

# Saldatura



**WELDOX<sup>®</sup>**  
LAMIERA STRUTTURALE

**HARDOX<sup>®</sup>**  
LAMIERA ANTIUSURA





## Saldare con il WELDOX® e l'HARDOX®

L'acciaio strutturale WELDOX e l'acciaio antiusura HARDOX abbinano prestazioni di vertice con una saldabilità eccezionale. Possono essere saldati, infatti, con qualunque altro tipo di acciaio saldabile e utilizzando uno qualsiasi dei metodi di saldatura consueti.

Questa brochure ha lo scopo di semplificare, migliorare e rendere più efficiente l'esecuzione della saldatura. Fornisce consigli utili sulla temperatura di saldatura, l'apporto termico, il materiale d'apporto, il gas di protezione e molto altro. L'obiettivo è che ogni utilizzatore possa trarre pieno vantaggio dalle caratteristiche esclusive del WELDOX e dell'HARDOX.

## Fattori importanti nella saldatura

Pulire le superfici da saldare da eventuali impurità come l'umidità e le tracce d'olio, prima di iniziare la saldatura. Oltre a una scrupolosa pulizia è anche importante considerare i seguenti fattori:

- Preriscaldamento e temperatura interpass
- Apporto termico
- Materiale d'apporto
- Gas di protezione
- Sequenza di saldatura e luce tra i cianfrini

## Temperatura di saldatura

Selezionare la temperatura di saldatura adatta è importante per evitare cricche a freddo. La tabella nella pagina successiva contiene i nostri suggerimenti in merito.

### Anche la composizione della lega metallica influisce sulla temperatura di saldatura

Un'esclusiva combinazione di elementi leganti, ottimizza le caratteristiche meccaniche di WELDOX e HARDOX. Questa combinazione determina il preriscaldamento e la temperatura interpass dell'acciaio durante la saldatura e può essere usata per calcolare il carbonio equivalente. Il valore del carbonio equivalente viene espresso solitamente dalla sigla CEV o CET, in accordo con le

formule sottostanti. Gli elementi leganti sono riportati nel certificato di controllo della lamiera e sono rappresentati in queste formule come valori percentuali. Un più elevato carbonio equivalente richiede, solitamente, una maggiore temperatura di preriscaldamento e di interpass. I valori tipici del carbonio equivalente vengono forniti nelle nostre schede tecniche.

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

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

### Sulle cricche a freddo

WELDOX e HARDOX resistono meglio di altri acciai altoresistenziali alla formazione di cricche da idrogeno, perché hanno un basso carbonio equivalente. Seguendo le nostre indicazioni, si può ridurre al minimo il rischio della formazione di cricche da idrogeno.

Per evitare le cricche a freddo ci sono due regole fondamentali:

- **Ridurre al minimo il contenuto di idrogeno nel giunto saldato e nelle zone adiacenti**
  - Usare la temperatura di preriscaldamento ed interpass, appropriata
  - Selezionare un materiale d'apporto a basso contenuto di idrogeno
  - Tenere il giunto saldato e l'area circostante libere da contaminazioni
- **Ridurre al minimo le sollecitazioni nel giunto saldato**
  - Non usare materiale d'apporto con resistenza allo snervamento superiore al necessario
  - Pianificare la sequenza di saldatura in modo da ridurre al minimo le tensioni residue
  - Impostare il giunto con una luce tra i bordi di 3 mm. massimo.

*Questa brochure fornisce indicazioni di carattere generale. SSAB Oxelösund AB declina qualsiasi responsabilità per l'applicazione di tali indicazioni generiche ai singoli casi reali. Pertanto, l'adeguamento delle indicazioni generiche alle circostanze reali compete all'operatore per ogni singolo caso ed è di sua esclusiva responsabilità.*

# Temperature di preriscaldamento ed interpass per il WELDOX e l'HARDOX

Il seguente diagramma mostra le temperature minime di preriscaldamento ed interpass. Questi valori si riferiscono a saldature con materiali d'apporto non legati o basso legati, se non diversamente specificato.

- Quando si devono saldare lamiere di diverso spessore ma dello stesso tipo di acciaio, la necessità di preriscaldamento viene determinata dalla lamiera più spessa.
- Quando si devono saldare lamiere di acciaio diverso, la necessità di preriscaldamento viene determinata dal tipo di lamiera che ha le esigenze più elevate in termini di temperatura di preriscaldamento e di interpass.

N.B.! La tabella vale per un singolo spessore di lamiera quando si salda con apporto termico di 1,7 KJ/mm. Ulteriori informazioni sul singolo spessore della lamiera, scaricare il Techsupport #61 dal sito [www.ssabox.com](http://www.ssabox.com).

