

**HARDOX<sup>®</sup>**  
WEAR PLATE

# SALDATURA DI HARDOX<sup>®</sup>



**SSAB**



## SOMMARIO

Saldatura della lamiera antiusura Hardox®	3
Metodi per la preparazione dei giunti	4
Apporto termico	5
Evitare le cricche da idrogeno	6
Temperatura minima di preriscaldamento	8
Temperature consigliate di preriscaldamento	10
Raggiungimento e misurazione della temperatura di preriscaldamento	12
Riporti duri	13
Consigli per ridurre al minimo la distorsione	14
Tempo di raffreddamento $t_{8/5}$	16
Sequenza di saldatura e dimensioni dell'intervallo fra i bordi	17
Consumabili per la saldatura	18
Consumabili per la saldatura in acciaio inossidabile	20
Gas di protezione	21
Saldatura su primer	22
Trattamento termico post-saldatura	22
Le ultime novità nella tecnologia di saldatura	23



## SSAB Manuale di Saldatura

Per ulteriori approfondimenti sul mondo della saldatura, consigliamo il Manuale di Saldatura SSAB. Questo documento di 132 pagine fornisce moltissimi spunti e raccomandazioni per tecnici, ingegneri e altri professionisti. Contiene consigli per ottenere il miglior risultato di saldatura con la lamiera antiusura Hardox® e l'acciaio performante Strenx®. Il manuale analizza il flusso e il ciclo termico, l'eliminazione del rischio di cricche, i miglioramenti della ZTA, la scelta dei materiali di consumo e di riempimento e le caratteristiche geometriche dei giunti.

È possibile scaricarlo in versione digitale o ordinare la versione stampata del Manuale di Saldatura SSAB su [ssab.com/support/steel-handbooks](https://ssab.com/support/steel-handbooks)

# SALDATURA DELLA LAMIERA ANTIUSURA HARDOX®

La gamma di lamiere antiusura Hardox®, che comprende anche fogli, barre tonde e tubi, combina prestazioni uniche e saldabilità eccezionale. Per saldare l'acciaio Hardox® ad altri acciai saldabili è possibile utilizzare qualsiasi metodo di saldatura convenzionale.

Questa brochure contiene suggerimenti utili e informazioni per chiunque intenda semplificare e potenziare l'efficienza dei propri processi di saldatura. Fornisce consigli sulla temperatura di preriscaldamento e interpass, sull'apporto termico, sui consumabili di saldatura e molto altro.

Con queste pratiche informazioni, ogni utilizzatore può trarre pieno vantaggio dalle caratteristiche eccezionali degli acciai Hardox®. Il manuale contiene riferimenti a:

- ▶ I documenti TechSupport, che forniscono ulteriori informazioni e trattano argomenti quali le misure per evitare difetti o discontinuità. Essi forniscono anche esempi di fornitori di materiali di consumo adeguati. I documenti TechSupport sono disponibili nel Centro di Download al link [ssab.com/download-center](http://ssab.com/download-center).
- ▶ WeldCalc™, in versione desktop o app, permette agli utenti di ottimizzare le prestazioni di saldatura in base alle specifiche condizioni e ai requisiti della struttura saldata. WeldCalc™ può essere scaricato al link [ssab.com/support/calculators-and-tools](http://ssab.com/support/calculators-and-tools).

Le informazioni contenute in questo opuscolo sono fornite solo come linee generali. SSAB AB declina qualsiasi responsabilità in merito all'idoneità o all'adeguatezza di qualsiasi applicazione. È responsabilità dell'utente stabilire autonomamente l'idoneità di tutti i prodotti, e/o applicazioni, nonché testarli e verificarli. Le informazioni fornite qui di seguito da SSAB AB sono fornite "in base allo stato attuale delle cose" e con tutti i difetti, e l'intero rischio associato a tali informazioni è a carico dell'utente.





## FATTORI IMPORTANTI NELLA SALDATURA

Al fine di garantire una saldatura di qualità elevata, prima di procedere pulire l'area interessata per rimuovere umidità, olio, corrosione o eventuali impurità. Oltre a una scrupolosa pulizia, è anche particolarmente importante considerare i seguenti aspetti:

- ▶ Scelta dei consumabili di saldatura
- ▶ Temperatura di preriscaldamento e interpass
- ▶ Apporto termico
- ▶ Sequenza di saldatura e dimensione dell'intervallo tra i bordi nei giunti

# METODI PER LA PREPARAZIONE DEI GIUNTI

I giunti possono essere preparati con metodi convenzionali come il taglio termico e la lavorazione meccanica. Nel caso del taglio termico, la superficie presenta un sottile strato di ossido o di nitrato con uno spessore fino a 0,2 mm (0.007"). Questi strati devono essere rimossi prima della saldatura, solitamente mediante molatura.

# APPORTO TERMICO

La maggior parte delle procedure di saldatura è effettuata con saldatura a corrente continua o alternata. Per la saldatura a corrente continua e a corrente alternata, l'apporto termico viene calcolato secondo la seguente formula.

$$Q = \frac{k \cdot U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000} \quad \begin{matrix} \text{kJ/mm} \\ \text{(kJ/pollice)} \end{matrix}$$

*L'apporto termico per la saldatura ad arco pulsato può essere stabilito applicando una delle due formule seguenti:*

$$Q = \frac{k \cdot IE}{L \cdot 1000} \quad \begin{matrix} \text{kJ/mm} \\ \text{(kJ/pollice)} \end{matrix}$$

oppure

$$Q = \frac{k \cdot IP \cdot 60}{v \cdot 1000} \quad \begin{matrix} \text{kJ/mm} \\ \text{(kJ/pollice)} \end{matrix}$$

Q = apporto termico kJ/mm (kJ/pollice)  
 k = efficienza dell'arco (adimensionale)  
 U = tensione [V]  
 I = corrente [A]  
 v = velocità di traslazione mm/min (pollici/min)  
 L = Lunghezza di una passata di saldatura [mm o pollici]  
 IE = Energia istantanea [J]  
 IP = Potenza istantanea [W]

I vari processi di saldatura hanno un diverso rendimento termico. La tabella 1 descrive i valori approssimativi per diversi metodi di saldatura.

## Fattori di rendimento termico dei diversi metodi di saldatura

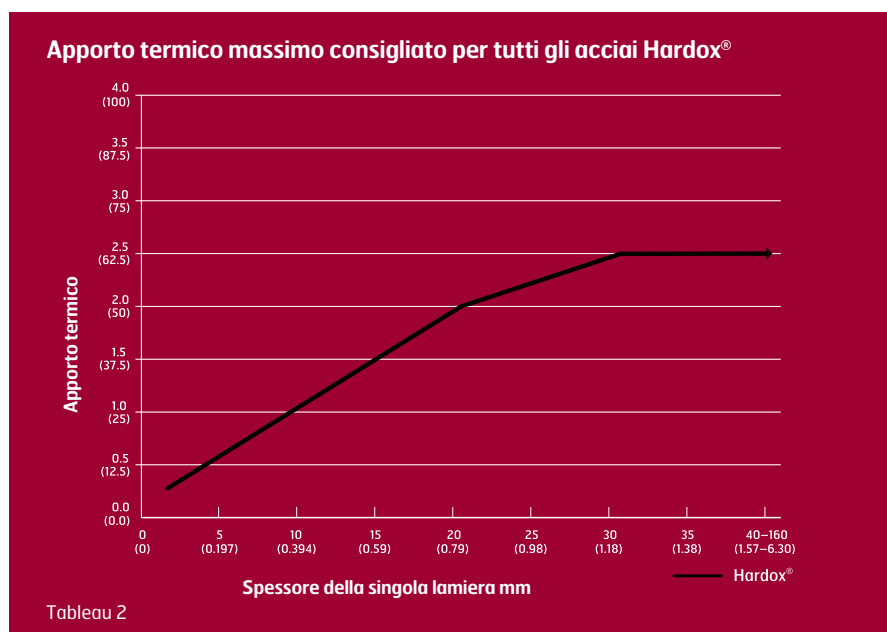
METODO DI SALDATURA	RENDIMENTO TERMICO (K)
MAG/ GMAW	0,8
MMA/ SMAW	0,8
SAW	1,0
TIG/ GTAW	0,6

