

Priporočila za razrez in varjenje jekel Toolox





Priporočila za razrez in varjenje jekel Toolox

JEKLA TOOLOX SO NAMENJENA ZA UPORABO V STROJEGRADNJI TER V ORODJARSTVU IN IMAJO UGODNE LASTNOSTI ZA VARJENJE IN RAZREZ.

Namen priporočil za varjenje in razrez jekel Toolox je podpora popolni izrabi potencialov, ki jih ponujajo jeklene konstrukcije iz jekel Toolox. Kot pri vseh drugih jeklih, tudi pri jeklu Toolox stopnja zahtevnosti obdelave narašča skupaj s povečano trdoto jekla. To, na primer, pomeni, da je jeklo Toolox 44 dobro varljivo ampak le ob doslednemu upoštevanju priporočil s strani proizvajalca.

Pri obdelavi jekla Toolox se lahko uporabi vse običajne načine varjenja in razreza jekel. Prav tako se lahko jeklo Toolox vari z vsemi drugimi jekli primernimi za varjenje. Jeklo Toolox je na voljo v obliki plošč ter palic. Vse vrste izdelkov so upoštewane v teh priporočilih. V sklopu priporočil so omenjeni tudi TechSupport dokumenti in aplikacija WeldCalc, ki jih proizvajalec SSAB ponuja za poglobljene informacije v zvezi z določenimi temami. Vsak TechSupport dokument podrobno obravnava dodatne materiale za varjenje jekla Toolox.

Aplikacija WeldCalc omogoča uporabnikom, da dodatno optimizirajo varjenje z upoštevanjem specifičnih situacij.

Dokumente TechSupport lahko najdete na spletni strani www.ssab.com/download.

Uporabnik lahko pridobi dostop do aplikacije WeldCalc z registracijo na zgoraj omenjeni spletni strani. Do vseh dokumentov TechSupport kot tudi do aplikacije WeldCalc je možno dostopati brezplačno.



Priporočila za varjenje

PRIPRAVA SPOJA

Spoj je mogoče pripraviti z uporabo vseh običajnih metod kot, na primer, s toplotnim razrezom ali z brusilnimi čepi. Pri toplotnem razrezu se pojavi plast oksida in nitrita z debelino približno 0,2 mm. Nastalo plast je potrebno pred varjenjem odstraniti in to najlažje storimo z brušenjem. Priporočila za toplotni razrez so v tem dokumentu posebej predstavljena.

Izrezovanje je možno pri ploščah do debeline 20 mm.

Ključnega pomena je, da je pred vsakim varom območje priprave spoja brez nečistoč kot so vlaga, maščobe, rja in olje.

IZBIRA DODAJNEGA MATERIALA

Primeren je nerjaven, nelegiran ali nizko legiran dodajni material. Za varjene konstrukcije izpostavljene zmernim obremenitvam so običajno najbolj primerne nerjavne vrste dodajnega materiala. Predvsem pri varjenju jekla Toolox 44 se najbolje obnese nerjavni dodajni material.

Za varjene strukture pri katerih so spoji izpostavljeni visoki obremenitvam je nizko legirani dodajni material najboljša rešitev.

Bistveni vidiki pri izbiri dodajnih materialov so natančneje obrazloženi spodaj. Nadalje, je v dokumentu TechSupport št. 60 mogoče najti konkretne primere različnih znamk dodajnih materialov kot tudi podrobne informacije v zvezi z izbiro dodajnih materialov.

Nerjavni dodajni materiali

Vsa jekla Toolox lahko varimo z nerjavnimi dodajnimi materiali vrste AWS 307 ali AWS 309. Te klasifikacijske označbe veljajo za dodatne materiale pri vseh običajnih varilnih metodah.

Po varjenju je dosežena celo višja odpornost na vodikove razpoke v spoju kot pri varjenju z nelegiranimi ali nizko legiranimi dodajnimi materiali.

Mikrostruktura vseh varjenih materialov običajno pripelje do visoke žilavosti, kjer je njena meja plastičnosti 500 MPa. Zaradi visoke odpornosti na vodikove razpoke ni nobene omejitve glede vsebnosti vodika.

Druge prednosti varjenja nerjavnih dodajnih materialov so:

- Pri varjenju jekla Toolox 33 se lahko izognemo temperaturam predgrevanja nad +20°C v spoju in v okolici. Jeklo Toolox 44 je potrebno variti z upoštevanjem temperatur za predgrevanje kot so navedene v spodnji tabeli.
- Varimo lahko tudi z drugimi vrstami legiranega in nelegiranega jekla, kot na primer z nerjavnim jeklom ali z manganskim jeklom. V tem primeru je potrebno prilagoditi pogoje varjenja tako jeklu Toolox kot drugemu jeklu.

Priporočeni so dodajni materiali vrste AWS 307. Poglavitna razlika med njimi je, da je odpornost na vrioče razpoke nekoliko višja pri dodajnih materialih vrste AWS 307 v primerjavi z AWS 309.

