



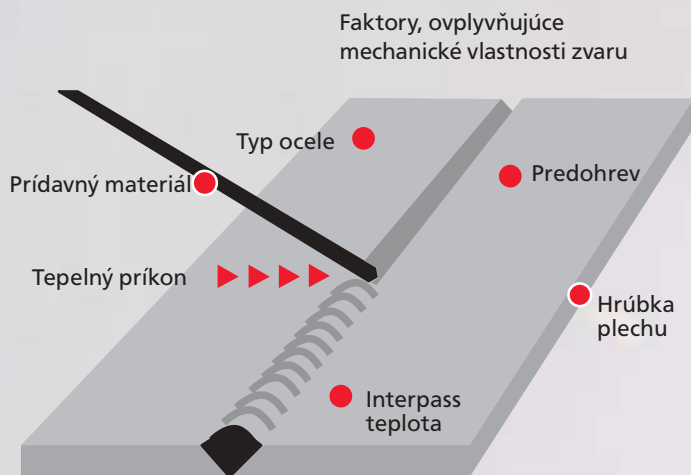
HARDOX®

WELDOX®

Zváranie

SSAB
OXELÖSUND

Oteruvzdorné plechy **HARDOX** a vysokopevné konštrukčné plechy **WELDOX** firmy **SSAB Oxelösund** obsahujú málo legovacích prvkov. Preto i ich uhlíkový ekvivalent je malý. Preto sa dajú tieto plechy pomocou štandardného oblúkového zvarovania ľahko zvárať so všetkými konštrukčnými plechmi.



Pre danú triedu pevnosti majú plechy **HARDOX** a **WELDOX** nízke uhlíkové ekvivalenty:

Oceľ s nízkym uhlíkovým ekvivalentom (CEV) sa dá lepšie zvärať ako oceľ s vysokou hodnotou CEV. Zvyčajné hodnoty CEV pre konkrétnu hrúbku plechu sú uvedené v našich špecifikáciách.

Uhlíkový ekvivalent (podľa IIW) sa dá vypočítať z tejto rovnice:

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

Teplota výroby počas zvarovania

Vždy pri zvarovaní konštrukčných ocelových plechov a plechov, odolných voči opotrebeniu, je dôležité minimalizovať riziko vzniku trhliny v studenom stave (používajú sa i termíny vodíkovej trhliny a oneskorené trhliny). Hlavnou príčinou vzniku týchto trhlín je výskyt vodíka a zároveň výskyt pnutia vo zvare. Nebezpečenstvo vzniku trhlín sa dá minimalizovať nasledovne:

- Predhriatím daného materiálu pred zvarovaním.
- Dokonalým vyčistením a vysušením zvarovaných hrán.
- Minimalizovať pnutie zo zmrštenia. Toto docielime presným umiestnením výrobkov a vhodne naplánovaným postupom pri zvarovaní.
- Voľbu prídavného materiálu s nízkym obsahom vodíka.

Pri zvarovaní plechov **HARDOX** je cieľ:

- Udržať tvrdosť tepelne ovplyvnenej zóny (TOZ).
- Dosiagnúť vyhovujúcu húževnatosť v tejto oblasti.

Pri zvarovaní plechov **WELDOX** je cieľ:

- zaistiť zodpovedajúcu pevnosť zvaru.
- dosiahnuť vyhovujúcu húževnatosť zvaru.

Typ ocele	Rozsah hrúbky	Uhlíkový ekvivalent CEV (IIW) *
S355	5 – 100 mm	0,39 – 0,43
WELDOX 355	8 – 25 mm	0,34 – 0,37
WELDOX 420	6 – 80 mm	0,37 – 0,39
WELDOX 460	6 – 80 mm	0,37 – 0,42
WELDOX 500	8 – 80 mm	0,37 – 0,42
WELDOX 700	4 – 130 mm	0,39 – 0,64
WELDOX 900	4 – 80 mm	0,56
WELDOX 960	4 – 50 mm	0,56 – 0,64
WELDOX 1100	5 – 40 mm	0,68 – 0,72
HARDOX 400	4 – 130 mm	0,36 – 0,70
HARDOX 450	4 – 80 mm	0,41 – 0,62
HARDOX 500	5 – 80 mm	0,58 – 0,68

*) Bežné hodnoty

Predohrev

Predohrev je veľmi dôležitý pri sťahovaní a pri zvarovaní koreňových zvarov.