Tabella 1

L'eccessivo apporto termico aumenta la larghezza della zona termicamente alterata (ZTA), che a sua volta altera le proprietà meccaniche e la resistenza all'usura della ZTA. La saldatura con ridotto apporto termico offre vantaggi quali:

- ▶ maggiore resistenza all'usura della ZTA
- ▶ distorsione ridotta (giunti saldati con singola passata)
- ▶ aumento della resilienza del giunto
- ▶ maggiore resistenza del giunto

Un apporto termico molto basso potrebbe tuttavia influenzare negativamente la resilienza ( $t_{8/5}^*$  valori sotto 3 secondi). La Tabella 2 indica l'apporto termico massimo (Q) consigliato per Hardox®.



\* v. definizione a pag. 16

# EVITARE LE CRICCHE DA IDROGENO

Grazie al contenuto di carbonio equivalente relativamente basso, tutte le qualità di Hardox® resistono meglio alle cricche da idrogeno rispetto agli altri acciai resistenti all'usura.

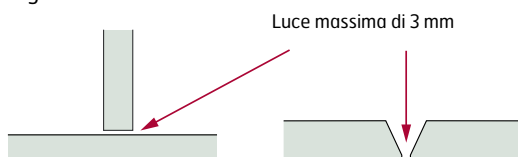
Ecco i suggerimenti per ridurre al minimo il rischio di cricche:

- ▶ Preriscaldare la zona di saldatura alla temperatura minima consigliata.
- ▶ Misurare la temperatura di preriscaldamento in base ai consigli di preriscaldamento forniti a pag. 10.
- ▶ Utilizzare processi e consumabili che forniscano un tenore di idrogeno massimo di 5 ml/100 g.
- ▶ Pulire il giunto da tutte le impurità come ruggine, grasso, olio o gelo.
- ▶ Utilizzare esclusivamente le classificazioni per consumabili di saldatura consigliate da SSAB. (Ulteriori informazioni sui consumabili di saldatura a pagina 18.)
- ▶ Applicare una corretta sequenza di saldatura al fine di ridurre al minimo le tensioni residue.
- ▶ Posizionare l'inizio e la fine della saldatura preferibilmente ad almeno 50-100 mm (2"-4") da un angolo, così da evitare sollecitazioni eccessive in queste aree, v. Figura 1.
- ▶ Evitare un intervallo tra i bordi superiore ai 3 mm (1/8"); v. Figura 2.
- ▶ La dimensione del gap non dovrebbe superare i 3 mm (1/8"); v. Figura 2.

Figura 1



Figura 2







# TEMPERATURE MINIME DI PRERISCALDO E INTERPASS

Per evitare cricche da idrogeno, è essenziale rispettare la temperatura minima di preriscaldamento e la procedura per ottenere e misurare la temperatura del giunto e intorno allo stesso.

## Influenza degli elementi di lega sulla scelta delle temperature di preriscaldamento e interpass

Una combinazione unica di elementi di lega ottimizza le proprietà meccaniche della lamiera antiusura Hardox®. Questa combinazione determina le temperature di preriscaldamento e interpass dell'acciaio Hardox® durante la saldatura e può essere utilizzata per calcolare il valore di carbonio equivalente. Il carbonio equivalente è indicato solitamente dalla sigla CEV o CET, secondo le formule riportate a destra.

Gli elementi di lega sono specificati nel certificato dell'acciaieria dell'acciaio Hardox® e in queste due formule sono espressi come percentuale rispetto al peso. Un valore più

elevato di carbonio equivalente richiede solitamente una temperatura di preriscaldamento e interpass più elevata. Il carbonio equivalente tipico per tutte le qualità di Hardox® è garantito nelle schede tecniche dei prodotti di SSAB, disponibili sul sito [www.hardox.com](http://www.hardox.com).

Tuttavia, se si seguono le temperature minime di preriscaldamento indicate in questo opuscolo, il calcolo del carbonio equivalente non è necessario.

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{[Mo+Cr+V]}{5} + \frac{[Ni+Cu]}{15} \quad (\%)$$

$$CET = C + \frac{[Mn + Mo]}{10} + \frac{[Cr+Cu]}{20} + \frac{Ni}{40} \quad (\%)$$





## Temperature di preriscaldamento e interpass per l'intera gamma di acciai Hardox® resistenti all'abrasione

Le temperature di preriscaldamento e interpass consigliate durante la saldatura sono riportate nelle Tabelle 3, 4a e 4b. Se non diversamente specificato, questi valori si applicano a saldature con consumabili non legati o bassolegati.

- ▶ Quando si saldano lamiera\* della stessa qualità ma con spessore diverso, la lamiera più spessa determina le temperature di preriscaldamento e interpass necessarie; v. Figura 4.
- ▶ Quando si devono saldare lamiera di acciaio diverso, le temperature di preriscaldamento e interpass vengono determinate dal tipo di lamiera\* che presenta i requisiti più elevati in termini di temperatura di preriscaldamento.
- ▶ Le Tabelle 4a e 4b sono applicabili per apporti termici di 1,7 kJ/mm (43.2 kJ/pollice) o superiori. Se si utilizzano apporti termici di 1,0 – 1,69 kJ/mm (25.4 – 42.9 kJ/pollice), si consiglia di aumentare la temperatura di 25°C (77° F) rispetto alla temperatura di preriscaldamento consigliata.
- ▶ Se si applica un apporto termico inferiore a 1,0 kJ/mm (25.4 kJ/pollice), si raccomanda di utilizzare l'app WeldCalc di SSAB per calcolare la temperatura di preriscaldamento minima consigliata.
- ▶ Se l'umidità ambientale è elevata o la temperatura è inferiore a 5°C (41°F), la temperatura minima di preriscaldamento consigliata riportata nella Tabella 4a e 4b dovrebbe essere aumentata di 25°C (77°F).
- ▶ Per lamiera di spessore superiore a 25 mm (0,984") e geometrie di giunzione dove l'intervallo è vicino alla linea centrale della lamiera, come le saldature di testa a doppia V, si consiglia di spostare l'intervallo a circa 5 mm (0,197") dalla linea centrale della lamiera.

\* Lamiera, foglio, barra tonda e tubo.