Slabosti varjenja z nerjavnimi dodajnimi materiali so:

- Spojev ni mogoče rezati s plamenskim razrezom, vendar je možen razrez s plazemskim in laserskim razrezom. V primeru, da je potreben plamenski razrez je priporočena uporaba nelegiranih ali nizko legiranih dodajnih materialov. Zvar narejen z omenjenimi materiali je možno razrezati z vsemi vrstami toplotnega razreza.
- Dodajni materiali so dražji kot nelegirani ali nizko legirani dodajni materiali.

Nelegirani in nizko legirani dodajni materiali

Nelegirani in nizko legirani dodajni materiali morajo izpolniti zahteve po trdnosti in vsebnost vodika mora biti zadosti nizka.

Primerni dodajni materiali so na voljo v širokem naboru različnih trdnosti. Pri večini aplikacij to pomeni tipe dodajnih materialov z mejo plastičnosti pri vseh varjenih materialih do 930 MPa.

Pogosto je koristno uporabiti dodajni material z nizko trdnostjo, približno 500 MPa. Razlogi za tako izbiro so sledeči:

- Odpornost na vodikove razpoke v spojih se še dodatno poveča.
- Višja žilavost varjenega materiala je pogosto podprta z dodajnim materialom, ki ima nižjo trdnost.

Uporaba nizko legiranih dodajnih materialov z mejo plastičnosti do 930 MPa je možna pri varjenju jekla Toolox. Takšni dodajni materiali lahko koristno pripomorejo k žilavosti varka, ki lahko doseže zahtevano žilavost jekel Toolox.

Za največjo možno trdoto varka je možna uporaba jekla Toolox v kombinaciji z dodajnimi materiali zasnovanimi prav za varjenje orodnih jekel. Takšni dodajni materiali lahko dosežejo zelo visoko trdoto varka, vendar mu ne zagotavljajo večje žilavosti. Za izbor te vrste dodajnih materialov se obrnite na proizvajalca SSAB.

Za vse vrste nelegiranih in nizko legiranih dodajnih materialov je priporočena maksimalna vsebnost vodika 5ml vodika pri 100 g varka z namenom izogiba vodikovih razpok v spoju. Za vse načine varjenja obstajajo primerni dodajni materiali, ki zadoščajo tem kriterijem.

Pri MAG, TIG in plazemskem varjenju vse strženske žice zadostujejo kriterijem glede vsebnosti vodika.

Dodajni materiali s polnilom ali oblogo imajo dodaten vir, ki lahko pobere vlago. Kategorije dodajnih materialov, ki lahko zagotovijo zadostno nizko vsebnost vodika so navedene v spodnji tabeli. Te informacije služijo kot osnovno vodilo pri izbiri dodajnih materialov. Informacije glede vsebnosti vodika pri posameznem dodajnem materialu lahko dobite direktno pri proizvajalcu.

Dodajni materiali z dovolj nizkim deležem vodika za varjenje jekel Toolox

Nelegirani in legirani dodajni materiali	Vrsta dodajnih materialov
Stržne žice (varjenje po postopku MAG in TIG)	Vse vrste
Polnjena žica(MAG)	Osnovne in rutilne varjante
Kovinska žica MAG)	Nekatere vrste. Glej informacijski list za dodatne materiale.
Dodajni materiali za MMA	Osnovne varjante
Dodajni materiali za SAW	Osnovne polnjene/strženske kombinacije

Dodajni materiali za varjenje, EN kategorija

	MMA	SAW (solid wire/- flux combinations)	MAG (solid wire)	MAG (all types of tubular cored wires)	TIG
900	EN ISO 18275 (-A) E 89X	EN ISO 26304 (-A) S 89X	EN ISO 16834 (-A) G 89X	EN ISO 18276 (-A) T 89X	EN ISO 16834 (-A) W 89X
800	EN ISO 18275 (-A) E 79X	EN ISO 26304 (-A) S 79X	EN ISO 16834 (-A) G 79X	EN ISO 18276 (-A) T 79X	EN ISO 16834 (-A) W 79X
700	EN ISO 18275 (-A) E 69X	EN ISO 26304 (-A) S 69X	EN ISO 16834 (-A) G 69X	EN ISO 18276 (-A) T 69X	EN ISO 16834 (-A) W 69X
600	EN ISO 18275 (-A) E 62X	EN ISO 26304 (-A) S 62X	EN ISO 16834 (-A) G 62X	EN ISO 18276 (-A) T 62X	EN ISO 16834 (-A) W 62X
500	EN ISO 18275 (-A) E 55X	EN ISO 26304 (-A) S 55 X	EN ISO 16834 (-A) G 55 X	EN ISO 18276 (-A) T 55X	EN ISO 16834 (-A) W 55X
	EN ISO 2560 E 50X	EN ISO 14171 (-A) S 50X	EN ISO 14341 (-A) G 50X	EN ISO 17632 (-A) T 50X	EN ISO 636 (-A) W 50X
400	EN ISO 2560 E 46X	EN ISO 14171 (-A) S 46X	EN ISO 14341 (-A) G 46X	EN ISO 17632 (-A) T 46X	EN ISO 636 (-A) W 46X
	EN ISO 2560 E 42X	EN ISO 14171 (-A) S 42X	EN ISO 14341 (-A) G 42X	EN ISO 17632 (-A) T 42X	EN ISO 636 (-A) W 42X

