HARDOX®
WEAR PLATE

SVETSNING AV HARDOX

SSAB

FÖR ENKLARE SVETSNING

Svetsning av Hardox slitplåt

Hardox® slitplåt kombinerar unik prestanda med exceptionell svetsbarhet. Alla konventionella svetsmetoder kan användas för att svetsa dessa stål till vilken annan typ av svetsbart stål som helst.

Den här broschyren innehåller användbara tips och information som kan förenkla och effektivisera dina svetsprocesser. Här finns råd om förhöjda arbets- och mellansträngstemperaturer, sträckenergi, tillsatsmaterial med mera. Med denna praktiska information kan varje användare dra full nytta av Hardox-stålens unika egenskaper.

INNEHÅLL

Hur du får bästa svetsresultat	5
Tillsatsmaterial	5
Krav på väteinnehåll i olegerade och låglegerade tillsatsmaterial	6
Rostfria tillsatsmaterial	7
Skyddsgas	8
Sträckenergi	9
Svalningstid $t_{8/5}$	10
Svetsföljd och spaltöppningens storlek	11
Vätesprickor	11
Förhöjd arbets- och mellansträngstemperatur	12
Att uppnå och mäta förvärmingstemperatur	14
Hårdpåsvetsning	15
Rekommendationer för att minimera deformationer	16
Svetsning på Hardox primer	19
Värmebehandling efter svetsning	19

Hardox

Användare över hela världen sätter sin tillit till Hardox slitplåt från SSAB. Hardox förbättrar prestanda och maximerar livslängden i applikationer som grävmaskiner, frontlastare, tippvagnar, gruvtruckar, transportörer, glidbanor, behållare, krossar, fragmenterare, blandare, siktar, rivningsverktyg och pråmar. Hardox slitplåt kan motstå utmaningarna i de hårdaste klimat-, terräng- och miljöförhållanden. Under tillverkningen och i verkstaden minskar Hardox ledtiderna och produktionskostnaderna.

Hardox har utvecklats mycket sedan det först lanserades. Utbudet är mycket större och den traditionella Hardox-slitplåten finns numera också som slitstarka rör, rundstång och till och med bandstål. För detaljerad information om Hardox produktprogram inklusive stålsorter och kvaliteter, leveransvillkor, tekniska data och kundberättelser, besök ssab.com.

Informationen i broschyren ges endast i allmänt informationssyfte. SSAB AB tar inget ansvar för ändamålsenligheten eller lämpligheten för något speciellt användningsområde.

Användaren är själv ansvarig för alla nödvändiga anpassningar och/eller ändringar som krävs för en viss tillämpning.

Hur du får det bästa svetsresultatet

Rengör svetsområdet för att få bort fukt, olja, rost- eller korrosionsprodukter och andra orenheter innan du svetsar. Utöver god svetshygien är det viktigt att tänka på följande aspekter:

- Val av tillsatsmaterial
- Förvärmnings- och mellansträngstemperaturer
- Sträckenergi
- Svetsföljd eller svetssekvens och storlek på fogens rotspalt

Tillsatsmaterial

Hållfastheten hos olegerade och låglegerade tillsatsmaterial

För Hardox rekommenderas i allmänhet olegerade och låglegerade tillsatsmaterial med maximal sträckgräns (Re) på 500 MPa. Tillsatsmaterial med högre hållfasthet (R_e max. 900 MPa) kan användas för Hardox 400 och 450 i tjockleksintervallet 0,7–6,0 mm. Låglegerade tillsatsmaterial resulterar i högre hårdhet i svetsmetallen, vilket kan förbättra slitagemotståndet i svetsen. Om slitegenskaperna i svetsmetallen är viktiga kan fogens råge täckas med tillsatsmaterial som används för hårdpåsvetsning. Se avsnittet "Påsvetsning" på sidan 15. Rekommenderade tillsatsmaterial för Hardox-stål och deras benämningar enlig AWS- och EN-klassifiering finns också i Tabell 1 på sidan 6.

Tabell 1: Rekommenderade tillsatsmaterial för Hardox slitplåt

Svetsmetod	AWS-klassificering	EN-lassificering
MAG, solid tråd	AWS A5.28 ER70X-X	EN ISO 14341-A- G 38X
	AWS A5.28 ER80X-X	EN ISO 14341-A- G 42X
MAG, metallpulverfylld rörtråd	AWS A5.28 E7XC-X	EN ISO 17632-A- T 42XH5
	AWS A5.28 E8XC-X	EN ISO 17632-A- T 46XH5
MAG, fluxfylld rörtråd	AWS A5.29 E7XT-X	EN ISO 17632 -A- T 42XH5
	AWS A5.29 E8XT-X	EN ISO 17632 -A- T 46XH5
MMA	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	AWS A5.18 ER70X	EN ISO 636-A- W 42X
	AWS A5.28 ER80X	EN ISO 636-A- W 46X

Anm. X står för ett eller flera tecken

Krav på väteinnehåll i olegerade och låglegerade tillsatsmaterial

Väteinnehållet får vara högst 5 ml väte per 100 g svetsmetall vid svetsning med olegerade eller låglegerade tillsatsmaterial.

Solid tråd som används vid MAG- och TIG-svetsning ger normalt sett ett svetsgods som uppfyller detta krav. Väteinnehåll för andra typer av tillsatsmaterial bör införskaffas från respektive tillverkare.

För att bibehålla det väteinnehåll som tillverkaren angett måste förvaring av tillsatsmaterialet ske enligt tillverkarens rekommendationer.

Rostfria tillsatsmaterial

Rostfria austenitiska tillsatsmaterial kan användas för svetsning av alla Hardox-produkter, se tabell 2. De möjliggör svetsning vid rumstemperatur utan förhöjd arbetstemperatur, utom för svetsning av Hardox 600 och Hardox Extreme.

SSAB rekommenderar att i första hand använda tillsatsmaterial som följer AWS 307 och i andra hand de som följer AWS 309. Dessa typer av tillsatsmaterial ger en svetsfog med en sträckgräns på upp till 500MPa.