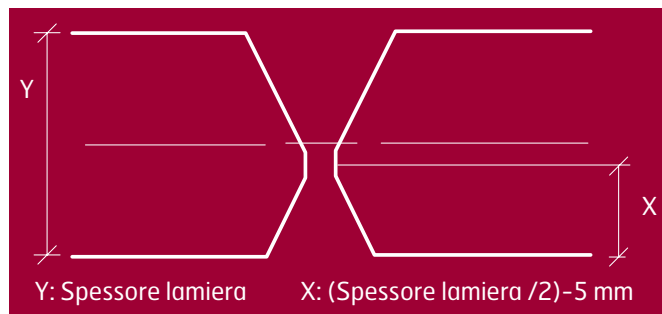


Figura 3

## Massima temperatura di interpass/temperatura di preriscaldamento consigliata

Hardox® HiTemp**	300°C (572°F)
Hardox® HiTuf**	300°C (572°F)
Hardox® HiAce	225°C (437°F)
Hardox® 400/400 Tubo e barra tonda	225°C (437°F)
Hardox® 450	225°C (437°F)
Hardox® 500/500 Tubo	225°C (437°F)
Hardox® 500 Tuf	225°C (437°F)
Hardox® 550	225°C (437°F)
Hardox® 600	225°C (437°F)
Hardox® Extreme	100°C (212°F)

Tabella 3

\*\* In alcuni casi, per Hardox® HiTemp e Hardox® HiTuf è possibile adottare temperature di interpass fino a circa 400°C (752°F). In questi casi, usare WeldCalc™.

La temperatura di interpass riportata nella Tabella 3 è la temperatura massima consigliata nel giunto (sopra il metallo di saldatura) o immediatamente adiacente al giunto (posizione iniziale), prima dell'inizio della successiva passata di saldatura.

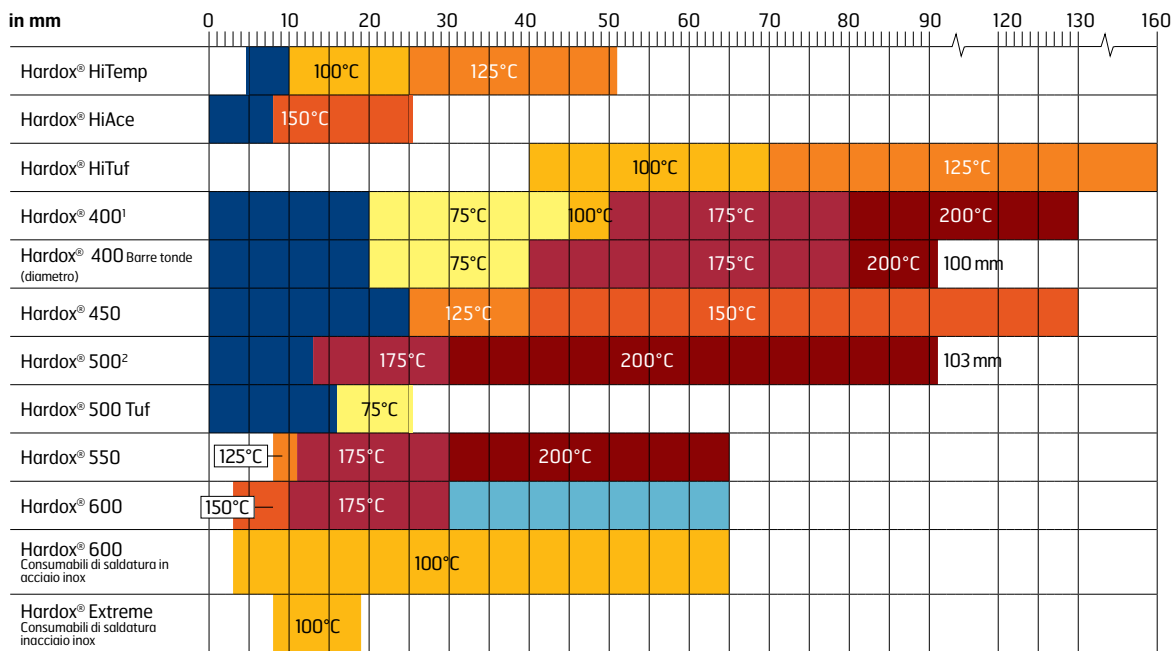
La temperatura minima di preriscaldamento consigliata e la temperatura massima di interpass consigliata indicate nelle Tabelle 3, 4a e 4b non sono influenzate in caso di apporti termici superiori a 1,7 kJ/mm (43.2 kJ/pollice). Le informazioni presuppongono che il giunto saldato sia lasciato raffreddare a temperatura ambiente.

Queste indicazioni valgono anche per la puntatura e la prima passata. In generale i punti di saldatura devono essere lunghi almeno 50 mm (2") ciascuno. Per giunti con spessori di lamiera fino a 8 mm (0.31") è consentito utilizzare lunghezze inferiori dei punti. La distanza fra i tratti di saldatura in puntatura può variare a seconda delle esigenze.

# TEMPERATURE DI PRERISCALDO CONSIGLIATE

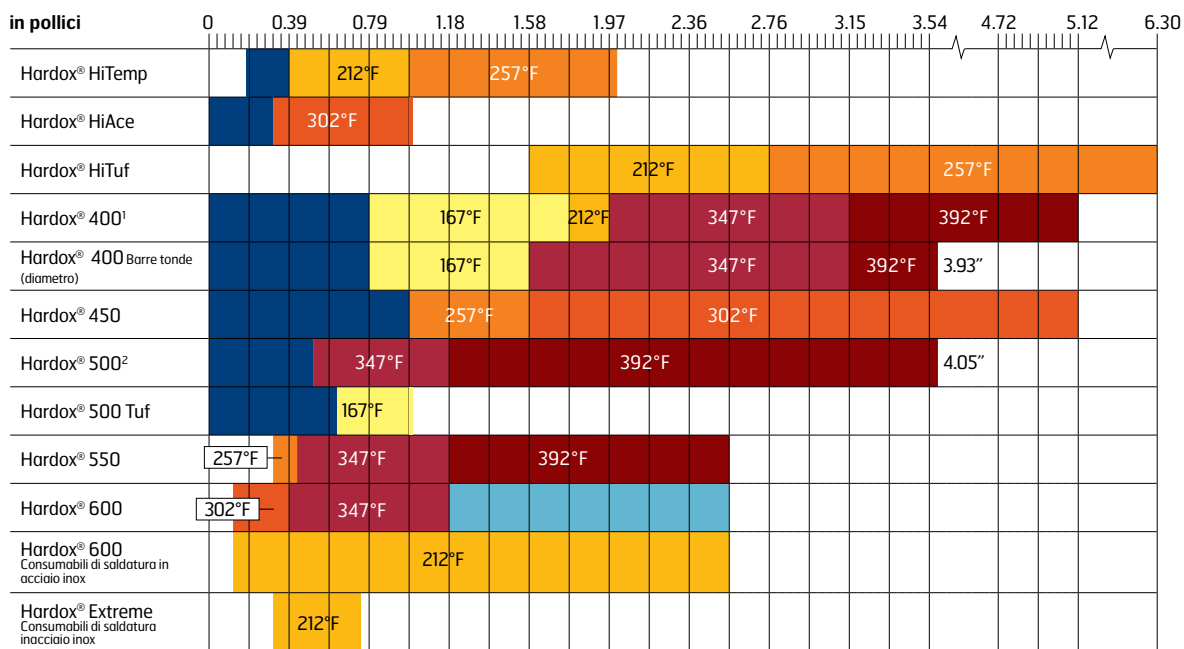
Lo spessore della singola lamiera (diametro) è indicato sull'asse x. Le temperature minime di preriscaldamento e interpass raccomandate sono indicate per i diversi spessori delle singole lamiere. Si noti che ogni incremento di temperatura inizia a 0,1 mm (0.004") al di sopra dello spessore indicato nei grafici.