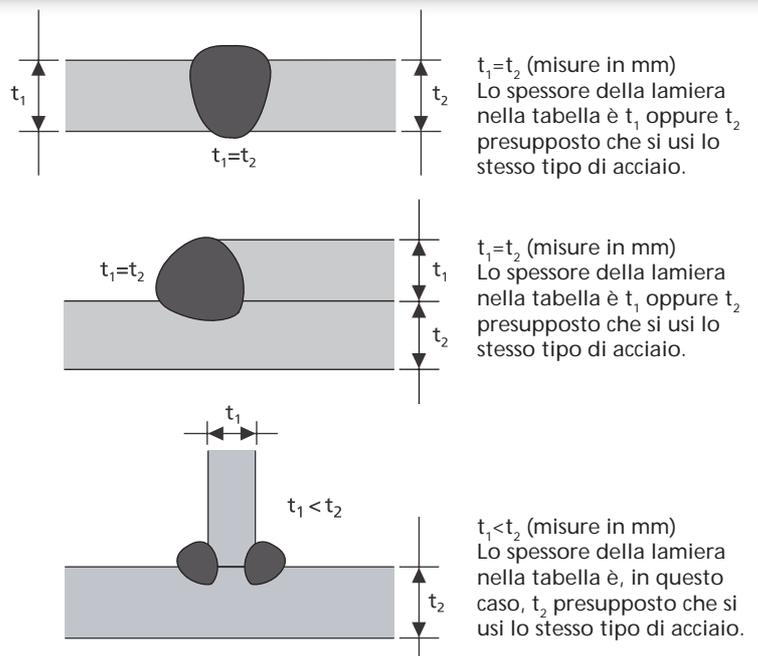
Temperatura di preriscaldamento ed interpass minima consigliata per una lamiera di spessore singolo ( mm )

	3	10	20	30	40	50	60	70	80	90	120	130
WELDOX 700	75°C			75°C	75°C	100°C						
WELDOX 900*	75°C			75°C	75°C	100°C						
WELDOX 960*	75°C			75°C	100°C							
WELDOX 1030*	75°C			75°C	100°C							
WELDOX 1100*	75°C			75°C	125°C							
WELDOX 1300*	100°C			100°C								
HARDOX HiTuf	100°C			100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	125°C	125°C	125°C	125°C
HARDOX 400	75°C			75°C	75°C	100°C	175°C	175°C	175°C	200°C	200°C	200°C
HARDOX 450	125°C			125°C	125°C	125°C	150°C	150°C	150°C	150°C	150°C	150°C
HARDOX 500	175°C			175°C	175°C	175°C	200°C	200°C	200°C	200°C	200°C	200°C
HARDOX 550	175°C			175°C	175°C	200°C						
HARDOX 600	175°C			175°C								
HARDOX 600 Materiale d'apporto inossidabile	100°C			100°C								

Temperatura ambiente ( circa 20°C )
  Al di fuori del programma dimensionale
  Solo materiale d'apporto inossidabile. Temperatura di preriscaldamento ed interpass di almeno 100°C

Temperatura massima raccomandata di interpass

WELDOX 700**	300°C
WELDOX 900**	300°C
WELDOX 960**	300°C
WELDOX 1030	200°C
WELDOX 1100	200°C
WELDOX 1300	200°C
HARDOX HiTuf**	300°C
HARDOX 400	225°C
HARDOX 450	225°C
HARDOX 500	225°C
HARDOX 550	225°C
HARDOX 600	225°C



\* Il materiale d'apporto determina la temperatura di preriscaldamento, se il suo carbonio equivalente è maggiore di quello della lamiera.

\*\* Per il WELDOX 700-960 e per l'HARDOX HiTuf è necessario avere, in certi casi, una temperatura interpass fino a 400°C circa. In questi casi, usare il WeldCalc.

Un'elevata umidità dell'aria oppure temperature atmosferiche inferiori a  $+5^{\circ}\text{C}$  impongono un aumento di  $25^{\circ}\text{C}$  della temperatura di preriscaldamento minima consigliata nella pagina precedente. Ciò vale anche per giunti saldati molto rigidi e quando l'apporto termico è di  $1,0 \text{ kJ/mm}$ .

Le temperature minime di preriscaldamento ed interpass consigliate nello schema alla pagina precedente non

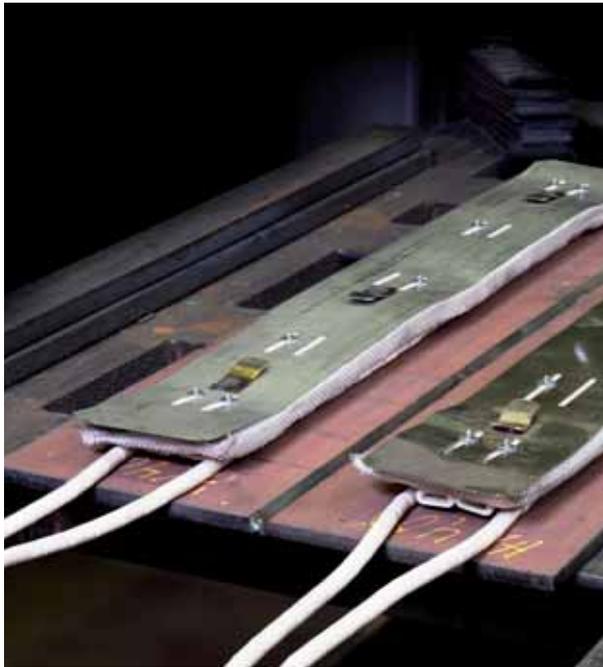
vengono influenzate se l'apporto termico è maggiore di  $1,7 \text{ kJ/mm}$ . I dati forniti presuppongono che il giunto saldato sia lasciato raffreddare in aria.

Queste indicazioni valgono anche per le saldature per punti e le passate di fondo. I punti di saldatura devono essere lunghi almeno  $50 \text{ mm}$  ciascuno. La distanza fra un punto e l'altro può variare in base alla situazione.