AWS 307-typen har bättre motstånd mot varmsprickor än AWS 309. Det bör noteras att tillverkarna sällan specificerar väteinnehållet i tillsatsmaterial av rostfritt stål, eftersom väte inte påverkar prestandan lika mycket som i olegerade och låglegerade tillsatsmaterial. SSAB ställer inte upp några restriktioner för högsta väteinnehåll för dessa typer av tillsatsmaterial.

Tabell 2: Rekommenderade rostfria tillsatsmaterial för Hardox slitplåt

Svetsmetod	AWS-klassificering	EN-lassificering
MAG, solid tråd	AWS 5.9 ER307	**Rekommenderad:** EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 **Lämplig:** EN ISO 14343-A: B 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
MAG, metallpulverfylld rörtråd	AWS 5.9 EC307	**Rekommenderad:** EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 **Lämplig:** EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
MAG, fluxfylld rörtråd	AWS 5.22 E307T-X	**Rekommenderad:** EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 **Lämplig:** EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
MMA	AWS 5.4 E307-X	**Rekommenderad:** EN ISO 3581-A: 18 18 Mn/ EN ISO 3581-B: 307 **Lämplig:** EN ISO 3581-A: 22 12 X/ EN ISO 3581-B: 309X
SAW	AWS 5.9 ER307	**Rekommenderad:** EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 **Lämplig:** EN ISO 14343-A: S 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
TIG	AWS 5.9 ER307	**Rekommenderad:** EN ISO 14343-A: W 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 **Lämplig:** EN ISO 14343-A: W 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X

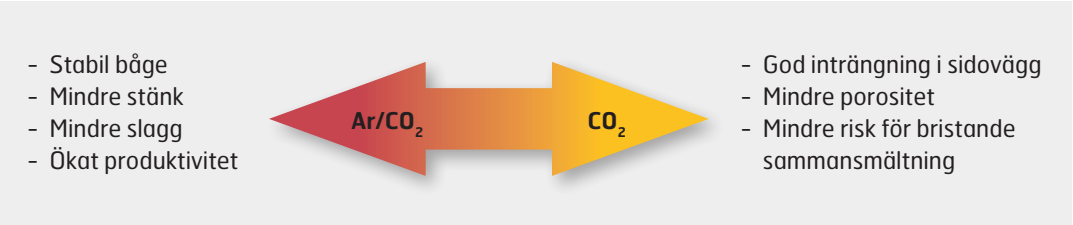
Anm. X står för ett eller flera tecken

Skyddsgas

För Hardox slitplåt används i allmänhet samma skyddsgaser som för olegerade och låglegerade stål.

Skyddsgaser som används för MAG-svetsning av Hardox-stål innehåller oftast en blandning av argon (Ar) och koldioxid (CO_2). En liten mängd syre (O_2) används ibland tillsammans med Ar och CO_2 för att stabilisera svetsbågen och minska sprut. En skyddsgasblandning med cirka 18–20% CO_2 i argon rekommenderas för manuell svetsning, vilket underlättar god inträngning i materialet med en rimlig mängd svetsstänk. Vid automatisk svetsning eller robotsvetsning kan en skyddsgas som innehåller 8–10% CO_2 i argon användas för att optimera svetsresultatet med tanke på produktivitet och stänknivå. Effekter av olika skyddsgasblandningarvisas i figur 1. Rekommendationer om skyddsgas för olika svetsmetoder finns i tabell 3. Skyddsgas-blandningarna i tabell 3 är blandningar som kan användas för såväl kortbågs- som för spraybågssvetsning.

Figur 1: Skyddsgasblandningar och deras påverkan på svetsoperationen



Tabell 3: Exempel på skyddsgasblandningar och rekommendationer

Svetsmetod	Bågtyp	Läge	Skyddsgas
MAG, solid tråd	Kortbåge	Alla lägen	18 – 25 % CO_2 i Ar
MAG, metallpulverfylld rörtråd	Kortbåge	Alla lägen	18 – 25 % CO_2 i Ar
MAG, solid tråd	Spraybåge	Horisontell	15 – 20 % CO_2 i Ar
MAG, fluxfylld rörtråd	Spraybåge	Alla lägen	15 – 20 % CO_2 i Ar
MAG, solid- och metall-pulverfylld tråd	Spraybåge	Horisontell	15 – 20 % CO_2 i Ar
Robot och automat MAG, alla metoder	Spraybåge	Horisontell	8 – 18 % CO_2 i Ar
TIG		Alla lägen	100 % Ar

Anm. Gasblandningar som innehåller tre komponenter, dvs. O_2, CO_2, i Ar används ibland för att optimera svetsegenskaperna

I alla svetsmetoder som kräver skyddsgas beror flödet av skyddsgas på svetssituationen. Som en tumregel bör skyddsgasflödet i liter per minut ställas in på samma värde som gaskåpans innerdiameter mätt i millimeter.

Sträckenergi

Sträckenergi (Q) är den mängd energi som tillförs basmaterialet per längdenhet. Sträckenergin beräknas enligt nedanstående formel:

$$Q = \frac{k \cdot U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000} \quad [kJ/mm]$$

Q = Värmetillförsel [kJ/mm]
k = Bågeffektivitet [dimensionslös]
U = Spänning [V]
I = Ström [A]
v = Framföringshastighet [mm/min]

Olika svetsprocesser har olika termisk verkningsgrad. Tabell 4 visar ungefärliga värden för olika svetsmetoder.