Tabella 4a



■ Temperatura ambiente (circa 20°C) □ Al di fuori della gamma dimensionale ■ Solo consumabili di saldatura in acciaio inox Temperatura di preriscaldamento e interpass minimo 100°C

Tabella 4b



■ Temperatura ambiente (circa 68°F) □ Al di fuori della gamma dimensionale ■ Solo consumabili di saldatura in acciaio inox Temperatura di preriscaldamento e interpass minimo 212°F

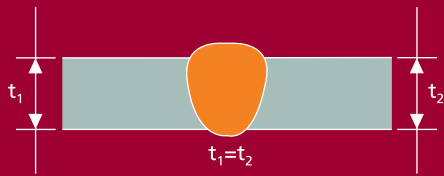
<sup>1</sup> La temperatura di preriscaldamento per Hardox® 400 si applica anche per Hardox® 400 Tubes, disponibili in spessori di 3 - 6 mm (0.118"-0.236").

<sup>2</sup> La temperatura di preriscaldamento per Hardox® 500 si applica anche per Hardox® 500 Tubes, disponibili in spessori di 3 - 6 mm (0.118"-0.236").

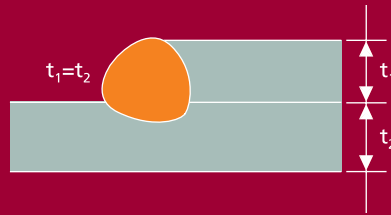


## L'illustrazione mostra lo "spessore (diametro) della singola lamiera"

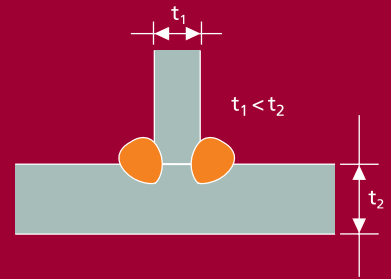
Figura 4



$t_1=t_2$  Lo spessore della singola lamiera è  $t_1$  o  $t_2$ , purché si utilizzi lo stesso tipo di acciaio.



$t_1=t_2$  Lo spessore della singola lamiera è  $t_1$  o  $t_2$ , purché si utilizzi lo stesso tipo di acciaio.



$t_1 < t_2$  In questo caso, lo spessore della singola lamiera è  $t_2$ , purché si utilizzi lo stesso tipo di acciaio.



# RAGGIUNGIMENTO E MISURAZIONE DELLA TEMPERATURA DI PRERISCALDO

La temperatura di preriscaldamento richiesta può essere raggiunta in vari modi. Le coperte di preriscaldamento (figura 5) attorno al giunto preparato sono spesso il metodo migliore, in quanto forniscono un riscaldamento uniforme della superficie. La temperatura di saldatura può essere misurata, ad esempio, con termometri a contatto.

Figura 5: Esempio di coperte riscaldanti elettriche

## Operazione di preriscaldamento consigliata

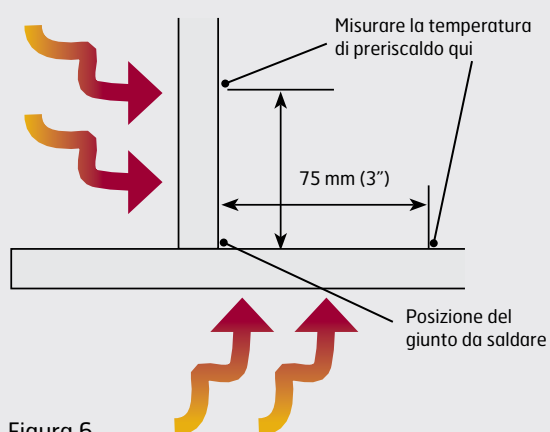
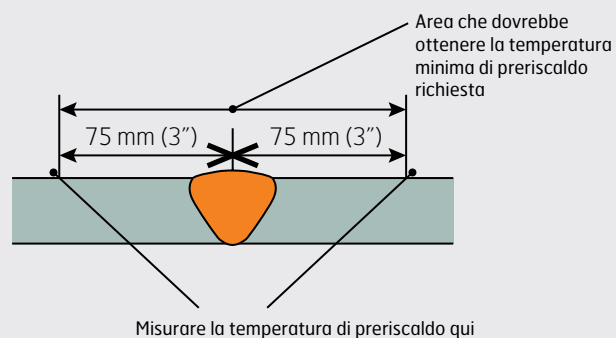


Figura 6

Prima di misurare la temperatura di preriscaldamento si dovrebbe osservare un tempo minimo di attesa di 2 min/25 mm (2 min/1 pollice) di spessore. La temperatura minima di preriscaldamento si dovrebbe ottenere in un'area di 75 + 75 mm (3"+ 3") intorno al giunto di saldatura previsto; v. sopra.



La temperatura di interpass può essere misurata anche sul metallo di apporto o sul metallo di base immediatamente adiacente.



# RIPORTI DURI

Se il giunto di saldatura è situato in una zona nella quale si prevede un'elevata usura, è possibile impiegare riporti duri con consumabili di saldatura speciali per aumentare la resistenza all'usura del metallo saldato. Si raccomanda di seguire le istruzioni sia per la giunzione sia per i riporti duri dell'acciaio Hardox®.

Alcuni consumabili di saldatura per riporti duri richiedono una temperatura di preriscaldamento molto elevata che può superare la temperatura massima di interpass consigliata per l'acciaio Hardox®.

Vale la pena notare che l'uso di una temperatura di preriscaldamento superiore alla temperatura massima di interpass consigliata per l'acciaio Hardox® può ridurre la durezza della lamiera di base e determinare un deterioramento della resistenza all'usura della zona preriscaldata.

Le temperature minima e massima di preriscaldamento sono identiche per i metodi convenzionali di saldatura; v. Tabelle 4a e 4b. V. Figura 7 per la definizione dello spessore della singola lamiera per situazioni con riporti duri.

Convienne saldare uno strato intermedio con tenacità elevata fra il giunto/la lamiera saldata ordinaria e il riporto duro. La scelta dei consumabili di saldatura per lo strato di materiale intermedio deve seguire le raccomandazioni di saldatura per lamiere antiusura Hardox®. Per lo strato intermedio, preferire consumabili di saldatura inossidabili, in conformità agli standard AWS 307 e AWS 309, v. Figura 8.

