

# Svetsning



**WELDOX<sup>®</sup>**  
KONSTRUKTIONSSÅL

**HARDOX<sup>®</sup>**  
SLITPLÅT





## Att svetsa WELDOX® och HARDOX®

WELDOX konstruktionsstål och HARDOX slitstål kombinerar extrem prestanda med exceptionell svetsbarhet. De kan svetsas mot alla slags svetsbara stål och med varje vanlig svetsmetod.

Denna broschyr syftar till att förenkla, förbättra och effektivisera svetsförfarandet. Den ger goda råd om arbetstemperatur, sträckenergi, tillsatsmaterial, skyddsgas och mycket annat. Målet är att varje användare ska kunna dra full nytta av WELDOX och HARDOX unika egenskaper.

## Viktigt vid svetsning

Rengör svetsfogen från föroreningar som fukt och oljerester innan svetsning. Förutom god svetshygien är följande punkter viktiga:

- Arbetstemperatur
- Sträckenergi
- Tillsatsmaterial
- Skyddsgas
- Svetsföljd och spaltstorlek i svetsfog

## Arbetstemperatur

Att välja rätt arbetstemperatur är viktigt för att undvika vätesprickor. Tabellen på nästa sida visar våra rekommendationer.

### Så påverkar legeringsämnen valet av arbetstemperatur

En unik kombination av legeringsämnen optimerar WELDOX och HARDOX mekaniska egenskaper. Denna kombination påverkar stålets arbetstemperatur vid svetsning, och kan beräknas via kolekvivalenten. Kolekvivalenten uttrycks vanligtvis som CEV eller CET enligt ekvationerna nedan. Lege-

ringsämnen finns angivna i plåtens kontrollintyg och anges i viktsprocent i dessa formler. En högre kolekvivalent kräver vanligtvis högre arbetstemperatur. Typvärden på kolekvivalenter anges i våra produktdatablad.

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

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

### Om vätesprickor

WELDOX och HARDOX motstår vätesprickor bättre än många andra höghållfasta stål eftersom de har låga kolekvivalenter. Genom att följa våra rekommendationer minimeras risken för vätesprickor.

Två regler för att undvika vätesprickor:

- **Minimera vätehalter i och omkring svetsfogen**
  - Använd rätt arbetstemperatur
  - Välj tillsatsmaterial med lågt väteinnehåll
  - Håll svetsfogen ren från föroreningar
- **Minimera spänningarna i svetsförbandet**
  - Använd inte tillsatsmaterial med högre hållfasthet än nödvändigt
  - Lagg svetsföljden så att restspänningarna minimeras
  - Sätt spalten i svetsförbandet till max 3mm

*Innehållet i denna broschyr utgör generella förslag. SSAB Oxelösund AB påtar sig inget ansvar för tillämpligheten i det enskilda fallet. Erforderlig anpassning till förutsättningarna i varje enskilt fall måste därför göras på användarens ansvar.*



# Arbetstemperaturer för WELDOX och HARDOX

Lägsta arbetstemperatur vid svetsning visas i nedanstående diagram. Dessa värden gäller vid svetsning med olegerade och låglegerade tillsatsmaterial om ej annat anges.

- När olika tjocka plåtar av samma stålsort svetsas ihop bestämmer den tjockaste plåten behovet av förhöjd arbetstemperatur.
- När olika ståltypen svetsas ihop bestämmer plåten med högst krav på arbetstemperatur behovet av förhöjd arbetstemperatur.

OBS! Tabellen gäller för enkel plåttjocklek vid svetsning med en sträckenergi av 1,7 kJ/mm. Ytterligare information om enkel plåttjocklek finns i Techsupport #61 från [www.ssabox.com](http://www.ssabox.com).

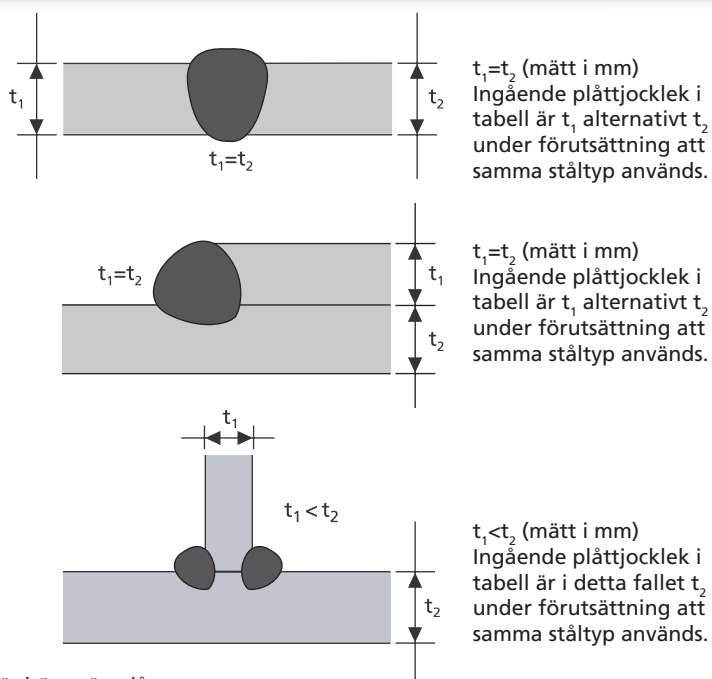
Lägsta rekommenderad arbetstemperatur för enkel plåttjocklek [mm]

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

Rumstemperatur (ca 20°C)
  Utanför dimensionsprogrammet
  Endast rostfria tillsatsmaterial. Arbetstemperatur minst 100°C

Högsta rekommenderad mellansträngstemperatur

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



\* Tillsatsmaterialet styr arbetstemperaturen om dess kolektivvärde är högre än plåtens.