Čím je teplota počas zvarovania a po zvarovaní vyššia, tým ľahšie unikne vodík z ocele.

Potreba vykonať predohrev sa zvyšuje s hrúbkou materiálu (viď. tabuľka na nasledujúcej strane) tak, aby sa kompenzovalo rýchlejšie ochladzovanie hrubšieho plechu, a tiež preto že hrubší plech má vyššiu hodnotu CEV ako tenší plech.

Ak je okolitá vlhkosť vysoká alebo je teplota nižšia ako +5°C, mala by sa hodnota podľa tabuľky zvýšiť o +25°C. Podobne by sa mala zvýšiť teplota, ak zvarovaný výrobok je pevne votknutý.

Ak sa zvárajú rôzne typy ocelí alebo ak sa ku zváraniu používajú elektródy s vyšším uhlíkovým ekvivalentom CEV ako je ekvivalent základného materiálu, potrebný predohrev sa stanoví podľa ocelí (alebo elektród) s vyšším uhlíkovým ekvivalentom.

Dodatočný ohrev

Pokiaľ sa okamžite po zváraní vykoná ohrev zvaru, tiež to uľahčí únik vodíku z ocele.

Teplota ohrevu po zváraní by mala byť rovnaká ako teplota predohrevu.

Doba ohrevu by mala byť minimálne 5 minút na milimeter hrúbky plechu, avšak najmenej jednu hodinu.

Doporučené teploty na predohrev

Doporučené teploty výroby vychádzajú z predpokladu, že:

- Obsah vodíka je menší ako 5 ml/100g zváraného kovu.
- Tepelný príkon je zhruba 1,7 kJ/mm

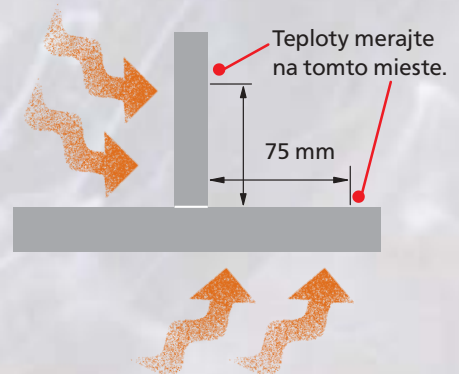
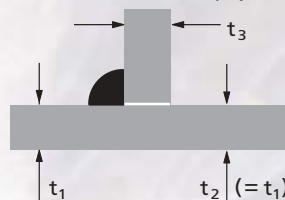
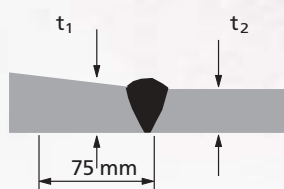
*) Teplota predohrevu je daná prídavným materiálom, ak uhlíkový ekvivalent tohto materiálu je väčší ako ohlíkový ekvivalent plechu.

... pre rôzne kombinované (sumárne) hrúbky plechu [mm]														
$t_1+t_2+t_3 =$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
S 355 (SS 2132)												75°C		
WELDOX 355														
WELDOX 420/460				Izbová teplota									75°C	
WELDOX 500												75°C		
WELDOX 700							75°C			100°C		150°C		
WELDOX 900 *			75				100°C					150°C		
WELDOX 960 *			75				100°C					150°C		
WELDOX 1100 *			100	125°C			150°C					175°C		
HARDOX 400					75°C		100°C					175°C		
HARDOX 450					100°C		125°C					175°C		
HARDOX 500			100	125	150°C					175°C				

Doporučené interpass teploty

Typ ocele	Interpass teplota
S 355 (SS 2132)	225–250°C
WELDOX 355	225–250°C
WELDOX 420/460	225–250°C
WELDOX 500	200–225°C
WELDOX 700	200–225°C
WELDOX 900	150–175°C
WELDOX 960	150–175°C
WELDOX 1100	150–175°C
HARDOX 400	150–175°C
HARDOX 450	150–175°C
HARDOX 500	150–175°C

Kombinovaná (sumárna) hrúbka plechu, mm
 t_1 = stredná hrúbka vo vzdialenosti 75 mm od zváraného spoja.