Tabell 4: Termisk verkningsgrad i olika svetsmetoder

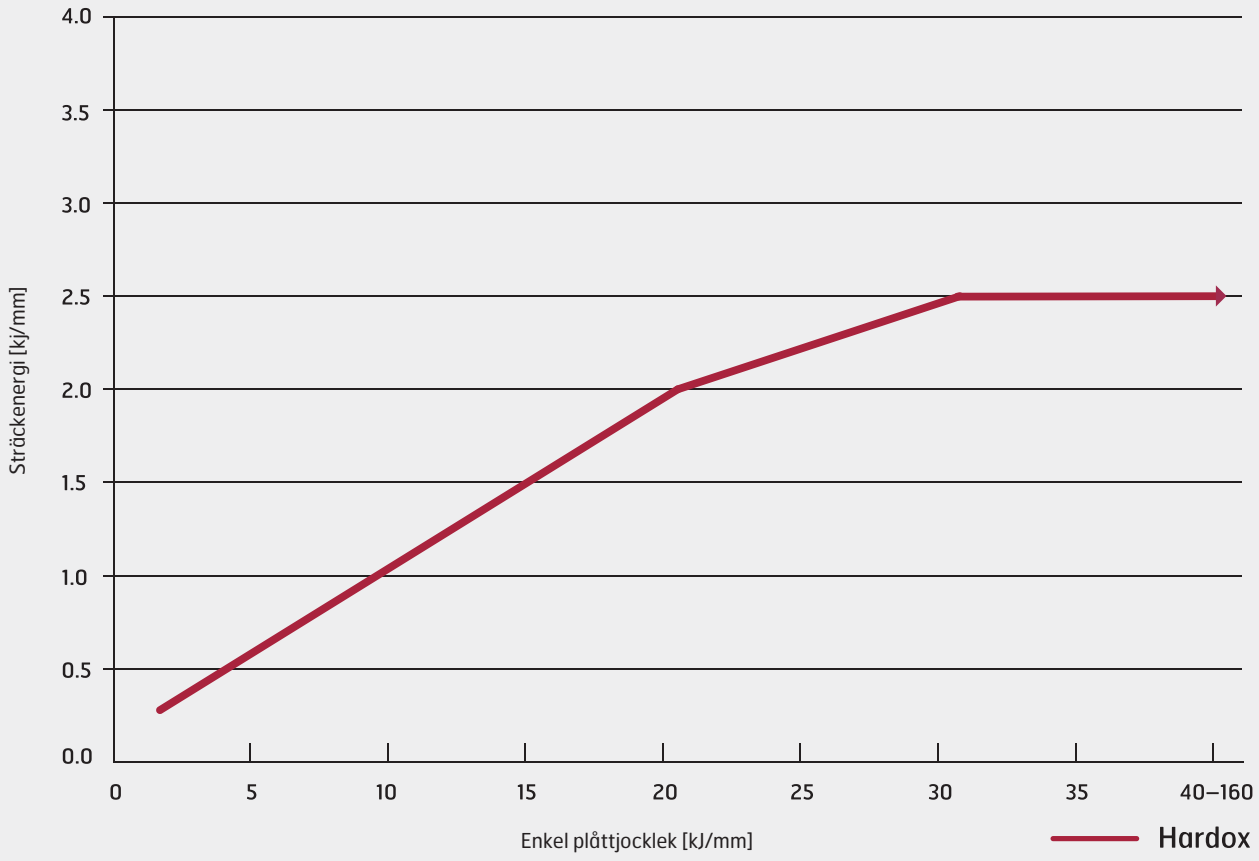
Svetsmetod	Termisk verkningsgrad [k]
MAG	0,8
MMA	0,8
SAW	1.0
TIG	0.6

Alltför hög sträckenergi ökar bredden på den värmepåverkade zonen (HAZ), vilket i sin tur försämrar de mekaniska egenskaperna och slitstyrkan i den värmepåverkade zonen. Svetsning med låg värmetillförsel har bland annat följande fördelar:

- Ökad slitstyrka i den värmepåverkade zonen
- Minskad deformation (ensträngssvetsade fogar)
- Ökad seghet i fogen
- Ökad hållfasthet i fogen

En mycket låg värmetillförsel kan dock påverka slagsegheten negatvit ($t_{8/5}$ värden under 3 sekunder). Figur 2 visar den högsta rekommenderade sträckenergin (Q) för Hardox.

Figur 2: Rekommenderad högsta värmetillförsel för Hardox slitplåt



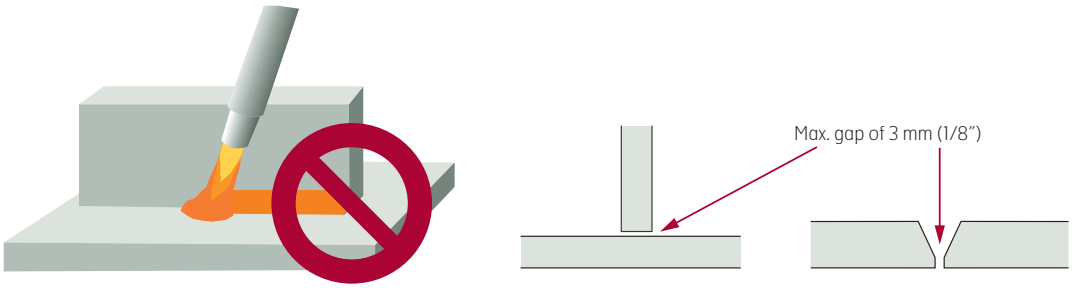
Svalningstid $t_{8/5}$

Svalningstiden ($t_{8/5}$) är den tid det tar för svetsen att svalna från 800 °C till 500 °C , och den utgör det viktigaste elementet i svetsens slutliga mikrostruktur. För konstruktionsstål rekommenderas ofta svalningstider för att styra svetsprocessen så att vissa krav tillgodoses, till exempel minsta tillåtna slagseglet. Rekommenderade minsta svalningstid för olika Hardox-sorter är tillgängliga i SSABs WeldCalc-program. Kontakta din lokala SSAB-försäljare för mer information om WeldCalc.

Svetsföljd och storlek på rotspalt

Vid häftsvetsning är det viktigt att rotspalten mellan ingående plåtar inte överstiger 3 mm; se figur 3. Försök att få en så enhetlig spaltstorlek som möjligt längs fogen. Undvik även svetsstart och svetsavslut i hårt belastade områden. Om möjligt ska start och stopp ske minst 50–100 mm från ett hörn; se figur 3. Vid svetsning till kanten av plåten kan det vara praktiskt att använda extra start- och stopplåtar.