\*\* För WELDOX 700-960 samt HARDOX HiTuf kan man i vissa fall använda mellansträngstemperatur upp till ca 400°C. Använd i dessa fall WeldCalc.

Hög luftfuktighet eller lägre temperaturer än  $+5^{\circ}\text{C}$  kräver att de lägsta rekommenderade arbetstemperaturerna på föregående sida höjs med  $25^{\circ}\text{C}$ . Detta gäller även för hårt inspända svetsförband samt om sträckenergin är  $1,0 \text{ kJ/mm}$ .

De lägsta rekommenderade arbetstemperaturerna i diagrammet på förra sidan påverkas inte vid sträck-

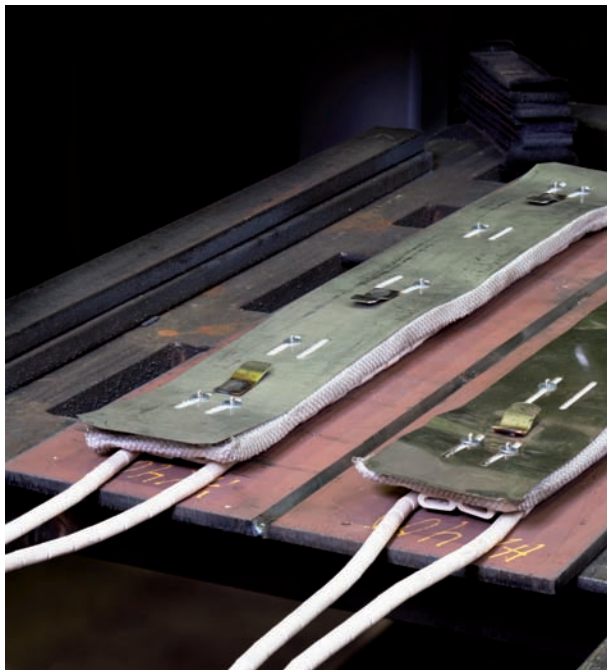
energier högre än  $1,7 \text{ kJ/mm}$ . Aktuella uppgifter utgår från att svetsförbanden svalnar i luft.

Observera att dessa rekommendationer även gäller för häftsvetsar och rotsträngar. Häftsvetsarna ska vara minst  $50 \text{ mm}$  långa vardera. Avståndet mellan häftsvetsar kan varieras efter behov.

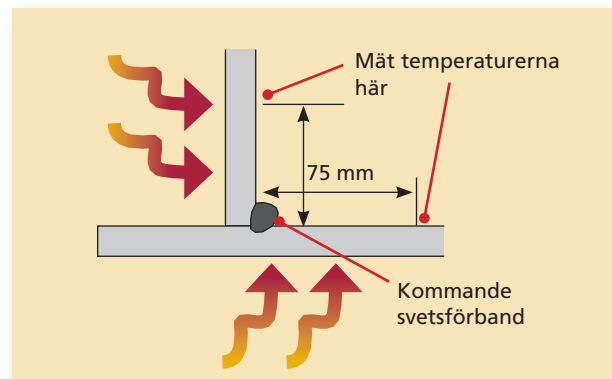
## Att uppnå och mäta förhöjd arbetstemperatur

Förhöjd arbetstemperatur kan uppnås på flera sätt. Elektriska värmemattor runt svetsförbandet är ofta bäst eftersom de ger en jämn uppvärmning av

området. Arbetstemperaturen kan till exempel mätas med kontakttermometer.



Användning av värmemattor



Temperaturen ska mätas på svetsförbandets tjockaste plåt. Mätning sker två minuter efter värmning på en  $25 \text{ mm}$  tjock plåt. År plåten  $12,5 \text{ mm}$  mäts temperaturen efter en minut osv. Mellansträngstemperatur kan mätas i svetsgodset eller i omedelbart intilliggande grundmaterial.

# Sträckenergi

Att svetsa med rekommenderade sträckenergier ger goda mekaniska egenskaper i den värmepåverkad zonen (HAZ).

Värmetillförseln från svetsprocessen påverkar de mekaniska egenskaperna i svetsförbandet. Detta beskrivs genom sträckenergin ( $Q$ ) som beräknas enligt formeln nedan.

Olika svetsmetoder har varierande termisk effektivitet ( $k$ ). Se tabellen nedan för ungefärliga värden på denna egenskap.