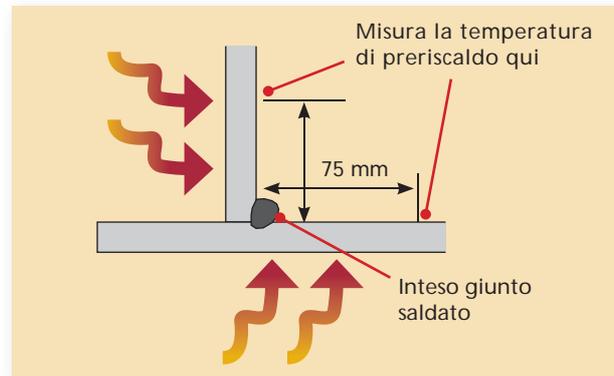
## Raggiungere e misurare la temperatura di preriscaldamento

La temperatura di preriscaldamento può essere raggiunta in vari modi. Gli elementi elettrici di preriscaldamento lungo il giunto di saldatura sono spesso la soluzione migliore perché forniscono un riscaldamento

omogeneo dell'area interessata. La temperatura di saldatura può essere misurata, ad esempio, con termometri a contatto.



Uso di elementi elettrici di preriscaldamento



La temperatura va misurata sul giunto di saldatura della lamiera più spessa. La misurazione deve avvenire due minuti dopo il riscaldamento di una lamiera da  $25 \text{ mm}$ . Se la lamiera ha uno spessore di  $12,5 \text{ mm}$ , la temperatura va misurata dopo un minuto, ecc. La temperatura interpass del cordone può essere misurata sul deposito o sul materiale di base immediatamente adiacente.

## Apporto termico

Se si salda con l'apporto termico consigliato, si conferiscono buone caratteristiche meccaniche alla zona termicamente alterata (HAZ).

L'apporto di calore generato dal processo di saldatura determina le caratteristiche meccaniche del giunto di saldatura. Ciò viene descritto dal concetto di apporto termico ( $Q$ ) che si calcola in base alla seguente formula.

I vari metodi di saldatura possono avere una diversa efficacia termica ( $k$ ). Vedere la tabella sottostante per i valori approssimativi di questa caratteristica.

$$Q = \frac{k \times U \times I \times 60}{v \times 1000}$$

$Q$  = Apporto termico [kJ/mm]

$U$  = Tensione [V]

$I$  = Amperaggio [A]

$v$  = Velocità di saldatura [mm/min]

$k$  = Efficienza termica

Efficienza termica	$k$
--------------------	-----

MMA	0,8
-----	-----

MAG, tutti i tipi	0,8
-------------------	-----

SAW	1,0
-----	-----

TIG	0,6
-----	-----

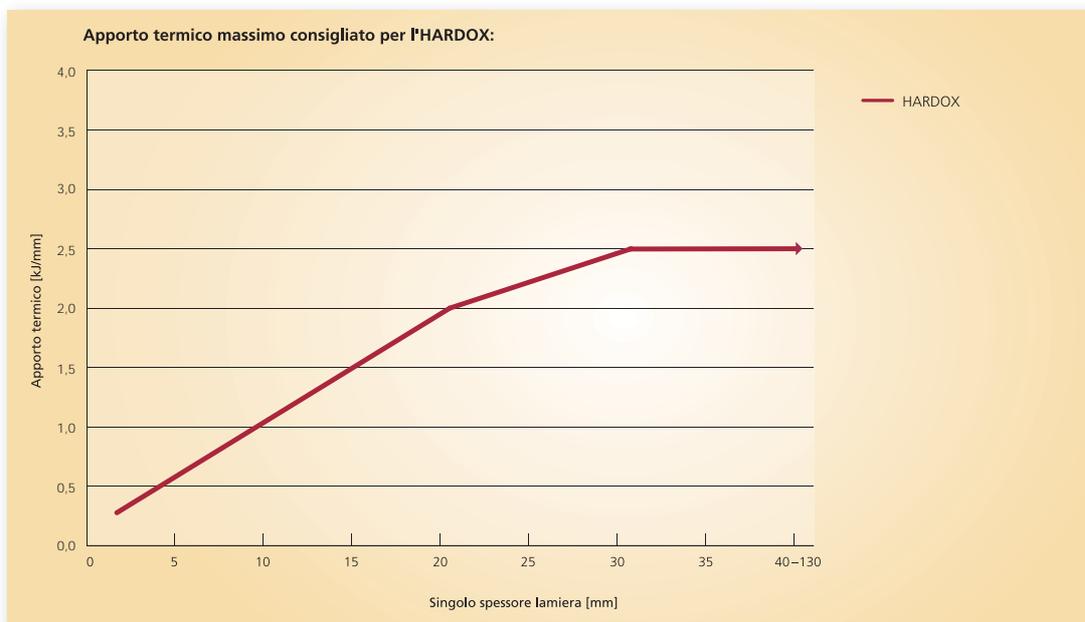
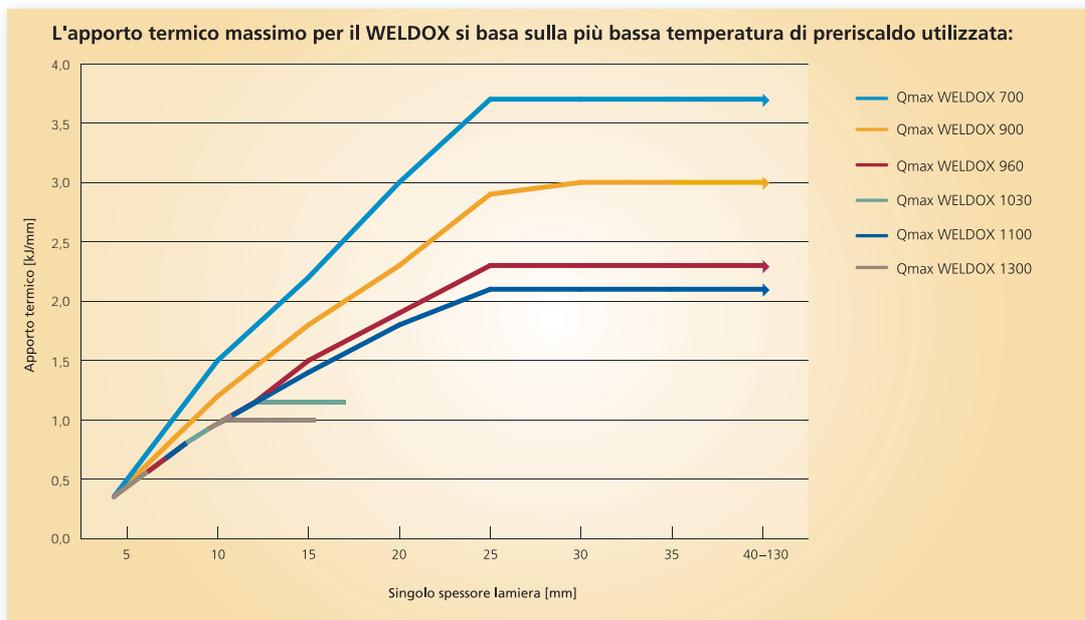
### Effetti dell'apporto termico sul giunto di saldatura