Figur 3: Undvik start och slut i hårt belastade områden som hörn. Spaltstorleken bör inte överstiga 3 mm.



Vätesprickor

På grund av relativt låg kolekvivalent har Hardox en högre tålighet mot vätesprickor jämfört med andra slitstål.

Minimera risken för vätesprickor genom att följa dessa rekommendationer:

- Förvärm i svetsområdet till den rekommenderade minimitemperaturen.
- Mät förvärmningstemperaturen enligt SSABs rekommendationer.
- Använd processer och tillsatsmaterial med ett maximalt väteinnehåll på 5ml/100g svetsmetall.
- Håll fogen fri från orenheter som rost, fett, olja eller frost.
- Använd bara tillsatsmaterial som är klassificerade enligt SSABs rekommendationer.
- Använd en svetsföljd som minimerar restspänningar.
- Undvik att ha en rotspalt som är större än 3 mm; se figur 3.

Förvärmning- och mellansträngs-temperatur

Det är viktigt att följa de rekommenderade förvärmningstemperaturerna liksom proceduren för att uppnå och mäta temperaturen i och runtom svetsen för att undvika problem med vätesprickor.

Legeringselementens påverkan på valet av förvärmnings- och mellansträngstemperaturer

En unik kombination av legeringselement optimerar Hardox-stålets mekaniska egenskaper. Denna kombination styr förvärmnings- och mellansträngstemperaturerna vid svetsning av Hardox och kan användas för att beräkna kolekvivalenten. Kolekvivalenten uttrycks vanligen som CEV eller CET enligt nedanstående formler.

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

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

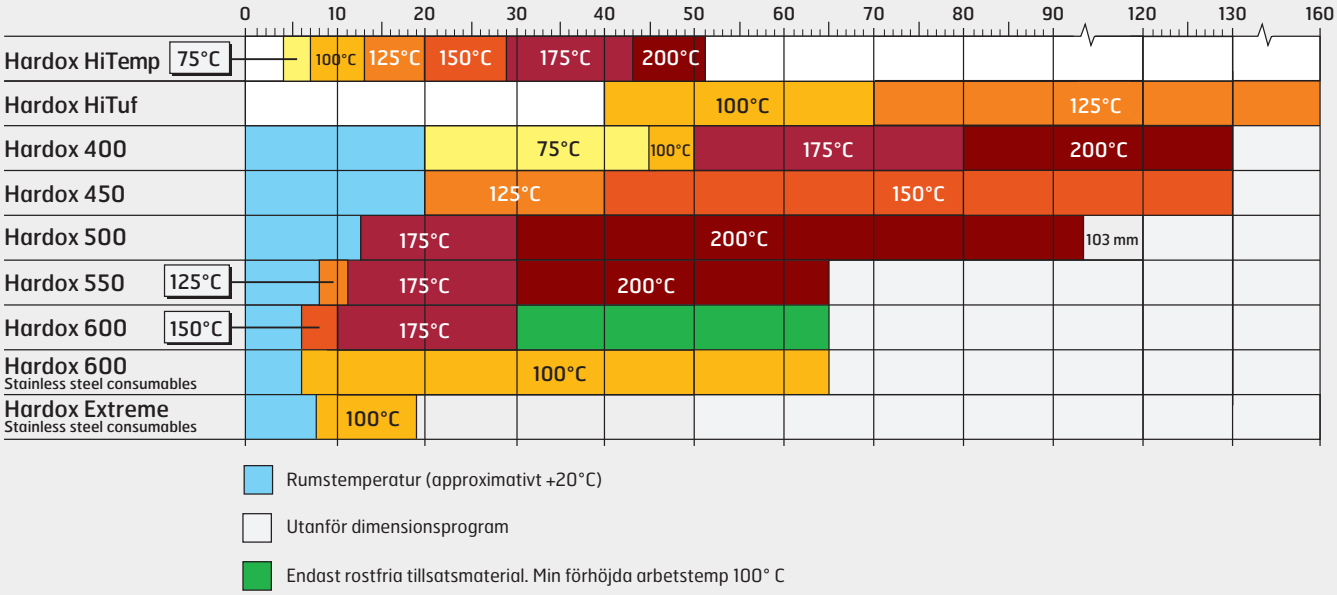
Legeringselementen är specificerade i materialintyget och anges i viktprocent i dessa två formler. En högre kolekvivalent kräver oftast högre förvärmnings- och mellansträngs-temperatur. Den typiska kolelvivalenten för Hardox anges i SSABs produktdatablad på www.ssab.com under Produkter>Varumärken>Hardox.

Förvärmnings- och mellansträngstemperaturer för Hardox

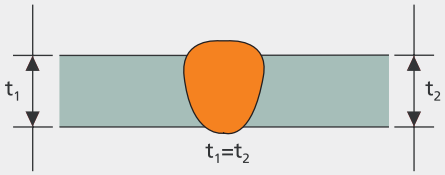
Minsta rekommenderade förvärmningstemperaturer och högsta mellansträngstemperaturer vid svetsning anges i tabellerna 5a, 5b och 6. Om inte annat anges, gäller dessa värden för svetsning med olegerade och låglegerade tillsatsmaterial.

- När plåtar med olika tjocklek men av samma stålsort svetsas ihop är det den tjockare plåten som bestämmer vilka förvärmnings- och mellansträngstemperaturer som krävs; se figur 4.
- När olika stålsorter svetsas samman, är det den plåt som kräver den högsta förvärmningstem-peraturen som bestämmer vilka förvärmnings- och mellansträngstemperaturer som krävs.
- Tabell 5 gäller för värmetillförsel på 1,7 kJ/mm eller högre. Om du använder en värme-tillförsel på 1,0–1,69 kJ/mm rekommenderar vi att du ökar temperaturen med 25 °C över rekommenderad förvärmningstemperatur.
- Om man använder lägre värmetillförsel än 1,0 kJ/mm rekommenderar vi att man använder SSABs WeldCalc-program för att beräkna den rekommenderade lägsta förvärmningstemperaturen.
- Vid hög luftfuktighet eller vid temperaturer under 5 °C bör de rekommenderade lägsta förvärmningstemperaturerna i tabell 5 och 5b ökas med 25 °C.
- För stumsvetsar i V-fog i tjocklekar över 25 mm rekommenderar vi att rotsträngen flyttas cirka 5 mm från plåtens tjockleksscentrum.