Figura 7: Definizione dello spessore della singola lamiera

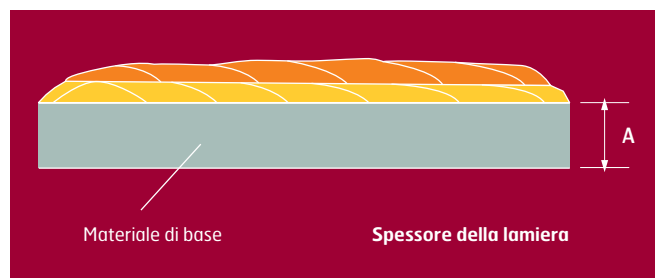
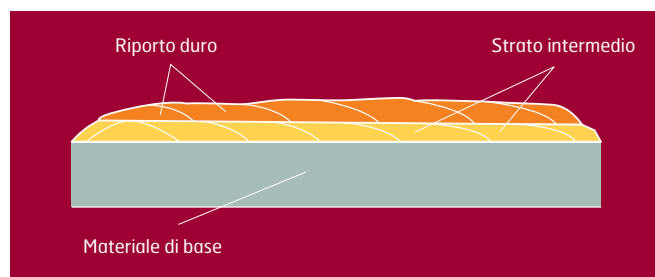


Figura 8: Esempio di sequenza di saldatura utilizzando consumabili di saldatura per strato di materiale intermedio e riporti duri



# CONSIGLI PER RIDURRE AL MINIMO LA DISTORSIONE

La quantità di distorsione durante e dopo la saldatura è legata allo spessore della lamiera di base e alla procedura di saldatura. Ridurre al minimo la distorsione, in particolare quando si saldano spessori sottili, osservando le seguenti raccomandazioni:

- ▶ Saldare con un apporto termico estremamente basso (giunti saldati con singola passata).
- ▶ Ridurre al minimo l'area della sezione trasversale; v. Figura 9.
- ▶ Utilizzare saldature simmetriche; v. Figura 10.
- ▶ Preimpostare, serrare o angolare i pezzi prima di saldarli, al fine di compensare la deformazione; v. Figura 11.
- ▶ Evitare un intervallo irregolare tra i bordi.
- ▶ Ridurre al minimo le strutture di rinforzo e ottimizzare lo spessore delle saldature d'angolo.
- ▶ Diminuire lo spazio tra i punti di saldatura.
- ▶ Utilizzare la tecnica di saldatura a passo del pellegrino o la tecnica di saldatura a passi. Nella saldatura a passo del pellegrino, tutte le passate di saldatura sono eseguite in direzione opposta alla progressione generale. Nella saldatura frazionata non è necessario che tutte le sequenze siano dirette in senso opposto alla progressione generale; v. Figura 12.
- ▶ Saldare dalle zone rigide alle estremità allentate, v. Figura 13.

Figura 9: Sezione trasversale della saldatura e come influenza la deviazione angolare.

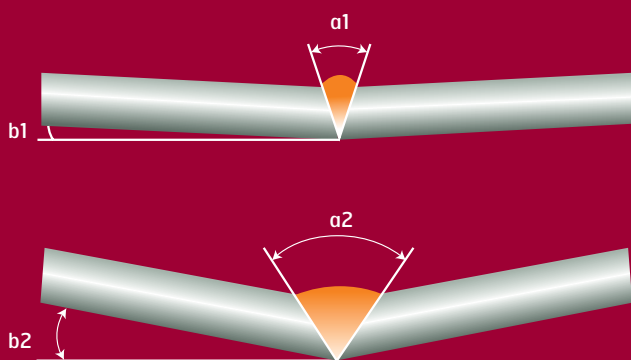


Figura 11: Predisposizione di una saldatura d'angolo e un giunto di testa a V singolo.

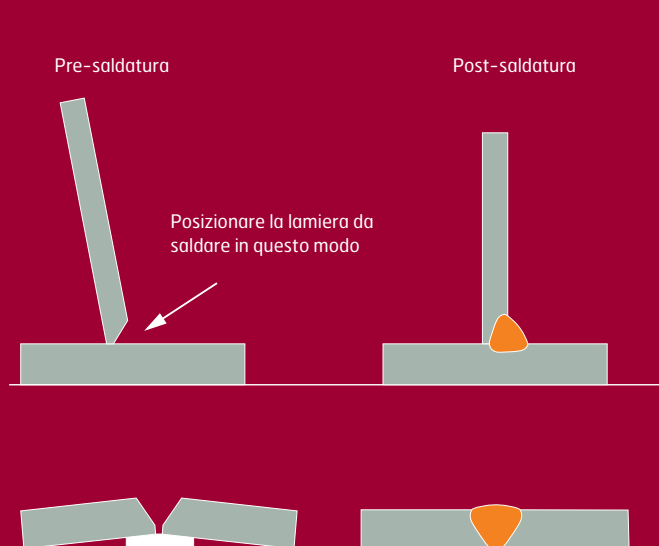


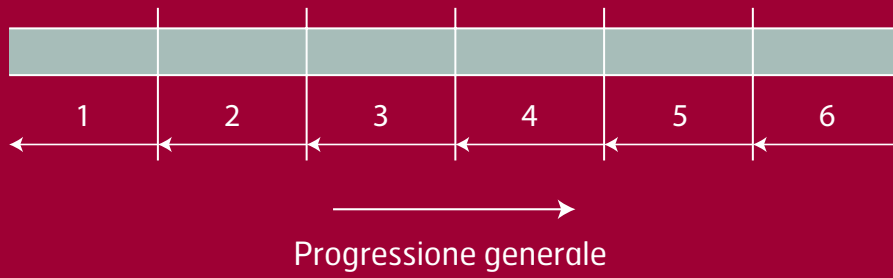
Figura 10: Utilizzare una sequenza di saldatura simmetrica.





Figura 12

Esempio di tecnica di saldatura a passo del pellegrino



Esempio di tecnica di saldatura a passi alternati

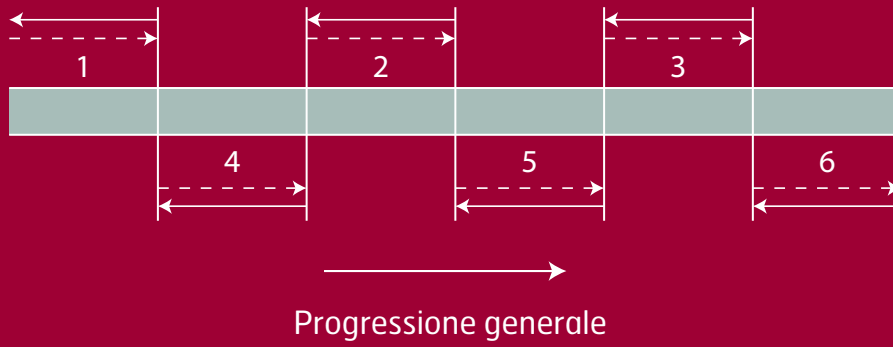
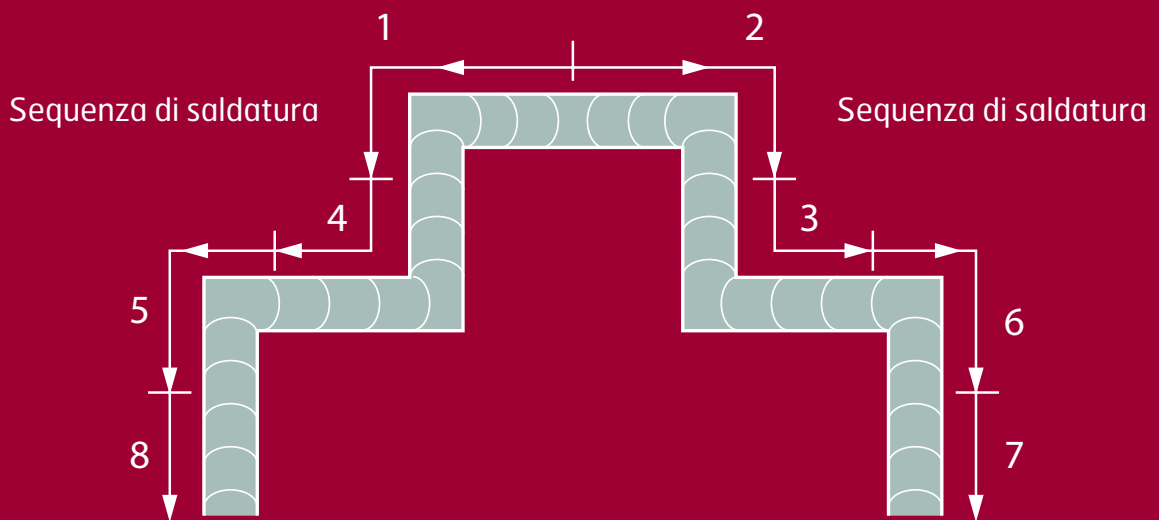


Figura 13





# TEMPO DI AFFREDDAMENTO

$t_{8/5}$

Il tempo di raffreddamento ( $t_{8/5}$ ) è il tempo necessario affinché la saldatura si raffreddi da 800 a 500° (da 1472° a 932°F) e fornisce una buona descrizione dell'impatto termico della saldatura.