- Migliore resilienza
- Aumentata resistenza
- Meno deformazioni
- Minori livelli di sollecitazione residua
- Zona termicamente alterata più piccola



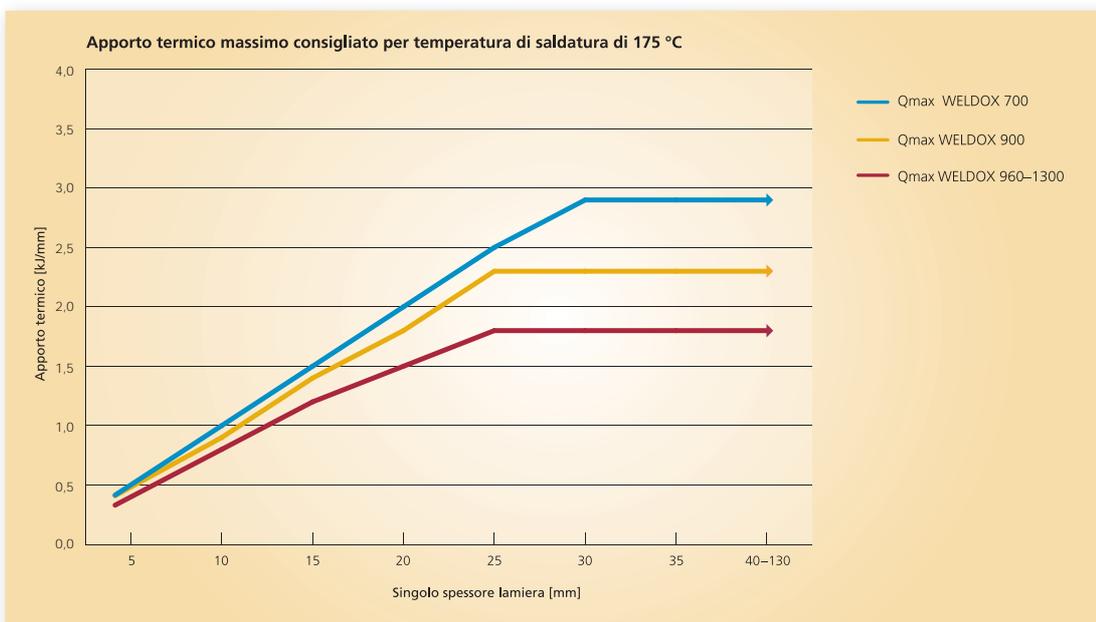
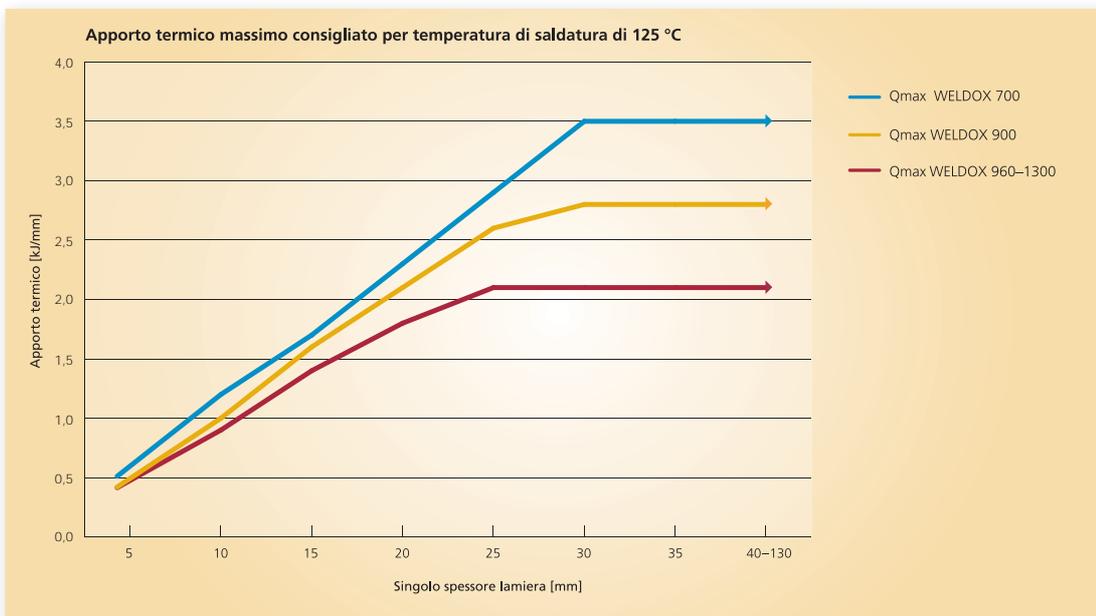
- Maggiore produttività per metodi di saldatura convenzionale