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

$Q$  = Sträckenergi [kJ/mm]

$U$  = Spänning [V]

$I$  = Strömstyrka [A]

$v$  = Svets hastighet [mm/min]

$k$  = Svetsmetodens termiska effektivitet

Svetsmetodens termiska effektivitet	$k$
-------------------------------------	-----

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

MAG, samtliga typer	0,8
---------------------	-----

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

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

## Effekter på svetsförband

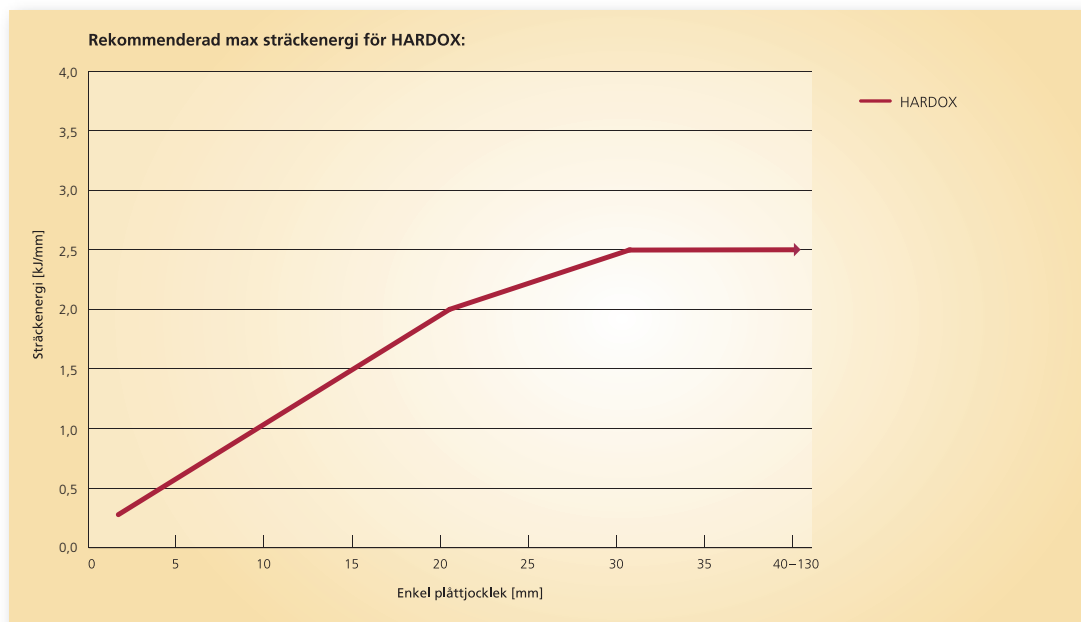
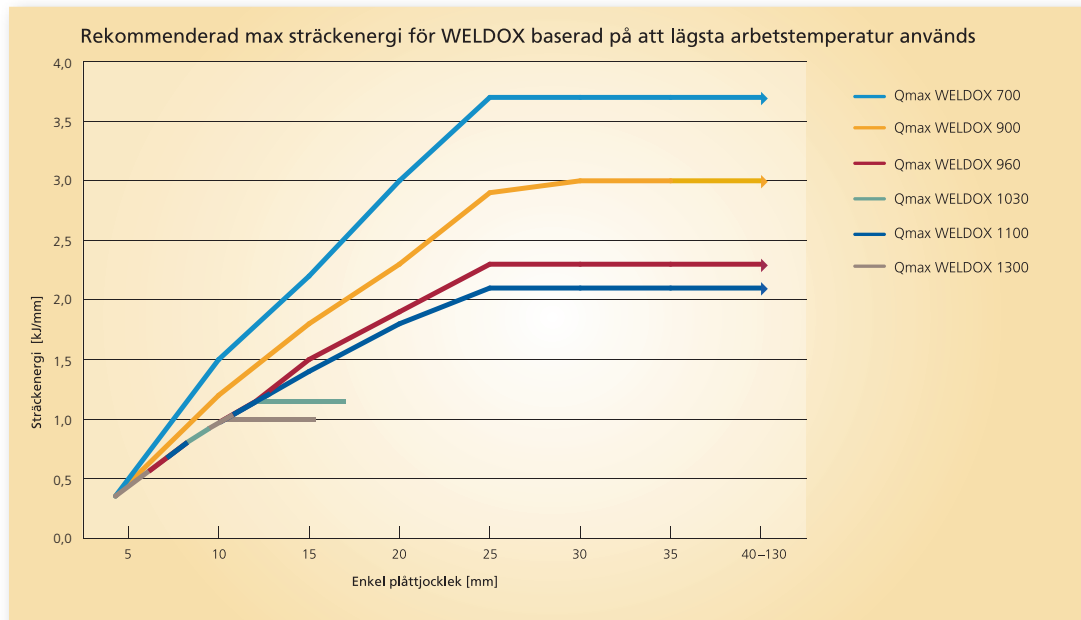
- Bättre seghet
- Ökad hållfasthet
- Mindre deformationer
- Lägre egenspanningsnivåer
- Smalare HAZ