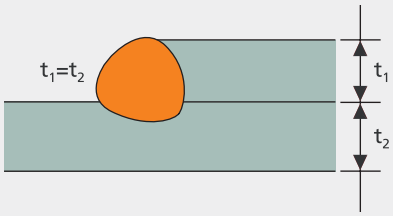
Tabell 5a: Rekommenderade förvärmningstemperaturer. Plåttjockleken i millimeter visas på x-axeln.



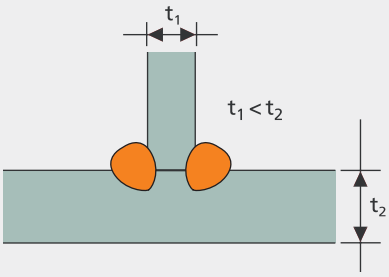
Figur 4: Schematisk bild som visar definitionen av ”enkel plåttjocklek”.



$t_1=t_2$ Plåttjockleken är t_1 eller t_2 förutsatt att samma stålsort används.



$t_1=t_2$ Plåttjockleken är t_1 eller t_2 förutsatt att samma stålsort används.



$t_1<t_2$ I det här fallet är plåttjockleken t_2 förutsatt att samma stålsort används.

Mellansträngstemperaturen i tabell 6 är den högsta rekommenderade temperaturen i fogen (på svetsmetallen) eller strax intill fogen (startposition) omedelbart före start av nästa svetsträng.

Tabell 6: Högsta rekommenderade mellansträngs-/förvärmningstemperaturer.

Hardox HiTemp	300°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
Hardox Extreme	100°C

** Mellansträngstemperaturer på upp till cirka 400 °C kan användas i vissa fall för Hardox HiTuf. Använd WeldCalc i sådana fall.

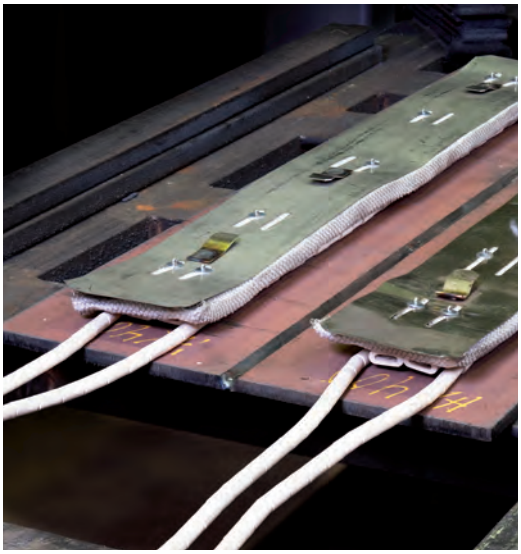
Lägsta rekommenderade förvärmningstemperaturer och högsta mellansträngstemperatur enligt tabell 5 och 6 påverkas inte vid högre värmetillförsel än 1,7 kJ/mm. Informationen grundar sig på antagandet att svetsfogen får luftkylas till rumstemperatur. Observera att rekommendationerna gäller även för häftsvetsar och rotsträngar. I allmänhet ska varje häftsvets vara minst 50 mm lång. För fogar med plåttjocklekar upp till 8 mm kan kortare häftsvetslängder användas. Avståndet mellan häftsvetsarna kan varieras efter behov.

Uppnående och mätning av förvärmningstemperatur

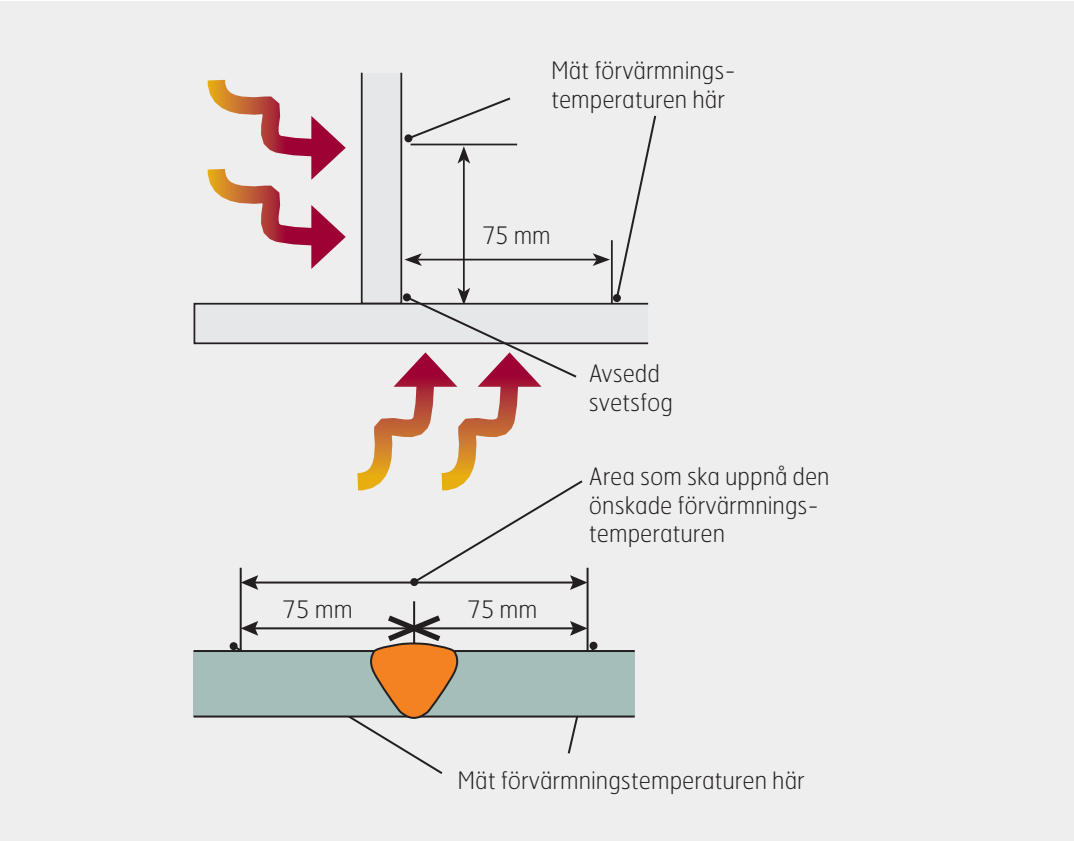
Den önskade förvärmningstemperaturen kan uppnås på många sätt. Elektriska förvärmningselement (figur 5) runt den förberedda fogen är ofta bäst eftersom det ger enhetlig uppvärmning av området. Temperaturen bör övervakas till exempel med en kontakttermometer.