Per quanto riguarda l'acciaio strutturale WELDOX, le nostre indicazioni si basano su valori tipici di resilienza nella zona HAZ di almeno 27 J a -40°C. L'acciaio antiusura HARDOX ha spesso minori esigenze di resilienza nel punto di saldatura. Le indicazioni per l'HARDOX vanno quindi considerate genericamente.



## Saldatura a temperature elevate

Le elevate temperatura di saldatura, che possono verificarsi per esempio in presenza di saldatura a passate multiple, influiscono sull'apporto termico consigliato. La figura sottostante mostra gli apporti termici consigliati per temperature di saldatura di 125 °C e 175 °C.



Per temperature di saldatura superiore a 175 °C si può usare il programma computerizzato WeldCalc. Il WeldCalc è stato sviluppato da alcuni fra i massimi esperti mondiali di saldatura delle lamiere grosse da treno quarto. Può essere scaricato gratuitamente dal sito [www.ssabox.com](http://www.ssabox.com).

## Materiale d'apporto

Per HARDOX e WELDOX si possono usare materiali d'apporti non legati, bassolegati e inossidabili.

### Resistenza dei materiali d'apporto non legati e bassolegati

La resistenza del materiale di apporto viene selezionata come descritto nella figura alla pagina seguente. Scegliere un materiale d'apporto di bassa resistenza offre spesso svariati vantaggi, fra cui maggiore tenacità nel materiale di saldatura, maggiore resistenza alle cricche a freddo e minori sollecitazioni residue nel giunto di saldatura. Nelle saldature a passate multiple con WELDOX 700-1300 è particolarmente conveniente saldare con materiale d'apporto di varie resistenze. I punti di attacco e le prime passate si saldano con materiale d'apporto a bassa resistenza.

Le rimanenti passate si saldano con materiale d'apporto altoresistenziale. Questa tecnica consente di incrementare sia la resilienza che la resistenza alle cricche da idrogeno. Il valore del carbonio equivalente del materiale di apporto con limite di snervamento > 700 MPa può essere più elevato di quello delle lamiere.

Quando ci sono differenti raccomandazioni sulla temperatura di preriscaldamento per i materiali che compongono il giunto e per i materiali d'apporto, si scelga il valore più alto. L'HARDOX va saldato con apporti a bassa resistenza, come da figura alla pagina seguente.