Minskad sträckenergi

Ökad sträckenergi

- Högre produktivitet för konventionella svetsmetoder

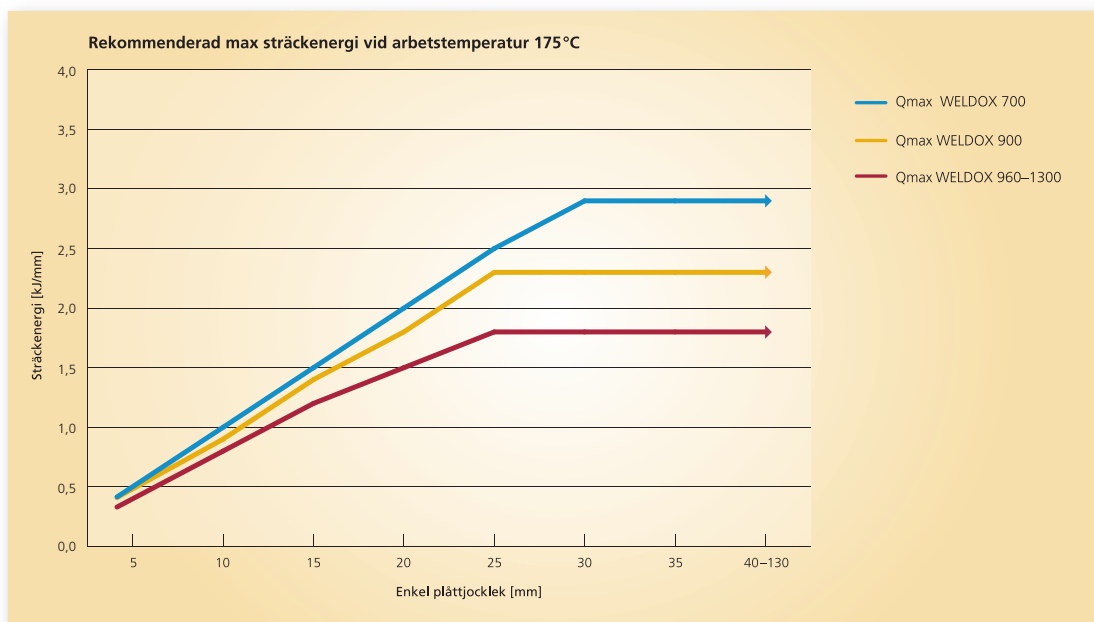
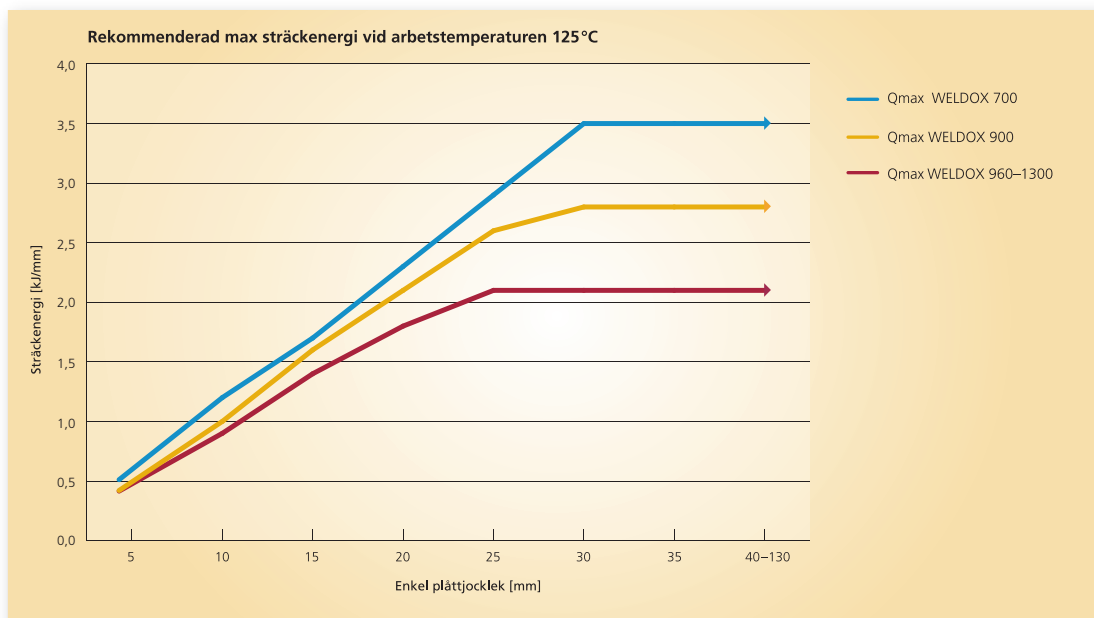
För WELDOX konstruktionsstål bygger våra rekommendationer på att typiska värden för slagsegheten i HAZ ska vara minst 27 J vid -40°C. HARDOX slitplåt har ofta lägre krav på slagseghet i svetsförbanden. Rekommendationerna för HARDOX ska därför ses som ungefärliga värden.





