVO DI RECLINAZIONE**

Domex 600 MC-700 MC

**MECCANISMI**

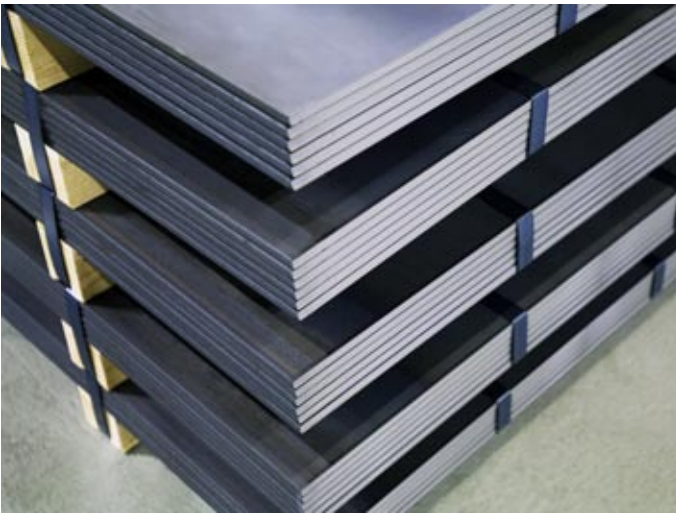
Docol 500 LA-1200 M  
Docol 1000 LCE

**SOSTEGNO DEL TELAIO**

Docol 600 DP-800 DP

**GUIDA DEL SEDILE**

Docol 600 DP-1000 DP  
Docol 1000 LCE  
Docol Roll 800-1000



# La gamma degli acciai altoresistenziali di nuova generazione SSAB

ACCIAI ALTORESISTENZIALI DI NUOVA GENERAZIONE CONSIGLIATI PER VARIE APPLICAZIONI

	APPLICAZIONE	ACCIAI LAMINATI A CALDO			ACCIAI LAMINATI A FREDDO										
		MC			LA	DP				M			ACCIAI SPECIALI		
		600	650	700	500	500	600	800	1000	1200	1400	1500¹	Roll 800	Roll 1000¹	1000 LCE¹
BODY-IN-WHITE	Rinforzo del paraurti														
	Crash box														
	Tubo del cruscotto														
	Barra anteriore														
	Traversa centrale														
	Barra antintrusione														
	Rinforzo in cintura														
	Rinforzo montanti A-B-C														
	Montante A-B-C														
	Rinforzo pavimento sottoporta														
	Longheroni/Traversa pad. Finestrino														
	Cruscotto anteriore/posteriore														
SEDILE	Guida del sedile														
	Dispositivo di reclinazione														
	Telaio del sedile														



La nostra gamma di acciai altoresistenziali di nuova generazione per l'industria automotive consiste in:

- Acciai microlegati
- Acciai Dual Phase
- Acciai Complex Phases
- Acciai martensitici

ad una buona formabilità; la martensite è dura e contribuisce alla resistenza del materiale.

La resistenza aumenta con una maggiore proporzione della fase martensitica e, in base all'applicazione, possono essere utilizzati acciai DP con differenti rapporti Re/Rm. Le cifre nella denominazione dell'acciaio specificano il carico di rottura minimo.

## ACCIAI MICROLEGATI (LA)

Gli acciai microlegati laminati a freddo di SSAB acquisiscono la propria resistenza grazie all'aggiunta di ridotte quantità di elementi micro leganti, come il niobio ed il titanio.

Questi acciai sono denominati in base al limite minimo garantito di snervamento. La differenza tra il limite di snervamento ed il carico di rottura è minima. Questi acciai sono adatti per la piegatura, per lo stampaggio e per la flangiatura in relazione al loro limite di snervamento.

## ACCAI COMPLEX PHASE (CP)

La microstruttura degli acciai Complex Phases contiene una piccola quantità di martensite, austenite e perlite all'interno della matrice ferritobainitica.

Gli acciai Complex Phases sono caratterizzati da un alto limite di snervamento, da un moderato incrudimento e da una buona attitudine alla piegatura ed alla flangiatura. Sono denominati in base al carico minimo di rottura.


## ACCIAI DUAL PHASE (DP)

Gli acciai Dual Phase laminati a freddo sono formati da due fasi: quella ferritica e quella martensitica. Le ferrite è tenera e contribuisce

## ACCIAI MARTENSITICI (M)

Gli acciai martensitici contengono martensite al 100%. Hanno un elevato limite di snervamento e di carico di rottura. Sono denominati in base al carico di rottura minimo.