Vi rekommenderar att du mäter den rekommenderade förvärmnings-temperaturen på motsatt sida av uppvärmningen; se figur 6.

Figur 5: Exempel på elektriska värmemattor



Figur 6: Mätning av förvärmningstemperatur



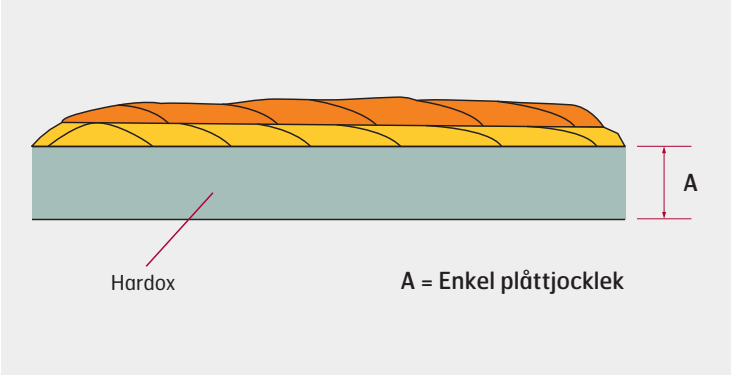
Gör ett uppehåll på 2 min per 25 mm tjocklek innan du mäter förvärmningstemperaturen. Lägsta rekommenderade förvärmningstemperatur bör uppnås på en yta av 75 + 75 mm runt den avsedda svetsfogen; se figur 6.

Hårdpåsvetsning

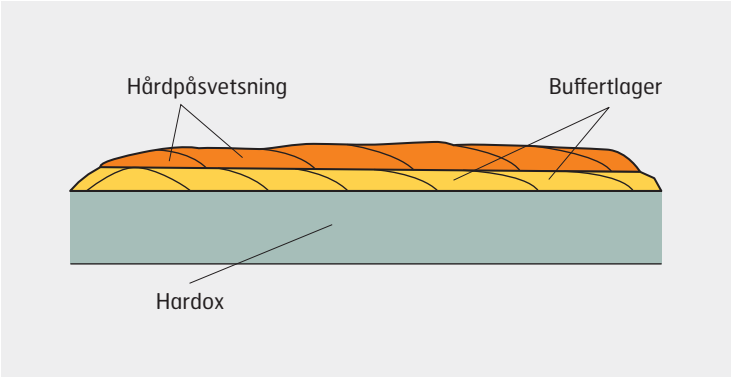
Om svetsfogen ligger i ett område där det förväntas högt slitage kan man använda hårdpåsvetsning med speciella tillsatsmaterial för att öka slitstyrkan i svetsgodset. Både anvisningarna för fogning och påsvetsning ska följas. Vissa tillsatsmaterial för påsvetsning kräver en mycket hög förvärmningstemperatur som kan överstiga den högsta rekommenderade mellansträngstemperaturen för Hardox-stål. Det är värt att notera att om man använder en förvärmningstemperatur som överstiger den högsta rekommenderade mellansträngstemperaturen för Hardox-stål, kan det reducera hårdheten i det uppvärmda området och leda till försämrad slitstyrka i detta område.

Minsta och högsta förvärmningstemperatur är densamma som för konventionella svetstyper; se tabell 5a och 5b. Se figur 7 för plåttjocklekar för hårdpåsvetsning.

Figur 7: Definition av plåttjocklek



Figur 8: Exempel på svetsordning med tillsatsmaterial för buffert-skikt och hårdpåsvetsning



Det lönar sig att svetsa ett buffertskikt med extra hög seghet mellan den ordinarie svetsfogen eller plåten och hårdpåsvetsen. Valet av tillsatsmaterial för buffertskiktet bör följa svetsrekommendatio-nerna för Hardox slitplåt. Använd helst tillsats-material av rostfritt stål enligt AWS 307 och AWS 309 för buffertskiktet; se figur 8.