I tempi di raffreddamento consigliati per gli acciai strutturali sono spesso forniti al fine di ottimizzare il processo di saldatura per un determinato requisito, come la conformità alla resilienza minima.

I tempi di raffreddamento massimo raccomandati per qualità differenti di Hardox® sono disponibili nel software WeldCalc di SSAB.



## WeldCalc™ offre consigli per una saldatura ottimizzata

L'applicazione SSAB WeldCalc fornisce le corrette impostazioni per la saldatrice, tra cui l'apporto termico consigliato, le temperature di preriscaldamento, gli ampere, i volt e la velocità di spostamento. Scarica l'app WeldCalc o la versione desktop al link [ssab.com/support/calculators-and-tools](http://ssab.com/support/calculators-and-tools) oppure usa i codici QR indicati sotto per le app iOS e Android:



App store

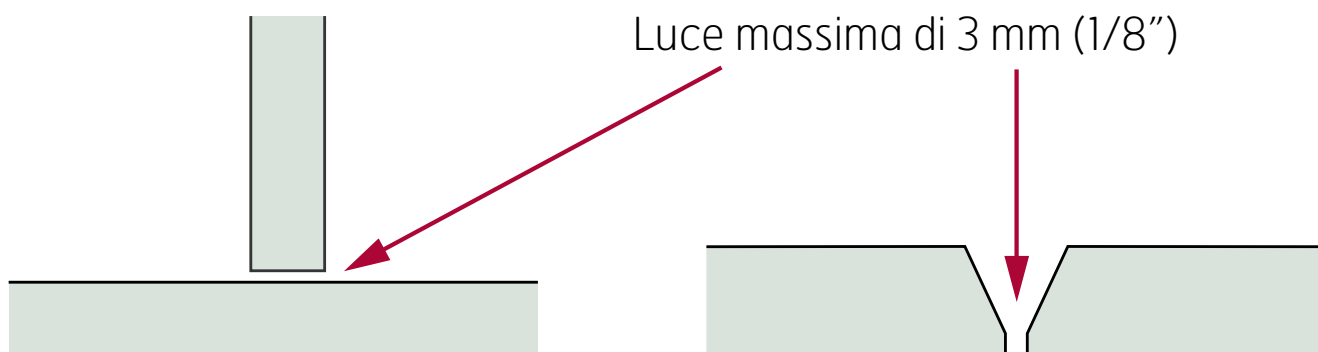
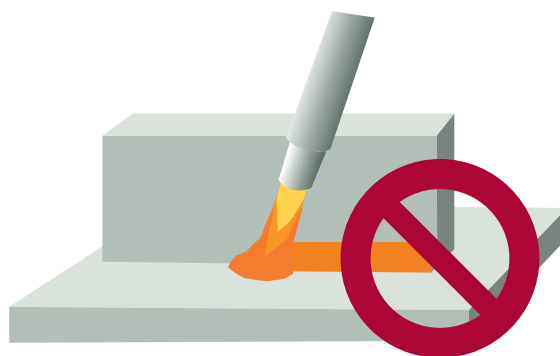


Google play

# SEQUENZA DI SALDATURA E DIMENSIONI DELL'INTERVALLO FRA I LEMBI

Prima della puntatura, impostare una luce tra le lamiera di base non superiore a 3 mm (1/8"); v. Figura 14. Essa deve essere il più omogenea possibile lungo il giunto. Inoltre, è opportuno evitare di iniziare e arrestare la saldatura in zone estremamente sollecitate. Se possibile, le procedure di inizio e arresto devono eseguirsi ad almeno 50-100 mm (2"-4") da un angolo; v. Figura 14. Nel caso in cui sia necessario iniziare il cordone sul bordo della lamiera, e trasversalmente ad esso, si consiglia di aggiungere una piastra sacrificale dove cominciare la sequenza di saldatura.

Figura 14: Evitare di iniziare e fermarsi in zone estremamente sollecitate come gli angoli. La luce tra i cianfrini non deve superare i 3 mm (1/8").





# CONSUMABILI DI SALDATURA

## Resistenza dei consumabili di saldatura non legati e bassolegati

Generalmente, per la saldatura di acciai Hardox® si consigliano consumabili di saldatura non legati e bassolegati con uno snervamento massimo di 500 MPa (72 ksi). I consumabili di saldatura con una resistenza più alta (Re max. 900 MPa/130 ksi) possono essere utilizzati per Hardox®400 e 450 nella gamma di spessori 0,7-6,0 mm (0.028"-0.236").

I consumabili di saldatura bassolegati determinano una maggiore durezza del metallo saldato, il che può ridurne il tasso di usura. Se le proprietà antiusura del metallo saldato sono essenziali, il coprighiunto superiore potrebbe essere saldato con consumabili di saldatura utilizzati per riporti duri; v. "Riporti duri" a pagina 13.

Inoltre, i consumabili di saldatura per acciai Hardox® e le loro denominazioni, conformi alle classificazioni AWS ed EN, si possono trovare nella Tabella 5.

## Requisiti del contenuto di idrogeno di consumabili di saldatura non legati o bassolegati

Durante la saldatura con consumabili di saldatura non legati o basso legati, il contenuto di idrogeno dovrebbe essere inferiore o uguale a 5 ml di idrogeno per 100 g di metallo d'apporto.

Il filo pieno che si usa nella saldatura MAG/GMA e TIG/ GTA può dare bassi contenuti di idrogeno nel metallo saldato. Il contenuto di idrogeno per altri tipi di consumabili di saldatura va richiesto ai rispettivi produttori. SSAB fornisce esempi di consumabili di saldatura adatti nel n° 60 di TechSupport, disponibile sulla nostra homepage: [ssab.com](http://ssab.com).

Se si conservano i consumabili di saldatura come prescritto dal produttore, il contenuto di idrogeno si mantiene entro i requisiti indicati sotto. Ciò vale soprattutto per i consumabili di saldatura rivestiti e i flussi.