[illegible]

 Tipo di acciaio utilizzato  
più spesso in questa  
applicazione

Opportunità tecnologica  
per questa applicazione

Apri per conoscere le caratteristiche degli acciai zincati a caldo, elettrozincati e gli acciai specifici per l'automotive.

Gli acciai altoresistenziali di nuova generazione laminati a freddo possono essere adattati agli standard dei costruttori di automobili su richiesta.

Alcuni esempi di questo sono la Toyota TSG3100G, Honda HES C052-00, Nissan M 2032, Fiat 52815, Renault RNUR 11-04-2002 e GM GMW 3399M-ST-S. La tabella sottostante mostra il tipo di acciaio appartenente agli standard più comuni dei costruttori di automobili, disponibile come laminato a freddo.

Gli acciai zincati a caldo Dogal 500 DP, Dogal 600 CP e Dogal 780 CP sono disponibili per l'utilizzo secondo la normativa europea EN 10336.

Tutti i tipi di acciai richiesti dalle specifiche di un costruttore di automobili vanno valutati caso per caso.

Gli acciai laminati a caldo Domex 460-700 MC sono disponibili in base alla normativa europea EN 10149-2.

Ulteriori informazioni sugli acciai altoresistenziali di nuova generazione sono disponibili su [www.ssab.com](http://www.ssab.com).

Diversi parametri determinano il tipo di acciaio da utilizzare per una certa applicazione:

Le richieste per la rigidità del telaio di un'auto determinano la possibile riduzione nello spessore di una singola parte.

Il design geometrico della parte determina la forza massima del materiale utilizzato.

Anche il metodo di formatura è determinante nella scelta del tipo di acciaio da utilizzare.

Il risparmio maggiore di peso può essere spesso realizzato con l'upgrading di componenti, come il paraurti e le barre antintrusione. Questo perché le richieste di assorbimento dell'energia sono maggiori e queste parti non contribuiscono in modo importante alla rigidità della scocca. La resistenza degli acciai altoresistenziali di nuova generazione può essere sfruttata al meglio.

Barre anteriori, traverse centrali e varie barre che devono resistere all'elevato assorbimento di energia e contribuire in maniera notevole alla rigidità del telaio sono generalmente di una forma geometrica più complessa. Per queste parti può essere utilizzato un tipo di acciaio altoresistenziale di nuova generazione di grado inferiore.

TIPO DI ACCIAIO	ACCIAIO LAMINATO A CALDO	ACCIAIO LAMINATO A FREDDO	ACCIAIO ZINCATO A CALDO	ACCIAIO ELETTROZINCATO
Acciai microlegati	Domex 460 MC	Docol 420 LA	Dogal 420 LAD <sup>a</sup>	
	Domex 500 MC	Docol 500 LA	Dogal H 420 LAD <sup>b</sup>	
	Domex 550 MC		Dogal 460 LAD <sup>a</sup>	
	Domex 600 MC		Dogal H 460 LAD <sup>b</sup>	
	Domex 650 MC		Dogal 500 LAD <sup>a</sup>	
	Domex 700 MC		Dogal H 500 LAD <sup>b</sup>	
			Dogal H 550 LAD <sup>b</sup>	
			Dogal H 600 LAD <sup>b</sup>	
			Dogal H 650 LAD <sup>b</sup>	
			Dogal H 700 LAD <sup>b</sup>	
Acciai Dual Phase		Docol 500 DP	Dogal 500 DP	Docol 500 DPZE
		Docol 500 DL		
		Docol 600 DP	Dogal 600 DP	Docol 600 DPZE
		Docol 600 DL		
		Docol 800 DP	Dogal 800 DP	Docol 800 DPZE
		Docol 800 DL	Dogal 800 DPX	
		Docol 980 DP		
Acciai Complex Phase		Docol 1000 DP	Dogal 1000 DPX	Docol 1000 DPZE
			Dogal 600 CP	
			Dogal 780 CP	
Acciai martensitici		Docol 900 M		Docol 900 MZE
		Docol 1200 M		Docol 1200 MZE
		Docol 1300 M		Docol 1300 MZE
		Docol 1400 M		Docol 1400 MZE <sup>2</sup>
		Docol 1500 M <sup>1</sup>		Docol 1500 MZE <sup>2</sup>
Acciai speciali		Docol Roll 800	Dogal Roll 800	
		Docol Roll 1000 <sup>1</sup>	Dogal Roll 1000	
		Docol 1000 LCE <sup>1</sup>		

a) LAD= substrato laminato a freddo.

b) HLAD=substrato laminato a freddo

1. Su richiesta. 2. In fase di sviluppo.

Tutti i tipi di acciaio altoresistenziale di nuova generazione possono essere elettrozincati.