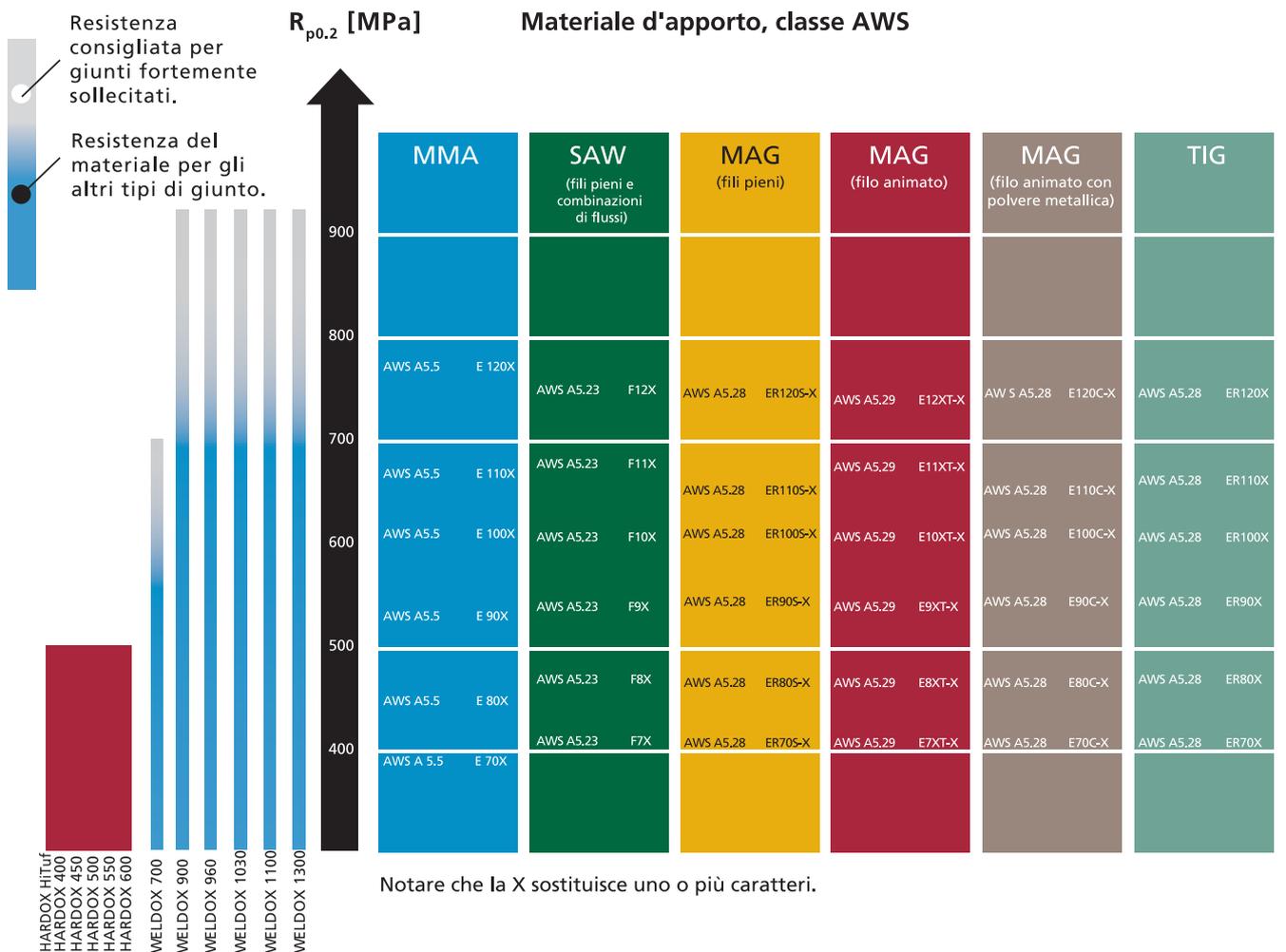
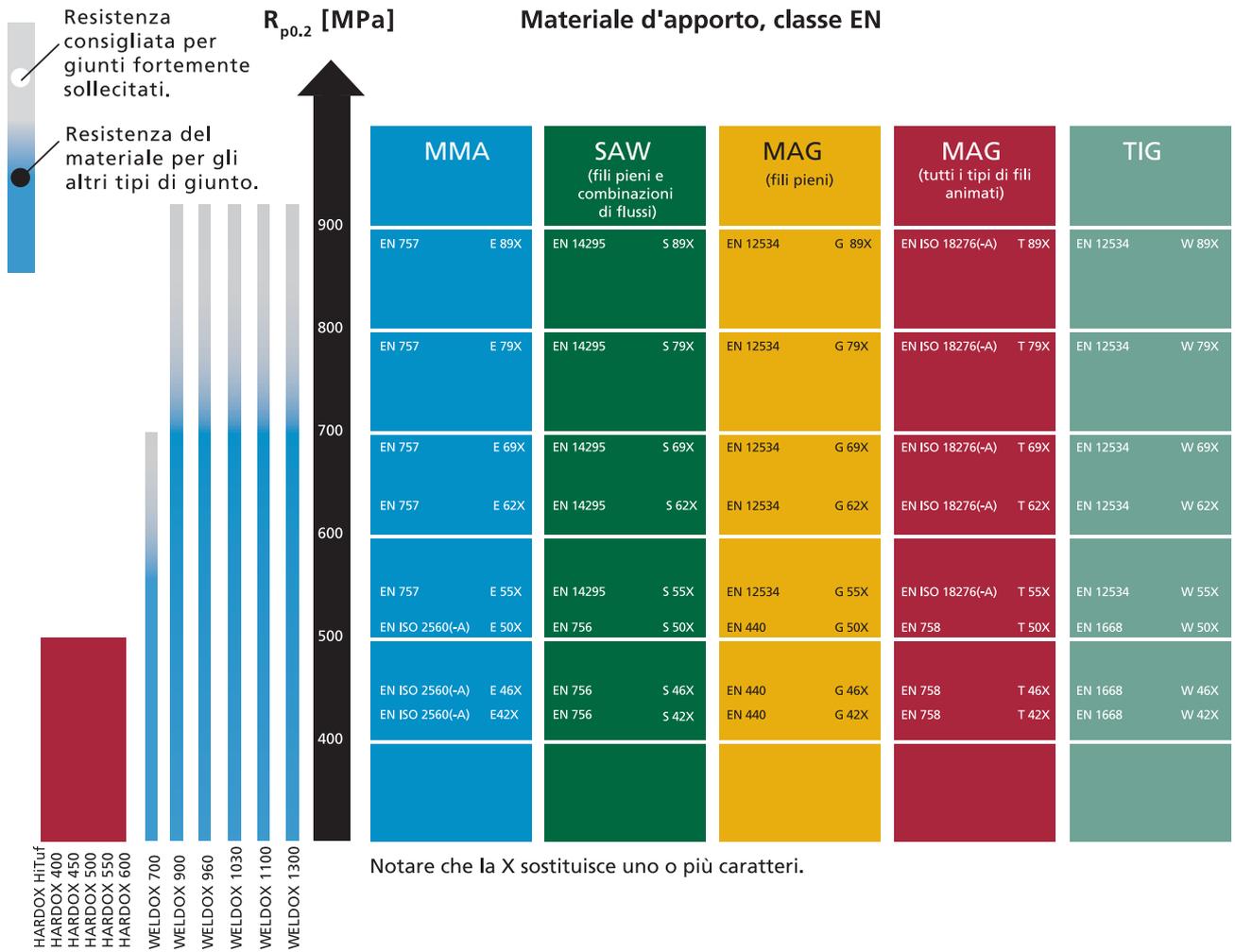


- Materiale d'apporto con maggiore resistenza
- Materiale d'apporto con minore resistenza

### Contenuto di idrogeno nei materiali d'apporto non legati e bassolegati

Il contenuto di idrogeno dovrebbe essere uguale o minore di 5 ml di idrogeno per 100 g di materiale di saldatura, nella saldatura con materiale d'apporto non legato o bassolegato. I materiali d'apporto a filo pieno che si usano nella saldatura MAG e TIG possono dare bassi contenuti di idrogeno nel materiale di saldatura. Il contenuto di idrogeno per altri tipi di materiale d'apporto si ottiene facilmente chiedendo ai rispettivi fabbricanti di materiali di saldatura.