Tabella 5: Consumabili di saldatura raccomandati per tutti gli acciai della gamma di lamiere antiusura Hardox®

METODO DI SALDATURA	CLASSIFICAZIONE AWS	CLASSIFICAZIONE EN
MAG/ GMAW, filo pieno	AWS A5.28 ER70X-X	EN ISO 14341-A- G 42x
	AWS A5.28 ER80X-X	EN ISO 14341-A- G 46x
MAG/ MCAW, filo animato con polvere metallica	AWS A5.28 E7XC-X	EN ISO 17632-A- T 42xH5
	AWS A5.28 E8XC-X	EN ISO 17632-A- T 46xH5
MAG/ FCAW, elettrodo con flusso	AWS A5.29 E7XT-X	EN ISO 17632 -A- T 42xH5
	AWS A5.29 E8XT-X	EN ISO 17632 -A- T 46xH5
MMA (SMAW, stick)	AWS A5.5 E70X	EN ISO 2560-A- E 42xH5
	AWS A5.5 E80X	EN ISO 2560-A- E 46xH5
SAW	AWS A5.23 F49X	EN ISO 14171-A- S 42x
	AWS A5.23 F55X	EN ISO 14171-A- S 46x
TIG/ GTAW	AWS A5.18 ER70X	EN ISO 636-A- W 42x
	AWS A5.28 ER80X	EN ISO 636-A- W 46x

**Nota:** X sostituisce uno o più caratteri.



# CONSUMABILI DI SALDATURA IN ACCIAIO INOSSIDABILE

I consumabili di saldatura in acciai inossidabili austenitici possono essere utilizzati per la saldatura di tutti i prodotti Hardox® come mostrato nella Tabella 6. Ciò consente la saldatura a una temperatura ambiente di 5 – 20°C (41–68 °F) (41–68 °F) senza preriscaldamento, ad eccezione di Hardox® 600 e Hardox® Extreme.

SSAB consiglia, come prima scelta, i consumabili di saldatura conformi allo standard AWS 307 e, secondariamente, quelli conformi allo standard AWS 309. Questi tipi di consumabili hanno uno snervamento fino a circa 500 MPa (72 ksi) in tutto il metallo di saldatura.

Il tipo AWS 307 resiste meglio di AWS 309 alle cricche a caldo. Va notato che raramente i produttori comunicano il contenuto di idrogeno dei consumabili di saldatura in acciaio inossidabile in quanto l'idrogeno non influisce sulle prestazioni di saldatura quanto accade nei consumabili non legati o bassolegati. SSAB non impone alcuna restrizione sul contenuto massimo di idrogeno per questi tipi di consumabili di saldatura. Gli esempi di consumabili di saldatura in acciaio inox adatti sono riportati nel n° 60 di TechSupport, disponibile su ssab.com.

Tabella 6: Consumabili di saldatura in acciaio inox raccomandati per la gamma di lamiere antiusura Hardox®

METODO DI SALDATURA	CLASSIFICAZIONE AWS	CLASSIFICAZIONE EN
MAG/ GMAW, filo pieno	AWS 5.9 ER307	<b>Raccomandazione:</b> EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 <b>Adatto:</b> EN ISO 14343-A: B 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
MAG/ MCAW, filo animato con polvere metallica	AWS 5.9 EC307	<b>Raccomandazione:</b> EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 <b>Adatto:</b> EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
MAG/ FCAW, elettrodo con flusso	AWS 5.22 E307T-X	<b>Raccomandazione:</b> EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 <b>Adatto:</b> EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
MMA/ SMAW, stick	AWS 5.4 E307-X	<b>Raccomandazione:</b> EN ISO 3581-A: 18 18 Mn/ EN ISO 3581-B: 307 <b>Adatto:</b> EN ISO 3581-A: 22 12 X/ EN ISO 3581-B: 309X.
SAW	AWS 5.9 ER307	<b>Raccomandazione:</b> EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 <b>Adatto:</b> EN ISO 14343-A: S 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
TIG/ GTAW	AWS 5.9 ER307	<b>Raccomandazione:</b> EN ISO 14343-A: W 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 <b>Adatto:</b> EN ISO 14343-A: W 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X

**Nota:** X sostituisce uno o più caratteri.



# GAS DI PROTEZIONE

I gas di protezione per lamiere antiusura Hardox® di norma sono gli stessi solitamente selezionati per acciai non legati e bassolegati.

I gas di protezione utilizzati per saldatura MAG/GMA di acciai Hardox® contengono solitamente una miscela di argon (Ar) e anidride carbonica (CO<sub>2</sub>). Al fine di stabilizzare l'arco e ridurre la quantità di spruzzi, viene talvolta utilizzata una piccola quantità di ossigeno (O<sub>2</sub>) insieme ad Ar e CO<sub>2</sub>.

Per la saldatura manuale è consigliata una miscela di gas di protezione di circa 18-20% di CO<sub>2</sub> in argon, che facilita la buona penetrazione nel materiale con una quantità

ragionevole di spruzzi. Se viene adottata la saldatura automatica o robotizzata, è possibile utilizzare un gas di protezione contenente 8-10% di CO<sub>2</sub> in argon, al fine di ottimizzare il risultato di saldatura per quanto riguarda il livello di produttività e spruzzi.

Gli effetti delle varie miscele di gas di protezione sono visibili nella Figura 15. Le raccomandazioni sul gas di protezione in diversi metodi di saldatura si possono trovare nella Tabella 7. Le miscele di gas di protezione menzionate nella Tabella 7 sono miscele generali che possono essere utilizzate per saldatura ad arco corto e saldatura in spray-arc.

Figura 15: Miscele di gas di protezione e relativo effetto sull'operazione di saldatura

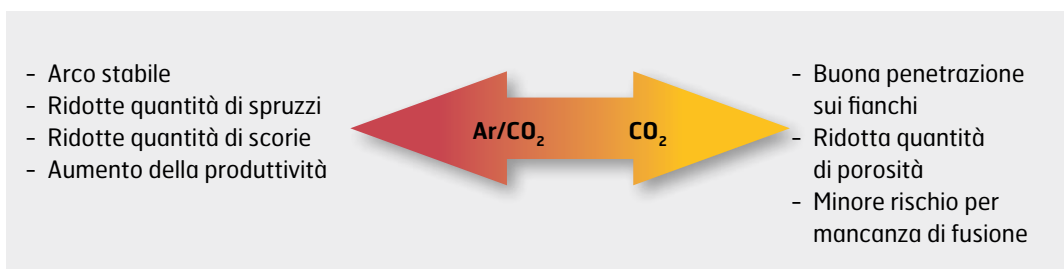


Tabella 7: Esempi di miscele di gas di protezione e consigli

METODO DI SALDATURA	TIPO DI ARCO	POSIZIONE	GAS DI PROTEZIONE
MAG/ GMAW, filo pieno	Arco corto	Tutte le posizioni	18 – 25% CO <sub>2</sub> in Ar
MAG/ MCAW, filo animato con polvere metallica	Arco corto	Tutte le posizioni	18 – 25% CO <sub>2</sub> in Ar
MAG/ GMAW, filo pieno	Spray-arc	Orizzontale	15 – 20% CO <sub>2</sub> in Ar
MAG/ GMAW, FCAW	Spray-arc	Tutte le posizioni	15 – 20% CO <sub>2</sub> in Ar
MAG/GMAW, MCAW	Spray-arc	Orizzontale	15 – 20% CO <sub>2</sub> in Ar
MAG/GMAW automatizzata e robotizzata	Spray-arc	Orizzontale	8 – 18 % CO <sub>2</sub> in Ar
TIG/ GTAW		Tutte le posizioni	100% Ar

**Nota:** Talvolta, per ottimizzare le proprietà di saldatura, vengono utilizzate miscele di gas con tre componenti, ad es. O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, in Ar.