Dodatočné zpracovanie

Žihanie ku zníženiu pnutia

Žihanie ku zníženiu pnutia sa prevádza za účelom zníženia zbytkového pnutia po skončení zvárania.

WELDOX sa dá za účelom pnutia žihať len v prípade, že tento postup vyžaduje konštrukčné predpisy.

HARDOX a WELDOX 1100 sa za účelom zníženia nesmie žihať.

Opatrenia pre zvýšenie medze únavy

Medza únavy zvaru sa dá zvýšiť rôznymi dodatočnými zpracovaniami. Týmto sa docieľa plynulejší prechod medzi zvarom a plechom a zníži sa koncentrácia pnutia.

Ďalšie informácie sú uvedené v príručke *Handbook on welding of Oxelosund steels*.

Voľba tepelného príkonu

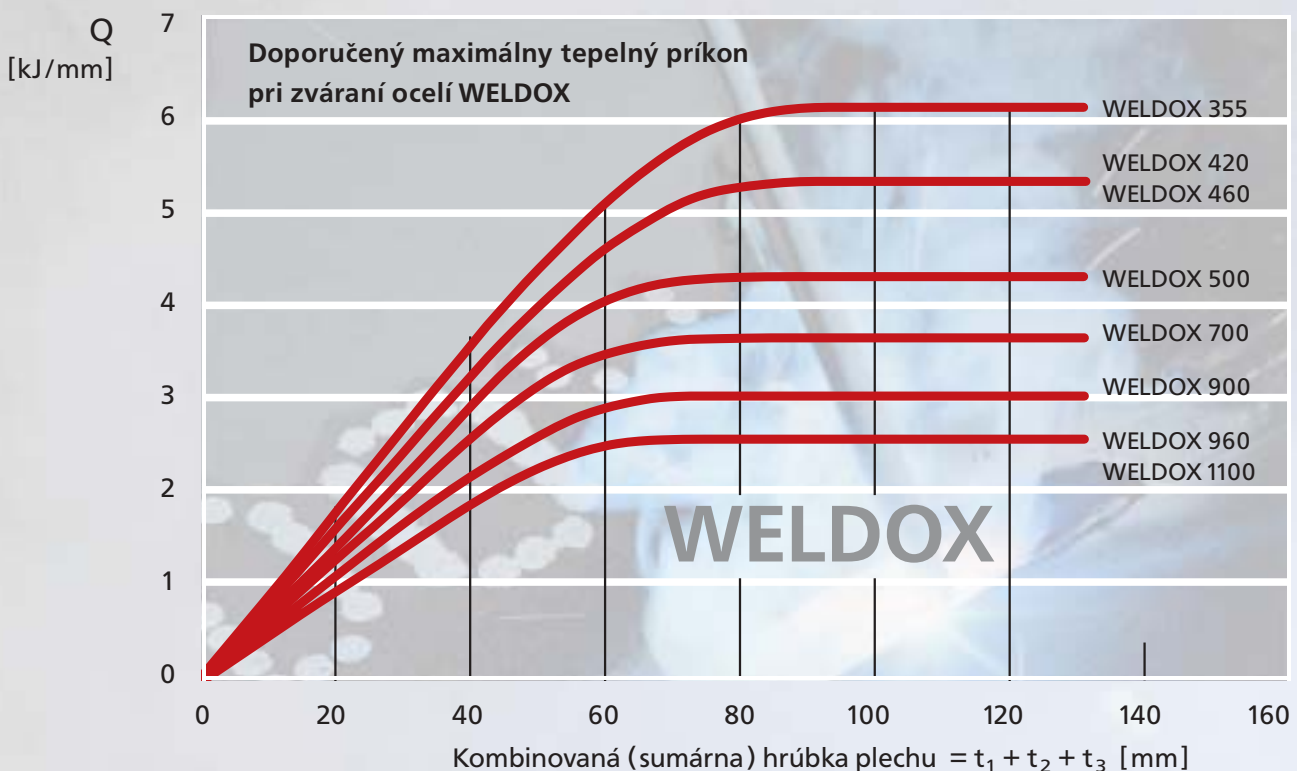
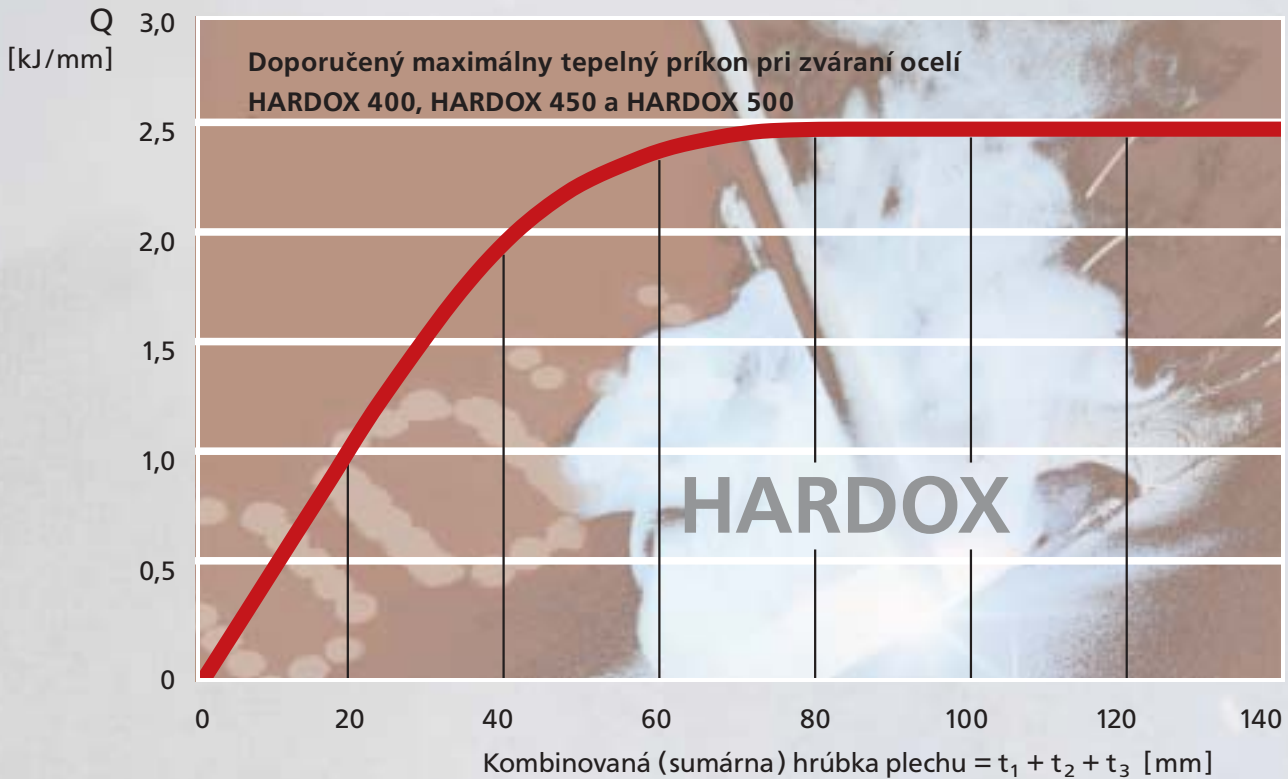
Pre zváranie materiálov HARDOX a WELDOX doporučujeme dodržiavať nižšie uvedené obmedzenia tepelného príkonu. Hodnoty tepelného príkonu pod uvedenými hodnotami zaručujú uspokojivú kombináciu húževnatosti, pevnosti a tvrdosti tepelne ovplyvnenej zóny (TOZ).