Un esempio di materiali d'apporto c'è nel sito [www.ssabox.com](http://www.ssabox.com) nella pubblicazione TechSupport #60. Se si conserva il materiale d'apporto come prescritto dal fabbricante, il contenuto di idrogeno si mantiene entro i livelli indicati. Ciò vale soprattutto per i materiali d'apporto rivestiti ed ai flussi.



## Materiali d'apporto inossidabili

I materiali d'apporto austenitici / inossidabili possono essere utilizzati anche per i nostri prodotti. Ciò rende possibile una temperatura di saldatura a temperatura ambiente (+20°C), senza preriscaldamento, HARDOX 600 escluso, come da diagramma. Consigliamo come prima scelta il materiale d'apporto a norma AWS 307 e come alternativa quello a norma AWS 309. Il tipo AWS 307 resiste alle cricche a caldo meglio dell'

AWS 309. Va notato che i produttori comunicano raramente il contenuto di idrogeno nei materiali d'apporto inossidabili perché non influisce sulle prestazioni di saldatura in modo così come avviene per i materiali d'apporto non legati o basso legati. Esempi di materiale d'apporto inossidabili ci sono nel sito [www.ssabox.com](http://www.ssabox.com) nella pubblicazione TechSupport #61.



Notare che la X sostituisce uno o più caratteri.



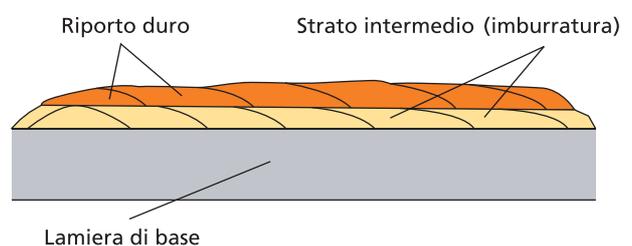
Notare che la X sostituisce uno o più caratteri.

## Ripporto duro

Il ripporto duro, con speciali materiali d'apporto, migliora le caratteristiche antiusura del giunto. Seguire sia le indicazioni per il materiale di apporto utilizzato che quelle consuete per WELDOX e HARDOX.

Conviene saldare uno strato intermedio di alta tenacità fra la saldatura/la lamiera ordinaria e quella a saldatura forte. La scelta del materiale d'apporto per lo strato intermedio va fatta seguendo le indicazioni

per il WELDOX e l'HARDOX. In questi casi conviene seguire le indicazioni AWS 307 e AWS 309.

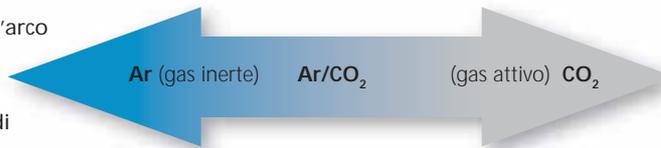


## Gas di protezione

La maggior parte dei metodi di saldatura usa Ar e CO<sub>2</sub> come gas di protezione. La scelta delle miscele dipende dalle situazioni di saldatura.

### Effetti delle varie miscele di gas di protezione

- Facilita l'accensione dell'arco elettrico
- Riduce gli spruzzi
- Minore quantità di ossidi



- Arco stabile
- Bassa presenza di pori
- Più spruzzi e peggiore intasamento degli ugelli della pistola
- Penetrazione profonda del materiale di saldatura

Le proposte per i vari tipi di miscele di protezione, vengono mostrate in tabella.

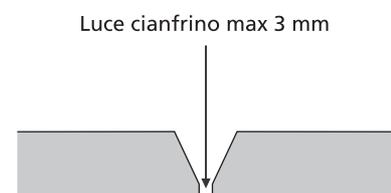
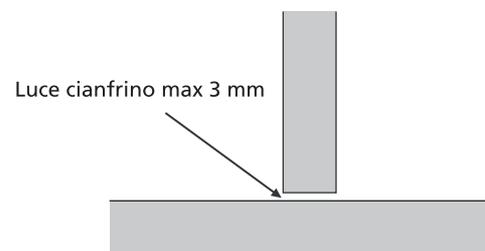
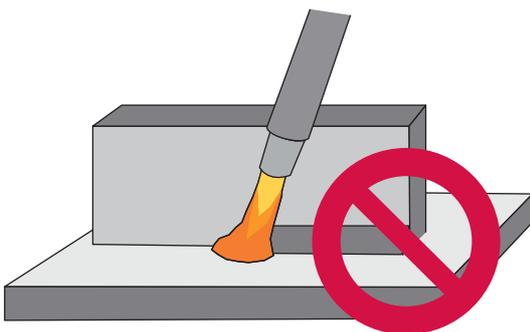
Metodo di saldatura	Tipo ad arco	Gas di protezione (% sul peso)
MAG, filo ripieno	Arco corto	Ar + 15-25 % CO <sub>2</sub>
MAG, elettrodo riempito con polvere metallica	Arco corto	Ar + 8-25 % CO <sub>2</sub>
MAG, elettrodo con flusso	Arco corto	Ar+ 18%-25% CO <sub>2</sub> oppure CO <sub>2</sub> puro
MAG; elettrodo con flusso	MAG; tutti i tipi	Tutti i tipi di arco
TIG	Arco spray	Ar puro

In tutti i metodi di saldatura basati sulla protezione gassosa, l'uscita del gas, dipende dalla situazione contingente. Una linea guida da adottare : l'uscita del gas, in l/min., deve essere uniformata allo stesso valore del diametro interno della bocca dell'ugello misurata in mm.