In tutti i metodi di saldatura con gas di protezione, il flusso del gas dipende dalla situazione di saldatura. Come linea guida generale, il flusso del gas, in l/min, deve essere uniformato allo stesso valore del diametro interno dell'ugello misurato in mm.

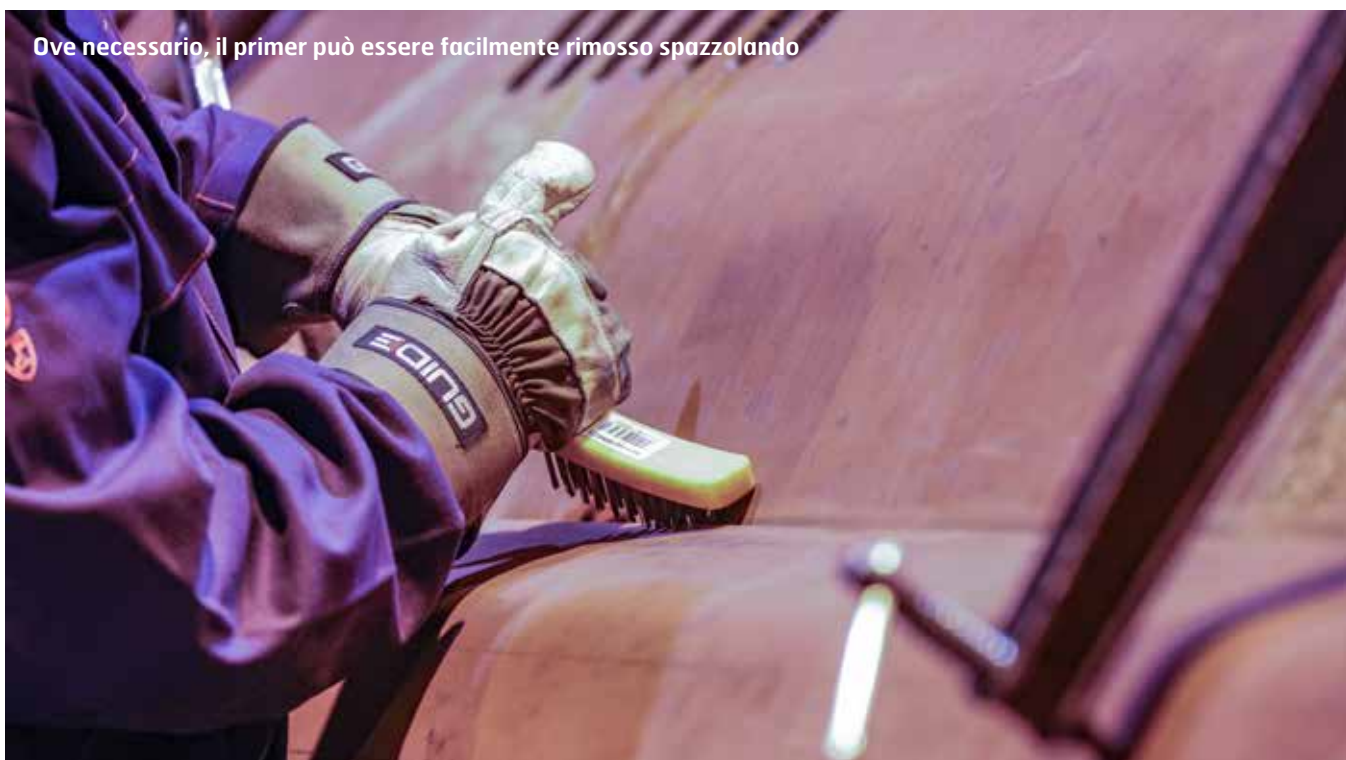
# SALDATURA SU PRIMER

È possibile saldare direttamente sul primer utilizzato sulla lamiera antiusura Hardox®, grazie al suo ridotto contenuto di zinco. Il primer può essere facilmente rimosso spazzolando o molando l'area intorno al giunto; v. figura sotto.

Rimuovere il primer prima della saldatura può risultare vantaggioso, in quanto può ridurre la porosità della saldatura e facilitare la saldatura fuori posizione. Se il primer rimane sulla superficie della saldatura, la porosità superficiale e sotto la superficie della saldatura potrebbe essere leggermente superiore. FCAW con flusso basico offre la minima porosità.

È importante mantenere una buona ventilazione normale nei locali produttivi, al fine di evitare l'effetto nocivo che il primer potrebbe avere sul saldatore e sull'ambiente circostante.

Ove necessario, il primer può essere facilmente rimosso spazzolando



## TRATTAMENTO TERMICO POST-SALDATURA

È possibile distendere Hardox® HiTuf e Hardox® HiTemp con un trattamento termico dopo la saldatura, sebbene ciò sia raramente necessario. Gli altri acciai Hardox® non devono essere sottoposti a questo trattamento in quanto esso può peggiorare le proprietà meccaniche. Per maggiori informazioni, consultare il Manuale di saldatura SSAB. Scaricate la copia gratuita del Manuale di Saldatura SSAB su [ssab.com/support/steel-handbooks](http://ssab.com/support/steel-handbooks).





## LE ULTIME NOVITÀ NELLA TECNOLOGIA DI SALDATURA

Nelle stazioni di saldatura di SSAB presso i nostri centri R&D testiamo costantemente tecnologie e macchine all'avanguardia per offrirvi i migliori consigli di saldatura.

Con la tecnologia SAW in cianfrino stretto, con uno o due fili, è possibile saldare spessori più elevati della lamiera antiusura Hardox®. Si ottengono così risultati di alta qualità con meno filo di saldatura e meno disossidante in polvere, riducendo il tempo di funzionamento delle macchine, risparmiando energia e abbassando i costi di produzione. E con SAW ICE (elettrodo freddo integrato), è possibile adottare una velocità di saldatura più elevata e un minore apporto termico ottenendo una maggiore velocità di deposizione rispetto ai metodi convenzionali.

Qualunque sia il processo giusto per voi, vi aiuteremo a ottenere proprietà migliori nel materiale saldato e tassi di produttività più elevati.



SSAB è un'acciaieria con sede nei Paesi Nordici e negli Stati Uniti. SSAB offre prodotti e servizi a valore aggiunto sviluppati in stretta collaborazione con i propri clienti per creare un mondo più forte, più leggero e più sostenibile. SSAB ha dipendenti in oltre 50 Paesi. SSAB possiede stabilimenti di produzione in Svezia, Finlandia e Stati Uniti. SSAB è quotata al Nasdaq di Stoccolma e ha una quotazione secondaria al Nasdaq di Helsinki. [www.ssab.com](http://www.ssab.com). Seguiteci anche sui social media: Facebook, Instagram, LinkedIn, Twitter e YouTube.



## SSAB

SSAB Swedish Steel S.p.A.  
Via G. Di Vittorio, 6  
25016 Ghedi BS

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

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

Hardox® è un marchio del gruppo SSAB. Tutti i Diritti Riservati. Le informazioni contenute in questo opuscolo sono fornite solo come linee generali. SSAB AB declina qualsiasi responsabilità in merito all'idoneità o all'adeguatezza di qualsiasi applicazione. È responsabilità dell'utente stabilire autonomamente l'idoneità di tutti i prodotti, e/o applicazioni, nonché testarli e verificarli. Le informazioni fornite qui di seguito da SSAB AB sono fornite "in base allo stato attuale delle cose" e con tutti i difetti, e l'intero rischio associato a tali informazioni è a carico dell'utente.