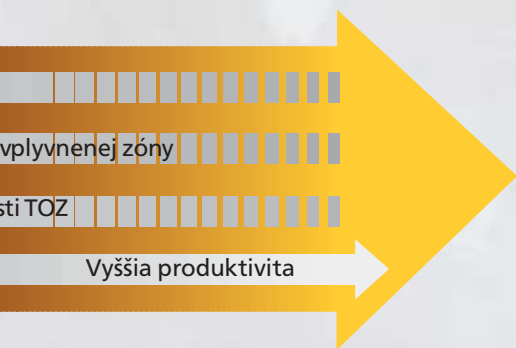
Zníženie
tepelného
príkonu

Vyššia pevnosť zvaru

Vyššia húževnatosť tepelne o

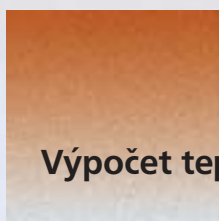
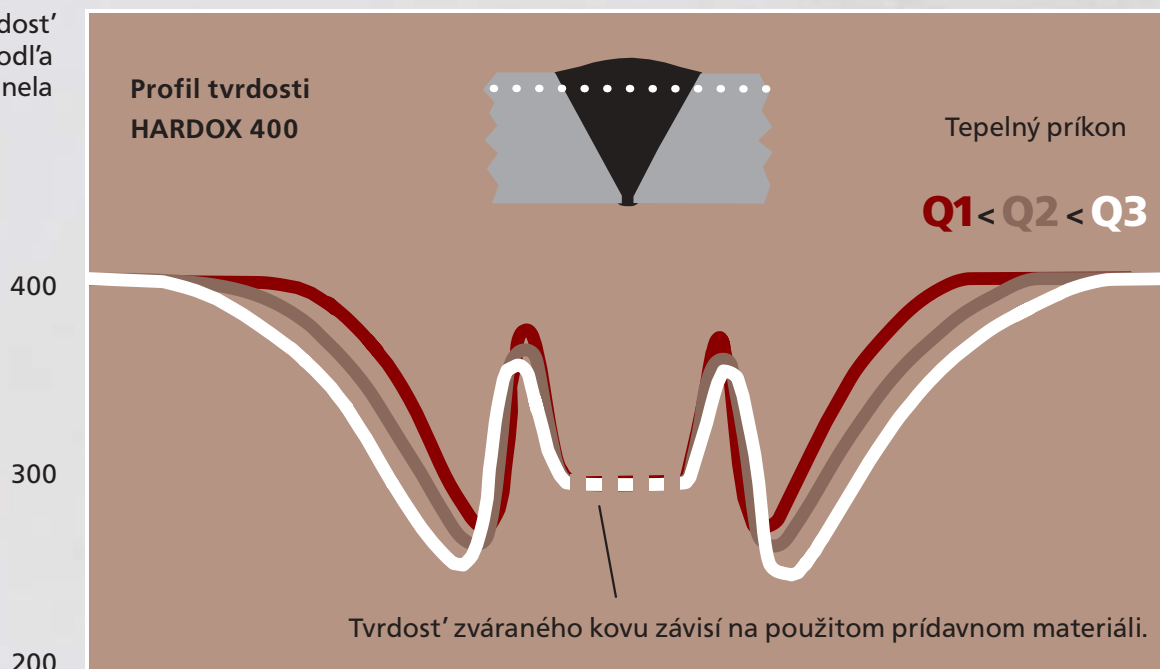
Menšie zníženie tvrdosti oblas





Zvýšenie
tepelného
príkónu

Tvrdosť
podľa
Brinnela



Výpočet tepelného príkonu

$$Q = \frac{\eta \cdot U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000}$$

Q = Tepelný príkon [kJ/mm]

U = Napätie [V]

I = Prúd [A]

v = Rýchlosť zvarania [mm/min]

η = Činiteľ účinnosti oblúku

Činiteľ účinnosti oblúku η

Metóda zvarania	Činiteľ účinnosti oblúku η
Ručné zvaranie obalovanou elektr. (MMA)	0,8
Zváranie drôtom v ochrannej atmosfére (MIG/MAG)	0,8–0,9
Oblúčkové zváranie trubičkovými drôtmi (FCAW)	0,9
Zváranie pod tavidlom (SAW)	1,0
TOG (GTAW)	0,7

Vol'ba prídavného materiálu *

Pri zváraní materiálov HARDOX a WELDOX sa dajú použiť všetky obvyklé metódy oblúkového zvárania, ktoré sú určené pre zváranie bežných plechov a plechov s vysokou pevnosťou.

Volba prídavného materiálu vychádza z požiadaviek, ktoré sú pre jednotlivé prípady kladené na mechanické vlastnosti zvaru.

Pri zváraní materiálov HARDOX a WELDOX by sa mali používať základné elektródy. Zvoľte prídavný materiál s obsahom vodíka $\leq 5 \text{ ml} / 100 \text{ g}$ zvarového kovu.