GAMMA DIMENSIONALE

Spessore:	Docol	0,50–2,10 mm (alcuni tipi fino a 3,00 mm)	Lunghezza massima:	Docol	1500 mm
	Dogal	0,50–2,00 mm (alcuni tipi fino a 2,50 mm)		Dogal	1500 mm
	Domex	2,00–10,00 mm		Domex	1600 mm

## SSAB Knowledge Service Center vi supporta nello sviluppo dei vostri prodotti

Uno dei più importanti obiettivi del Knowledge Service Center di SSAB è di fornire immediato supporto all'industria automotive ed ai suoi fornitori, offrendo informazioni ed esperienze per aiutarli nella realizzazione di prodotti più leggeri, forti e sicuri.

Attraverso il nostro help-desk o via e-mail, riceverete assistenza e supporto tecnico in tutte le aree dell'industria automotive, inclusa la scelta dei materiali, la progettazione per il miglioramento delle prestazioni ed il completo processo di produzione, dalla lavorazione alla giunzione.

Il Knowledge Service Center mette a disposizione l'esperienza trentennale nella lavorazione degli acciai altoresistenziali di nuova generazione, attraverso il contatto diretto con i nostri ingegneri, gli esperti di materiali ed i consulenti tecnici.

Infatti, molti dei nostri clienti affermano che utilizzare il Knowledge Service Center è come avere una squadra esperta di consulenti all'interno della propria azienda.

Un supporto istantaneo ventiquattr'ore al giorno è disponibile sul nostro sito [www.ssab.com](http://www.ssab.com).

Questo è un esaustivo database contenente dettagliate informazioni sui prodotti, programmi ausiliari scaricabili, grafici e altro materiale che semplifica il lavoro di analisi e progettazione.

I nostri manuali - Sheet Steel Handbook, Sheet Steel Forming Handbook e Sheet Steel Joining Handbook - contengono molte informazioni su

tutti gli aspetti della progettazione e produzione con gli acciai altoresistenziali di nuova generazione.

### SHEET STEEL HANDBOOK

- Scelta di materiali e filosofia progettuale
- Gamma di prodotti e proprietà dei materiali
- Progettazione pratica
- Design strutturale
- Fabbricazione

### SHEET STEEL FORMING HANDBOOK

- Proprietà dei materiali
- Dimensioni di taglio
- Formatura plastica
- Formabilità e comportamento del materiale
- Strumenti di lavoro, superfici e tribologia
- Trattamenti della superficie e rivestimenti

### SHEET STEEL JOINING HANDBOOK

- Saldatura per fusione
- Saldatura per resistenza
- Giunzione meccanica
- Incollaggio
- Saldatura e brasatura
- Fatica - comparazione tra differenti metodi di giunzione
- Giunzione con altri materiali







## SEMPRE UN PASSO AVANTI:

# l'innovazione è una priorità di SSAB

SSAB è il più importante produttore di acciaio del Nord Europa.

Siamo pionieri e leader di mercato negli acciai altoresistenziali di nuova generazione, con oltre 100 anni di successo sul mercato.

L'industria automotive è uno dei nostri più importanti clienti e siamo partner strategici di molti produttori di automobili. La nostra posizione di nicchia negli acciai altoresistenziali consente a SSAB di essere vicina ai bisogni dei suoi clienti e ci permette di intervenire rapidamente.

Nel 2008 SSAB ha realizzato un fatturato di oltre 5,1 miliardi di euro, con vendite in oltre 100 Paesi nel mondo e uffici in più di 45 nazioni. SSAB ha 8.700 dipendenti nel mondo, 3.800 impiegati nella produzione di oltre 2,6 milioni di tonnellate di coils ogni anno.

SSAB venne fondata nel 1978 dalla fusione di tre acciaierie svedesi. Nel 2007 il gruppo ha acquisito IPSCO, un importante produttore di acciai altoresistenziali di nuova generazione e di altri prodotti siderurgici in Canada e negli USA.