## Svetsning vid höga arbetstemperaturer

Höga arbetstemperaturer, som kan uppstå till exempel i flersträngsförband, påverkar den rekommenderade sträckenergin. Figuren nedan visar rekommenderade sträckenergier för arbetstemperaturerna 125°C och 175°C.



För arbetstemperaturer över 175°C kan dataprogrammet WeldCalc användas. WeldCalc har utvecklats av några av världens ledande experter på svetsning av grovplåt. Det kan beställas kostnadsfritt på [www.ssabox.com](http://www.ssabox.com).

## Tillsatsmaterial

Olegerade, låglegerade och rostfria tillsatsmaterial kan användas vid svetsning av WELDOX och HARDOX.

### Hållfasthet för olegerade och låglegerade tillsatsmaterial

Hållfasthet på tillsatsmaterialet väljs enligt figuren på nästa sida. Att välja tillsatsmaterial med låg hållfasthet ger ofta flera fördelar, till exempel större seghet i svetsgodset, högre resistens mot vätesprickor och lägre egenspanningar i svetsförband. I flersträngsförband av WELDOX 700–1300 är det extra fördelaktigt att svetsa med tillsatsmaterial med olika hållfastheter. Häftar och de första svetssträngarna svetsas med låghållfasta tillsatsmaterial.

Resterande svetssträngar svetsas med höghållfasta tillsatsmaterial. Detta ökar både segheten och motståndet mot vätesprickor. Kolekvivalenten för tillsatsmaterial med sträckgräns  $\geq 700$  MPa kan vara högre än för plåtarna.

Den högsta rekommenderade arbetstemperaturen, antingen för någon av plåtarna eller för tillsatsmaterialet, ska användas. HARDOX svetsas med låghållfasta tillsatsmaterial enligt figuren på följande sida.