Pri voľbe medze klzu prídavného materiálu sú k dispozícii tieto možnosti:

- 1) zvarový kov s **nižšou** medzou klzu, ** ako je medza klzu základného materiálu
- 2) zvarový kov s **rovnakou** medzou **
- 3) zvarový kov s **vyššou** medzou klzu, ** ako je medza klzu základného materiálu

Pri zváraní ocelí v rozsahu WELDOX 700 až WELDOX 1100 doporučujeme kombinovať elektródy s odlišnou pevnosťou, napríklad mäkké elektródy pre koreňový zvar a elektródy s vyššou pevnosťou pre zostávajúcu časť zvaru.

*) Zoznam tried AWS pre prídavný materiál je uvedený na zadnej strane tejto brožúry.

**) Vztahuje sa k menovanej minimálnej hodnote medze klzu v ťahu.

Hlavné výhody v prípade, že zvolíte prídavný materiál s nízkou pevnosťou (medza klzu pod 500 Mpa) oproti prídavnému materiálu s vysokou pevnosťou sú:

- vyššia húževnatosť zvarového kovu
- lepšia ťažnosť zvaru
- znížená náchylnosť na vznik trhlín

Pri zváraní v kútoch doporučujeme vždy použiť prídavný materiál s nižšou medzou klzu.

Použitie mäkkých elektród pri zváraní materiálu HARDOX

HARDOX by sa mal zvärať mäkkými základnými elektródami. Mäkká elektróda je prídavný materiál s medzou klzu v ťahu menšia ako ťahu 500 Mpa. Tieto elektródy znižujú úroveň zbytkového pnutia vo zvaru a tým i náchylnosť materiálu na vznik trhlín v studenom stave.

Pokiaľ je zvar vystavený tak, že je vystavený značnému opotrebovaniu, dajú sa pre krycie húsenky použiť tvrdé elektródy.

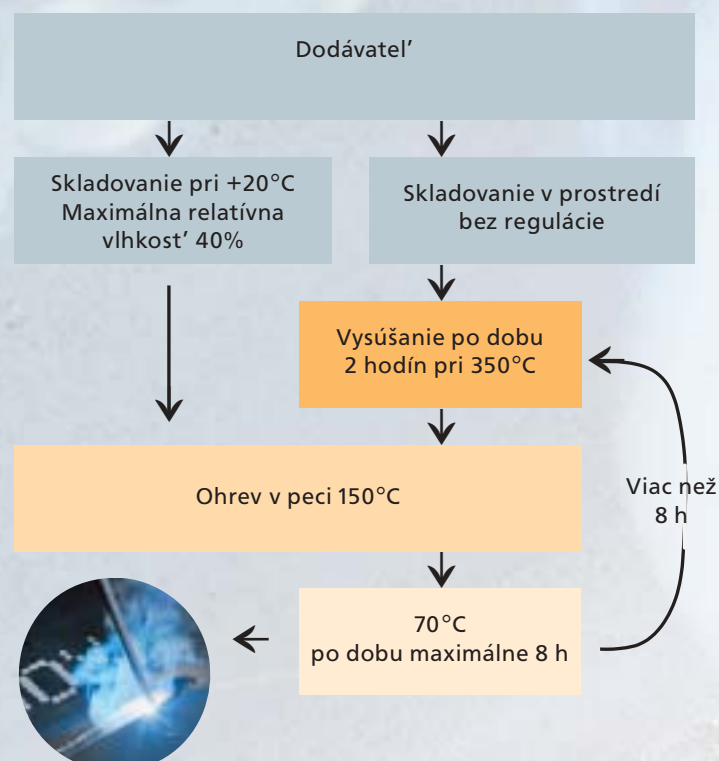
V nasledujúcich prípadoch sa dá HARDOX úspešne zvärať pomocou austenitických nehrdzavujúcich prídavných materiálov:

- pokiaľ je zvarovec pevne uchytený
- pokiaľ sa nedá výrobok predhriať
- pokiaľ je plech hrubší ako 60 mm

Doporučená pevnosť pri zváraní ocelí HARDOX a WELDOX

WELDOX 355 / 420	Vyššia pevnosť ako základný materiál
WELDOX 460 / 500	Vyššia alebo rovnaká pevnosť ako základný materiál
WELDOX 700	Rovnaká alebo nižšia pevnosť ako základný materiál
WELDOX 900 / 960	Nižšia pevnosť ako základný materiál
WELDOX 1100	Nižšia pevnosť ako základný materiál
HARDOX 400/450/500	Nižšia pevnosť ako základný materiál

Aby sa zabránilo absorpcii vlhkosti mal by sa prídavný materiál skladovať v súlade s doporučením výrobcu. Pokiaľ existujú nebezpečia absorpcie vlhkosti, musí sa prídavný materiál v súlade s pokynmi výrobcu vysušiť alebo úplne vyradiť.