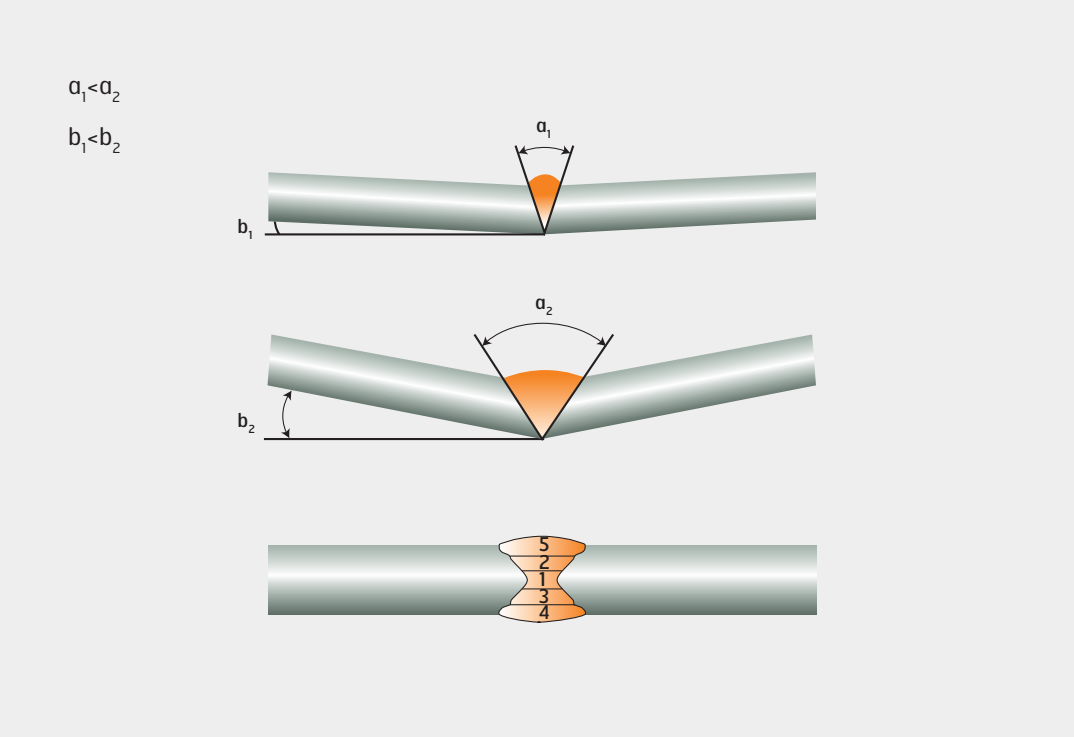
Rekommendationer för att minimera deformationer

Nivån på deformationer under och efter svetsning hänger samman med basplåtens tjocklek och svetsmetoden. Deformationen blir tydligare i tunnare tjocklekar, medan kraftig deformation eller till och med genombränning kan orsaka problem och kan äventyra hela konstruktionen.

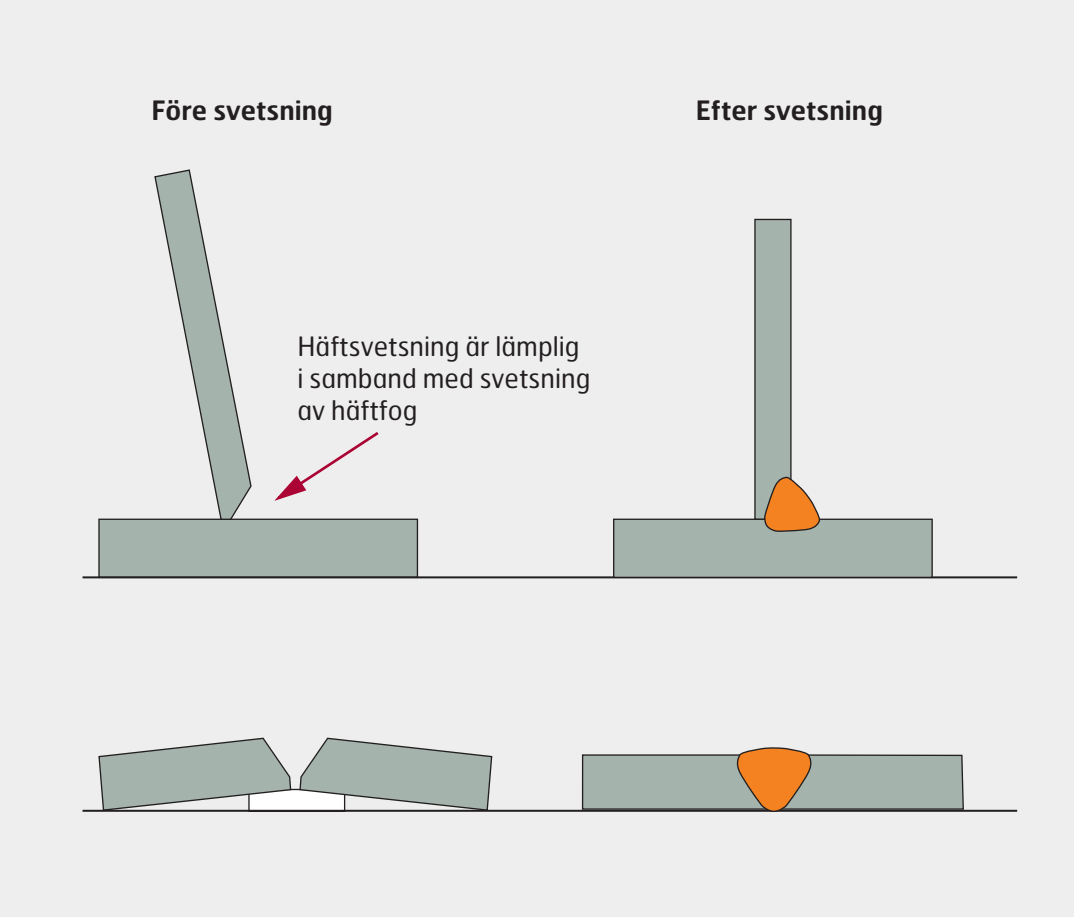
Minimera mängden deformation under svetsning genom att följa dessa rekommendationer:

- Svetsa med så låg sträckenergi som möjligt (ensträngssvetsade fogar).
- Minimera tvärsnittsarean av svetsen; se figur 9.
- Förbocka, kläm fast eller vinkla delarna före svetsningen för att kompensera för deformationen; se figur 10.
- Undvik oregelbunden rotspalt.
- Använd symmetriska svetsar; se figur 9.
- Minimera rågar och optimera a-mått i kälsvetsar.
- Svetsa från områden med hög inspänning till områden med lägre inspänningsgrad.
- Minska avståndet mellan häftsvetsarna.
- Använd bakstegssvetsning; se figur 11-12.