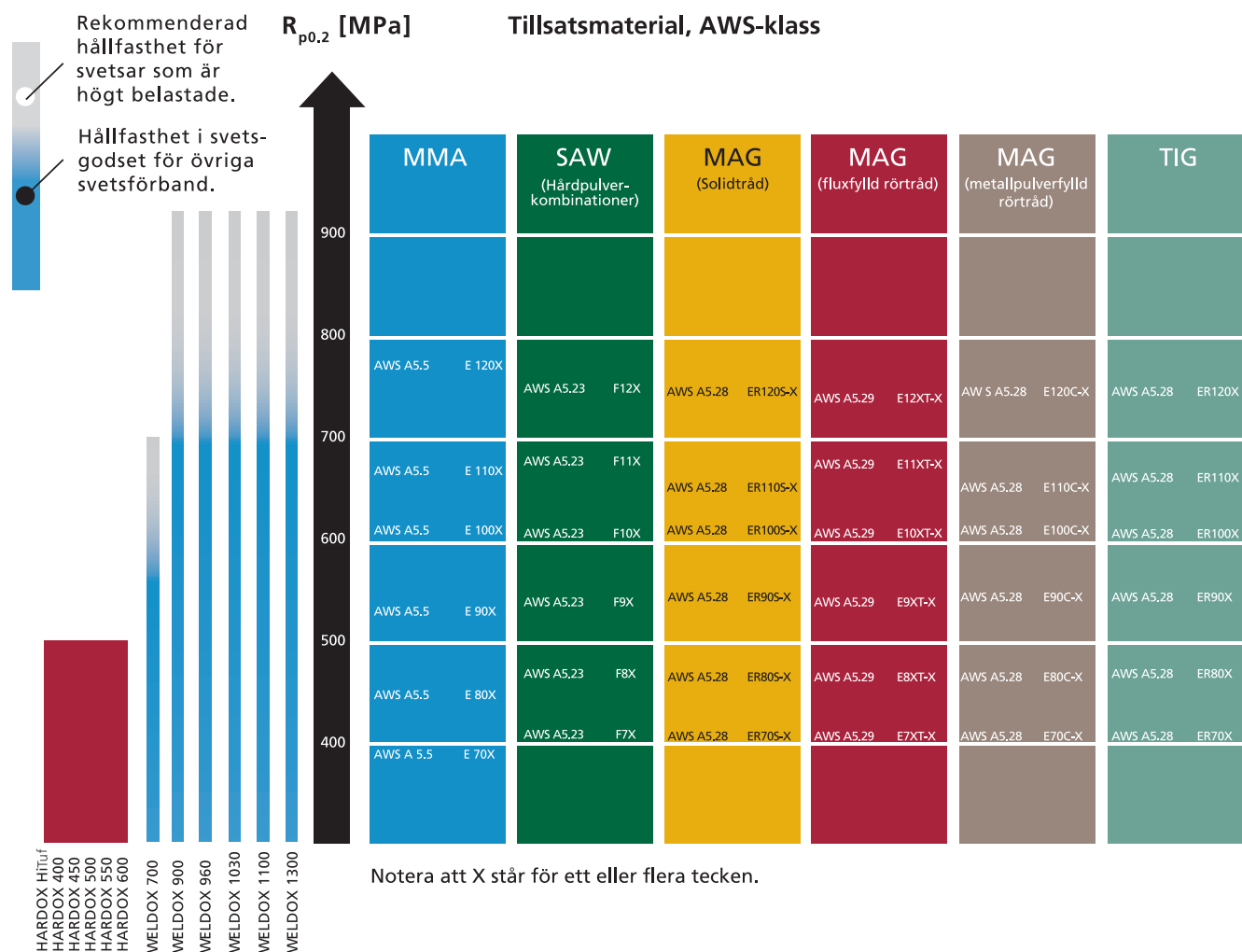
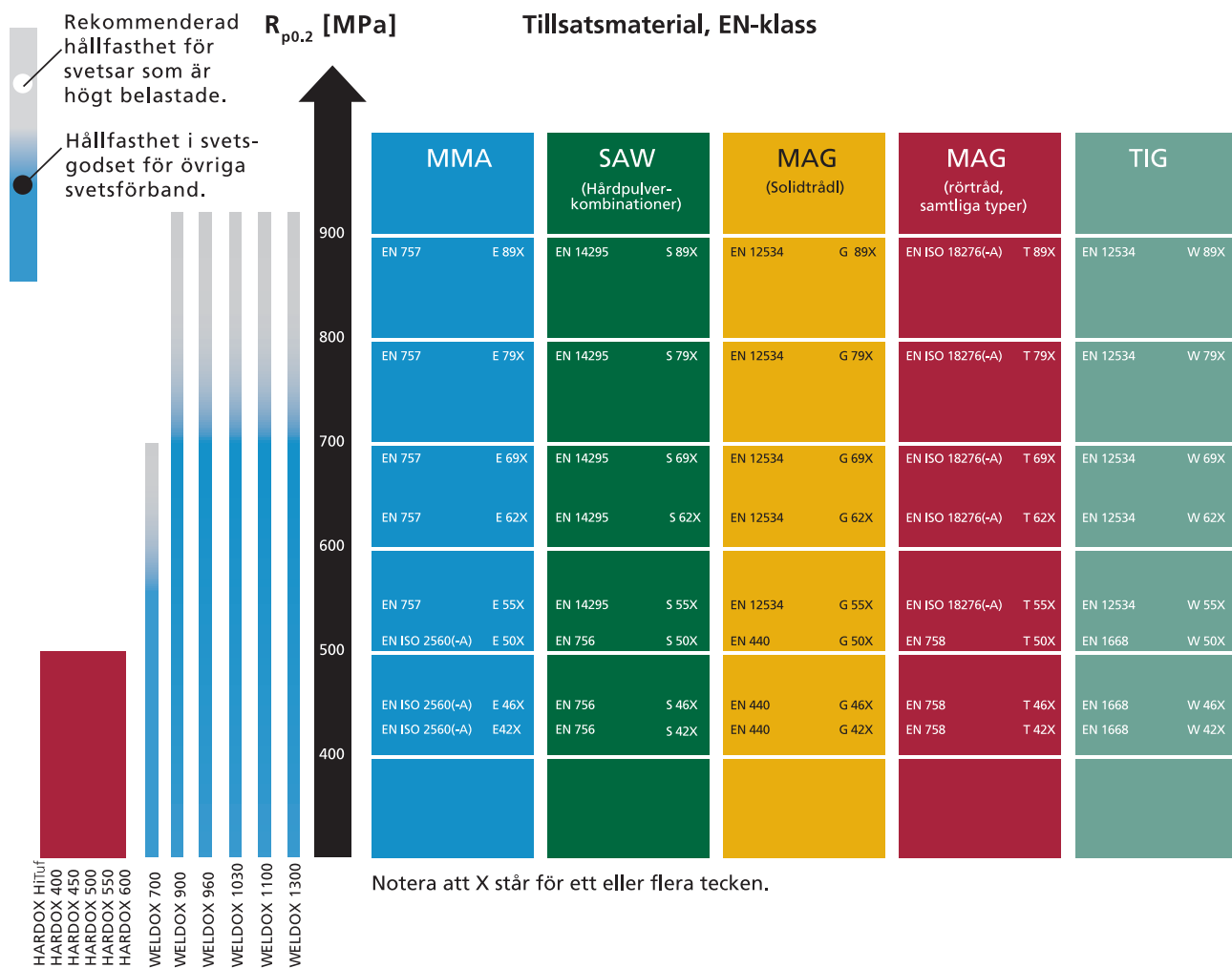


- Tillsatsmaterial med högre hållfasthet
- Tillsatsmaterial med lägre hållfasthet

### Vätehalt för olegerade och låglegerade tillsatsmaterial

Vätehalten bör vara mindre än eller lika med 5 ml väte per 100 g svetsgods vid svetsning med olegerade och låglegerade tillsatsmaterial. Solida tillsatsmaterial som används vid MAG och TIG svetsning kan ge dessa låga vätehalter i svetsgodset. Vätehalten för andra typer av tillsatsmaterial fås enklast från respektive tillverkare.