Zváranie plechov so základným náterom (primerem)

Pri zváraní plechov natrených protikoróznym základným náterom môžu vzniknúť rôzne veľké póry. Vznik pórov sa dá minimalizovať voľbou vhodného typu a hrúbky základného náteru a ďalej použitím zodpovedajúcich parametrov zvárania. Zvárat' sa dá potom v rámci medzi špecifikovaných príslušnými normami a nie je nutné základný náter odstrániť.

Pred dodávkou sa zaist'uje ochrana plechov HARDOX a WELDOX na sklad proti korózii pomocou silikátového náteru s nízkym obsahom zinku. Tento náter bol špeciálne vyvinutý za účelom minimalizácie množstva pórov, vznikajúcich počas zvárania. Výsledok je, že zvárat' sa dá priamo na základný náter, čo zvyšuje produktivitu.

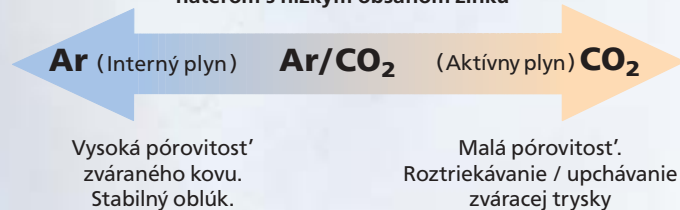
Doporučené opatrenia na zaistenie vysokej kvality zvaru pri zváraní plechov HARDOX a WELDOX natrených silikátovým náterom s nízkym obsahom zinku.

Pokiaľ je plech natretý PVB (polyvinyl butyralom) alebo epoxidovým náterom, mal by sa náter ešte pred zváraním pre zaistenie uspokojivej kvality zvárania odstrániť.

Pracovná hygiena

Pri zváraní alebo brúsení plechu natreného základným náterom, skontrolujte, či je pracovisko riadne odvetrané.

Vplyv ochranného plynu na pórovitosť zváraného kovu pri FCAW, MIG/MAG zváraní plechov natretých silikátovým náterom s nízkym obsahom zinku



Zváracia metóda

Tavidlo

Ochranný plyn

Uhol elektródy

Poloha pri zváraní

Smer zvárania

FCAW *

Bázický

75% Ar / 25% CO₂

75°

1F, PA

Forehand

MAG

–

75% Ar / 25% CO₂

75°

1F, PA

Forehand

MMA

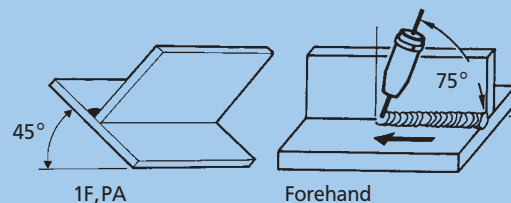
Bázický

–

60–90°

1F, PA

Backhand



*) Oblúkové zváranie plnenou trubičkovou elektródou

Priváranie svorníkov

Plech HARDOX a WELDOX sú veľmi vhodné pre zváranie svorníkov. Pri zváraní pri izbovej teplote nie je nutné tieto plechy predohriať.

Za predpokladu, že je povrch suchý a riadne očistený, dajú sa svorníky priamo privárať k:

- lesklým povrchom
- povrchom natretým silikátovým náterom s nízkym obsahom zinku
- povrchom natreným náterom PVB



Privarovanie svorníkov je rýchly, jednoduchý a lacný spôsob pripievňovania čapov, šróbov, svorníkov a ďalších prvkov ku kovovému povrchu. Táto metóda dokáže často nahradiť nákladné strojné operácie ako vŕtanie, zapúšťanie a rezanie závitov. Táto metóda je jednoduchšia ako bežné zváranie a zvládnu ju dokonca i pracovníci, ktorí nie sú vyškolení pracovníci.



Privarenie svorníkov zaistí viacej chránené montážne spojenie ako v prípade zapustenia šróbov s hlavou alebo svorníkov so závitom. Tým sa zmenší potrebný prídavok na opotrebenie a zvýši sa životnosť.