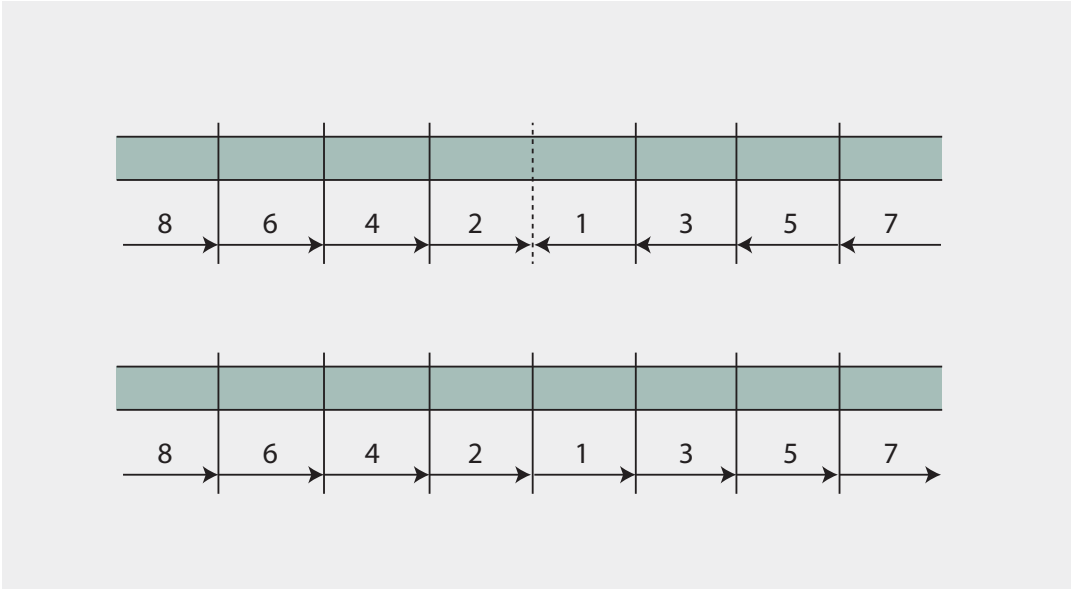
Figur 9: Tvärsnitt av svetsen och hur den påverkar vinkelavvikelsen



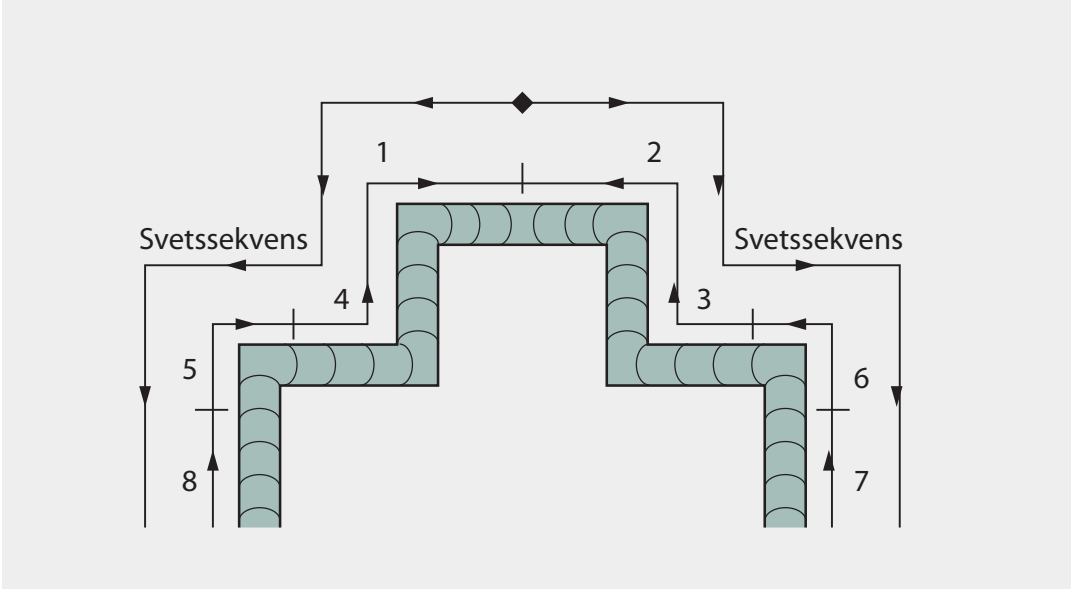
Figur 10: Förinställning av kälsvetsförband och stumförband i V-fog



Figur 11: Använd en symmetrisk svetsordning



Figur 12: Exempel på bakstegssvetsning



Svetsning på Hardox primer

Det går att svetsa direkt på Hardox primer tack vare den låga zinkhalten. Primern kan lätt borstas eller slipas bort runtom fogen; se figur 13. Det kan löna sig att ta bort grundfärgen före svetsningen, eftersom det minskar risken för porer i svetsen och underlättar läges-svetsning. Vid MAG-svetsning med fluxfylld rörtråd ger basiska typer den lägsta porositeten. Det är viktigt att ha god ventilation i all svetsning för att undvika grundfärgens skadliga påverkan på svetsaren och omgivningen.

Figur 13: Primern är lätt att borsta bort vid behov

Värmebehandling efter svetsning

Hardox HiTuf kan spänningsavlastas genom värmebehandling efter svetsning, även om det sällan är nödvändigt. Andra Hardox-stål bör ej spänningsavlastas med hjälp av värme-behandling då den höga temperaturen kan försämra de mekaniska egenskaperna. För mer information se Svetshandboken från SSAB. Du kan beställa den på www.ssab.com.

HARDOX®
WEAR PLATE

SSAB är ett Norden- och USA-baserat stålföretag. SSAB erbjuder mervärdesprodukter och tjänster som har utvecklats i nära samarbete med företagets kunder för att skapa en starkare, lättare och mer hållbar värld. SSAB har anställda i över 50 länder. Idag har SSAB produktionsanläggningar i Sverige, Finland och USA. SSAB är börsnoterat på Nasdaq Stockholm och sekundärnoterat på Nasdaq Helsingfors. www.ssab.com

103-sv-Welding Hardox new- V1-2016-Solodesign AB

SSAB
SE-613 80 Oxelösund
Sverige

T +46 155 25 40 00
F +46 155 25 40 73
contact@ssab.com

www.ssab.com

SSAB