Exempel på tillsatsmaterial finns på [www.ssabox.com](http://www.ssabox.com) i publikationen TechSupport #60. Att förvara tillsatsmaterialet enligt tillverkarens rekommendationer håller vätehalten nere på avsedd nivå. Detta gäller framförallt belagda tillsatsmaterial och flux.



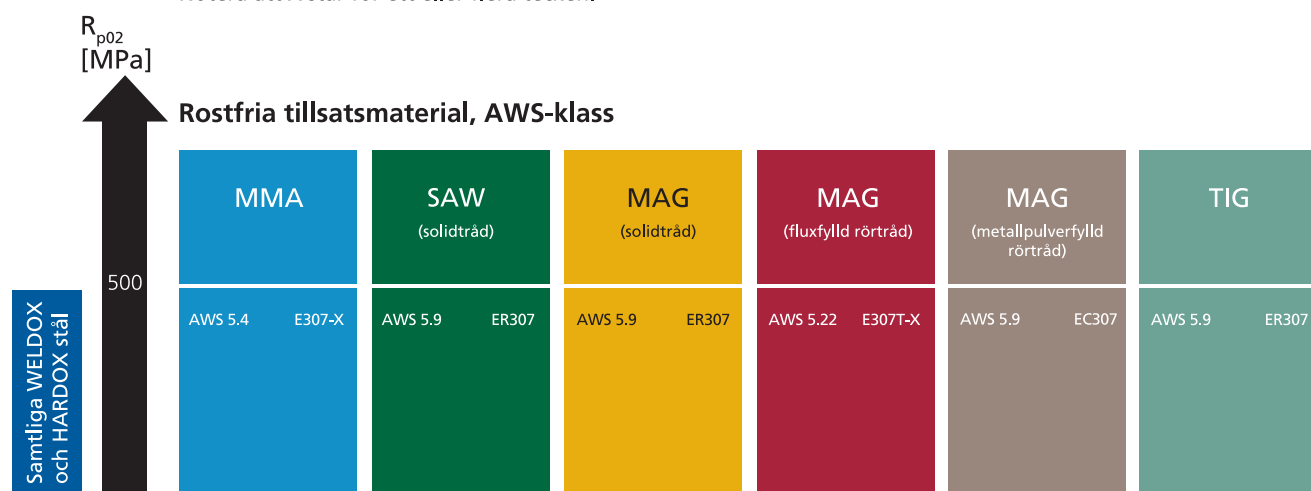
## Rostfria tillsatsmaterial

Rostfria austenitiska tillsatsmaterial kan användas till alla våra produkter. Detta möjliggör arbetstemperatur vid +20°C, HARDOX 600 exkluderat, enligt diagram. Vi rekommenderar i första hand tillsatsmaterial enligt AWS 307 och i andra hand enligt AWS 309. Typen AWS 307 motstår varmsprickor

bättre än AWS 309. Det bör noteras att tillverkare sällan anger vätehalten för rostfria tillsatsmaterial eftersom den inte påverkar prestandan lika mycket som för olegerade och låglegerade tillsatsmaterial. Förslag på olika rostfria tillsatsmaterial finns på [www.ssabox.com](http://www.ssabox.com) i publikationen TechSupport #60.



Notera att X står för ett eller flera tecken.



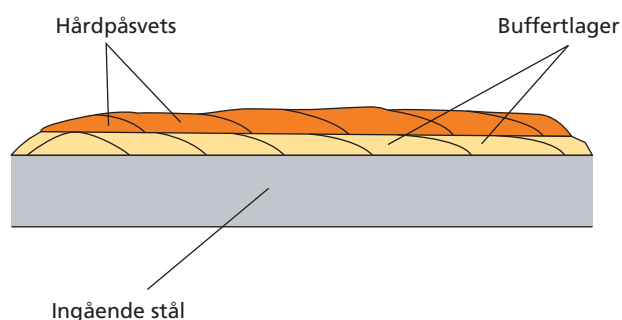
Notera att X står för ett eller flera tecken.

## Hårdpåsvetsning

Att hårdpåsvetsa med speciella tillsatsmaterial ökar slitstyrkan i svetsförbanden. Såväl anvisningar för det använda tillsatsmaterialet samt de ordinarie rekommendationerna för WELDOX och HARDOX ska användas.

Det är fördelaktigt att svetsa ett buffertlager med extra hög seghet mellan ordinarie svetsförband/plåt och hårdpåsvets. Valet av tillsatsmaterial för buffert-

lager följer svetsrekommendationerna för WELDOX och HARDOX stål. Rostfria tillsatsmaterial enligt AWS 307 och AWS 309 används med fördel i dessa fall.

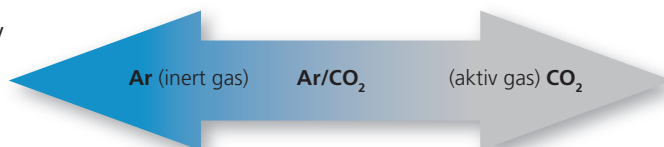


## Skyddsgas

De flesta svetsmetoder använder Ar/CO<sub>2</sub>-kombinationer som skyddsgas. Valet av blandning beror på svetssituationen.