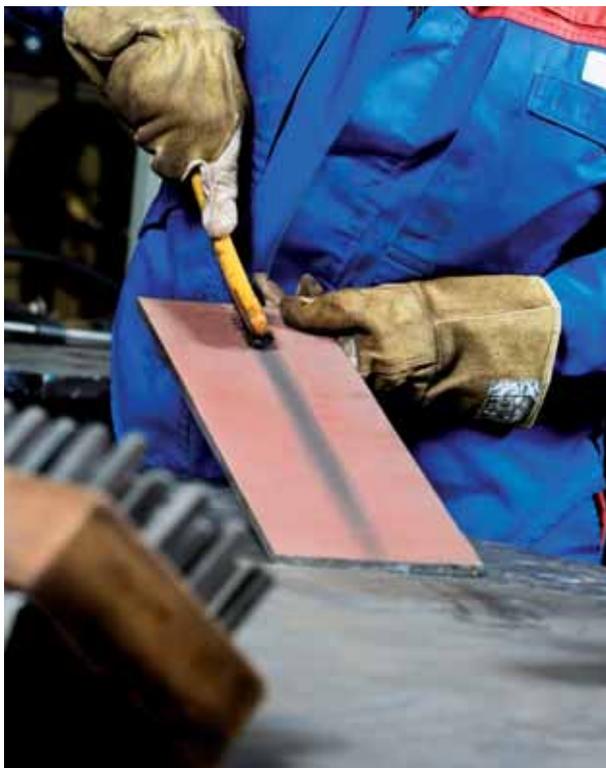
## Sequenze di saldatura e luce del cianfrino

Per evitare le cricche a freddo nel giunto saldato:

- Le sequenze di avvio e di arresto non si effettuano negli angoli. Le sequenze di avvio e di arresto andrebbero eseguite ad almeno 5-10 cm dagli angoli.
- La luce tra i bordi del cianfrino deve essere ampia al massimo 3 mm.



## Saldatura sul primer di WELDOX e HARDOX



Per ottenere risultati impeccabili, si può rimuovere il primer.

È possibile saldare direttamente sull'eccellente primer di WELDOX e HARDOX, grazie al suo basso contenuto di zinco.

Il primer può essere facilmente rimosso spazzolando o smerigliando l'area attorno ai bordi da saldare. I vantaggi di rimuovere il primer prima di saldare consistono nel ridurre al minimo i pori nel materiale saldato e nel facilitare tutte le saldature a meno che non siano in posizione orizzontale.

Lasciare il primer nell'area da saldare aumenta leggermente la presenza di pori. La minore porosità nelle saldature direttamente eseguite sul primer è stata ottenuta da metodi di saldatura MAG, con fili animati a scoria e con il metodo MMA.

In tutti i tipi di saldatura deve essere mantenuta una buona ventilazione. In tal modo il primer non aggiunge tossicità ai fumi di saldatura, sia per l'operatore che per l'ambiente circostante.

Per ulteriori informazioni questo argomento, scaricare il Techsupport #25 dal sito [www.ssabox.com](http://www.ssabox.com).

## Trattamento di Post riscaldamento o distensione

Il trattamento di distensione su HARDOX HiTuf e WELDOX 700-960 è possibile, anche se raramente necessario. Gli acciai WELDOX ed HARDOX non devono essere trattati perché ciò ne peggiora le caratteristiche.

Maggiori informazioni su questo sono contenute nel manuale di saldatura SSAB Oxelösund. Può essere scaricato gratuitamente dal sito [www.ssabox.com](http://www.ssabox.com).



SSAB Oxelösund – che fa parte del SSAB Swedish Steel Group – è l'azienda leader in campo internazionale nella produzione di lamiere pesanti bonificate e temprate, commercializzate con i rinomati marchi HARDOX® lamiera antiusura, WELDOX® lamiera strutturale, ARMOX® lamiera protettiva e TOOLOX® acciaio pre-temprato per utensili e macchinari. Questi acciai sono contrassegnati dall'abbinamento di elevata resistenza e grande tenacità, caratteristiche ottenute grazie alla purezza della materia prima e all'esclusivo processo di lavorazione.

SSAB Oxelösund si dedica esclusivamente alla produzione di acciai bonificati e temprati. Con una forte presenza locale in oltre 45 paesi, è in grado di fornire ai propri clienti acciaio di alta qualità, oltre a un efficiente supporto commerciale e tecnico.

Per ulteriori informazioni, contattateci o visitate il sito [www.ssabox.com](http://www.ssabox.com).

SSAB Oxelösund  
SE-613 80 Oxelösund  
Svezia

Tel.: +46 155-25 40 00  
Fax: +46 155-25 40 73  
E-mail: [info@ssabox.com](mailto:info@ssabox.com)

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