### CONTINUITÀ, QUALITÀ E RIGORE

SSAB è pioniere nel campo degli acciai altoresistenziali di nuova generazione ed ha iniziato a svilupparli, produrli e commercializzarli oltre 30 anni fa.

La produzione di acciai altoresistenziali di nuova generazione è molto rigorosa per continuità, precisione e competenza.

I nostri metodi avanzati di produzione esaudiscono queste richieste in ogni fase del processo. Le dimensioni, tolleranze e proprietà interne del nostro acciaio sono costanti in ogni produzione.

Dalla composizione chimica delle bramme d'acciaio ai processi di post-trattamento, SSAB garantisce elevati standard di qualità, utilizzando tecniche di produzione avanzate.

### CONSEGNE RAPIDE ED AFFIDABILI

Efficienti soluzioni logistiche, spedizioni regolari dall'acciaieria nel centro della Svezia e le scorte localizzate centralmente in Europa garantiscono consegne rapide a tutti i nostri clienti.

Il nostro network logistico adesso si sta espandendo in altri mercati in Est Europa, Asia e Nordamerica. SSAB ha aperto recentemente uno Steel Service Center in Cina, per servire il mercato locale.

SSAB è leader mondiale negli acciai altoresistenziali ad alto valore aggiunto. SSAB offre prodotti sviluppati in collaborazione con i suoi clienti, con l'obiettivo di contribuire ad un mondo più leggero, più resistente e più sostenibile.

SSAB impiega 8.700 persone in oltre 45 paesi in tutto il mondo ed ha stabilimenti produttivi in Svezia e negli USA. SSAB è quotata alla borsa di Stoccolma nei titoli NASDAQ OMX.

SSAB ha ottenuto la certificazione ambientale secondo la norma ISO 14001 e le certificazioni ISO/TS 16949 e ISO 9001.

Per maggiori informazioni contattateci o visitate il sito [www.ssab.com](http://www.ssab.com)

#### **Australia**

SSAB Swedish Steel Pty. Ltd.  
T +61 395 488 455

#### **Benelux**

SSAB Swedish Steel BV  
T +31 24 67 90 550

#### **Brasile**

SSAB Swedish Steel, Ltda.  
T +55 41 3014 9070

#### **Cina**

SSAB Swedish Steel  
T +86 10 6440 3550

#### **Corea**

SSAB Swedish Steel Ltd  
T +82 31 906 2770

#### **Danimarca**

SSAB Svensk Stål A/S  
T +45 4320 5000

#### **Finlandia**

OY SSAB Svenskt Stål AB  
T +358 9 68 66 030

#### **Francia**

SSAB Swedish Steel SAS  
T +33 1 55 61 91 00

#### **Giappone**

SSAB Swedish Steel Ltd.  
T +81 3 3456 3447

#### **Germania**

SSAB Swedish Steel GmbH  
T +49 211 91 25-0  
T +49 711 687 84-0

#### **Israele**

SSAB Swedish Steel  
T +972 3 549 7820

#### **Norvegia**

SSAB Svensk Stål A/S  
T +47 23 11 85 80

#### **Polonia**

SSAB Swedish Steel Sp.z.o.o.  
T +48 22 723 00 49

#### **Portogallo**

SSAB Swedish Steel  
T +351 252 291 000

#### **Regno Unito**

SSAB Swedish Steel Ltd  
T +44 1905 79 57 94

#### **Repubblica Ceca**

SSAB Swedish Steel s.r.o.  
T +420 545 422 550

#### **Russia**

SSAB Swedish Steel  
T +7 495 781 3933

#### **Spagna**

SSAB Swedish Steel S.L.  
T +34 91 300 5422

#### **Sudafrica**

SSAB Swedish Steel Pty Ltd  
T +27 11 822 2570

#### **Svezia**

SSAB Strip Products  
T +46-243 700 00

#### **Turchia**

SSAB Swedish Steel Celik  
Dis Tic.Ltd.Sti.  
T +90 216 372 63 70

#### **USA**

SSAB Swedish Steel Inc  
T +1 412 269 21 20

#### **SSAB Swedish Steel S.p.A.**

Via G. di Vittorio, 6  
25016 Ghedi (BS)

T +39 030 9058811  
F +39 030 9058930  
E [ssab.italia@ssab.com](mailto:ssab.italia@ssab.com)

[www.ssab.com](http://www.ssab.com)

**SSAB**