### Effekter av olika skyddsgasblandningar

- Underlättar tändning av ljusbåge
- Låg andel sprut
- Liten mängd oxider



- Stabil ljusbåge
- Låg andel porer
- Svetsprut/igensättning av svetsmunstycket
- Hög inträngning av svetsgods

Förslag på olika typer av skyddsgaser för en given situation visas i tabell.

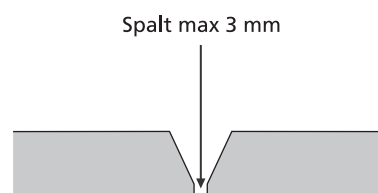
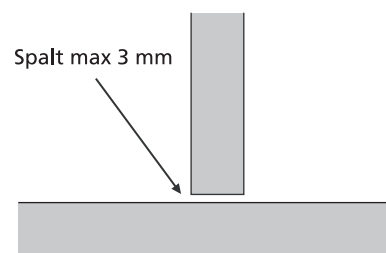
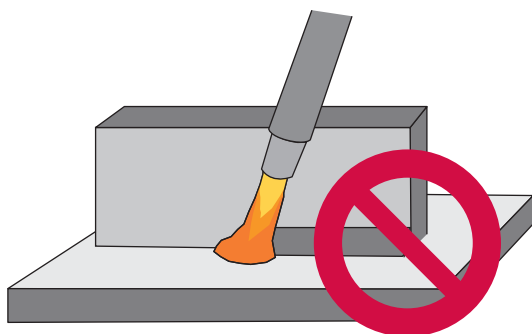
Svetsmetod	Bågtyp	Skyddsgas (vikts %)
MAG, solidtråd	kortbåge	Ar+15-25%CO <sub>2</sub>
MAG, metallpulverfylld rörtråd		
MAG, solidtråd	spraybåge	Ar+8-25%CO <sub>2</sub>
MAG, metallpulverfylld rörtråd		
MAG, fluxfylld rörtråd	kortbåge	Ar+15-25%CO <sub>2</sub> , eller ren CO <sub>2</sub>
MAG, fluxfylld rörtråd	spraybåge	Ar+8-25%CO <sub>2</sub> , eller ren CO <sub>2</sub>
TIG		Ren Ar

För skyddsgasbaserade svetsmetoder beror flödet av skyddsgasen på svetssituationen. En allmän riktlinje är att sätta skyddsgasflödet mätt i l/min lika stort som innerdiametern av gaskåpan uppmätt i mm.

## Svetsföljder och spaltstorlek

### Så här undviks vätesprickor i svetsförband:

- Start- och stoppsekvenser placeras inte i ett hörn. Start och stoppförfaranden ska om möjligt vara minst 5-10 cm från hörnet.
- Spalten i svetsfogen ska vara max 3 mm.





## Svetsning på WELDOX och HARDOX primer



För absolut toppresultat kan primern tas bort.

Det går att svetsa direkt på WELDOX och HARDOX utmärkta primer, tack vare dess låga zinkhalt.

Primern kan enkelt borstas eller slipas bort i området runt svetsfogen. Fördelarna med att avlägsna primern innan svetsning är främst att andelen porer i svetsgodset kan minimeras samt att svetsning i annan position än i horisontellt läge underlättas.

Att lämna kvar primern i svetsfogen ökar andelen porer i svetsgodset en aning. Svetsprocesserna MAG, fluxfylld rörtråd och MMA har uppnått lägst porositet vid svetsning direkt på primer.

Vid all svetsning ska ventilationen vara god. Då bidrar inte primern till skador på svetsaren och dennes omgivning.

För mer information om detta, ladda hem TechSupport #25 från [www.ssabox.com](http://www.ssabox.com).

## Avspänningsglödning

Det är möjligt men sällan nödvändigt att avspänningsglödga HARDOX HiTuf och WELDOX 700–960. Andra stål ska inte avspänningsglödgas eftersom de mekaniska egenskaperna kan försämrats.

Mer information om detta finns i svetshandboken från SSAB Oxelösund. Den kan beställas på [www.ssabox.com](http://www.ssabox.com).



SSAB Oxelösund, som ingår i stålkoncernen SSAB Swedish Steel, är världens ledande tillverkare av seghärdad grovplåt med kända varumärken som HARDOX® Slitplåt, WELDOX® Konstruktionsstål, ARMOX® Skyddsplåt och TOOLOX® Verktygsstål. Stålen kännetecknas av kombinationen av hög hållfasthet och seghet, vilket kommer av stålets renhet och en unik produktionsprocess.

SSAB Oxelösund är specialiserat på att utveckla och tillverka höghållfasta stål. En stark lokal närvaro i mer än 45 länder gör att vi kan förse våra kunder med högkvalitativa stål, såväl som kommersiell och teknisk service.

Kontakta oss gärna för ytterligare information eller besök oss på [www.ssabox.com](http://www.ssabox.com).

SSAB Oxelösund  
613 80 Oxelösund

Tel: 0155-25 40 00  
Fax: 0155-25 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)**