Dodajni materiali za varjenje, AWS kategorija

	MMA	SAW (strženska žica/ polnjena kombinacija)	MAG (strženska žica)	MAG	MAG (kovinska žica za varjenje)	TIG
900						
800	AWS A5.5 E120X	AWS A5.23 F12X	AWS A5.28 ER120S-X	AWS A5.29 E12XT-X	AWS A5.28 E120C-X	AWS A5.28 ER120X
700	AWS A5.5 E110X	AWS A5.23 F11X	AWS A5.28 ER110S-X	AWS A5.29 E11XT-X	AWS A5.28 E110C-X	AWS A5.28 ER110X
600	AWS A5.5 E100X	AWS A5.23 F10X	AWS A5.28 ER100S-X	AWS A5.29 E10XT-X	AWS A5.28 E100C-X	AWS A5.28 ER100X
500	AWS A5.5 E90X	AWS A5.23 F9X	AWS A5.28 ER90S-X	AWS A5.29 E9XT-X	AWS A5.28 E90C-X	AWS A5.28 ER90X
	AWS A5.5 E80X	AWS A5.23 F8X	AWS A5.28 ER80S-X	AWS A5.29 E8XT-X	AWS A5.28 E80C-X	AWS A5.28 ER80X
400	AWS A5.5 E70X	AWS A5.23 F7X	AWS A5.28 ER70S-X	AWS A5.29 E7XT-X	AWS A5.28 E70C-X	AWS A5.28 ER70X

ZAŠČITNI PLIN

Pri varilnih metodah, ki vključujejo zaščitni plin, je izbira in dejanska mešanica plinov odvisna od specifične varilne situacije. Najpogosteje se uporablja mešanica Argona (Ar) in ogljikovega dioksida (CO₂).

Pri varilnih situacijah z zaščitnim plinom je dotok le tega odvisen od specifične varilne situacije. Prenizek dotok plina lahko vodi do nezadostne zaščite zvara. Previsok dotok plina pa lahko postane turbulenten in s tem škoduje plinski zaščiti. Generalno vodilo je, da naj ima dotok zaščitnega plina v enoti l/min isto vrednost, kot notranji premer varilne šobe v mm.

Učinki različnih mešanic zaščitnih plinov

- Manj stabilen varilni obok
- Zmanjšano škropljenje
- Manj oksidov

Ar (nedejavni plin)

Ar/CO₂

(aktivni plin) CO₂

- Stabilen varilni obok
- Nizka poroznost
- Več škropljenja in mašenja varilne šobe
- Visoka penetracija varjenega materiala

Primeri mešanic zaščitnih plinov

Metoda varjenja	Vrsta varilnega obloka	Pozicija	Zaščitni plin
MAG, strženska žica	Kratek oblok	Vse pozicije	18-25% CO ₂ ostalo Ar
MAG, kovinska žica	Kratek oblok	Vse pozicije	18-25% CO ₂ ostalo Ar
MAG, strženska žica	Razpršen oblok	Vodoravno (PA, PB, PC)	15-20% CO ₂ ostalo Ar
MAG, FCAW	Razpršen oblok	Vse pozicije	15-20% CO ₂ ostalo Ar
MAG, MCAW	Razpršen oblok	Vodoravno (PA, PB, PC)	15-20% CO ₂ ostalo Ar
Robotsko in avtomatsko MAG	Razpršen oblok	Vodoravno (PA, PB, PC)	8-18% CO ₂ ostalo Ar
TIG	Razpršen oblok	Vse pozicije	100% Ar

DODAJANJE TOPLOTE

Dodajanje toplote pri varjenju označuje podatek koliko energije je dodano v spoj. Raven vnesene toplote ima vpliv na mehanske lastnosti spoja. Koliko toplote je vnešene je odvisno od izbrane metode varjenja, stopnje toka in napetosti in hitrosti pri varjenju.

Med varjenjem se energija v varilnem oboku izgublja. Faktor izkoristka toplote nam pove koliko energije je dejansko preneseno v spoj. Različne metode varjenja imajo različne izkoristke toplote kot prikazuje tabela. Tabela prikazuje približne vrednosti izkoristka toplote pri različnih metodah varjenja in kako izračunamo vnos toplote.

Vnos toplote lahko zračunamo tudi s spodnjo formulo

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

Q = vnos toplote [kJ/mm]

U = napetost [V]

I = tok [A]

v = hitrost varjenje [mm/min],

k = toplotna učinkovitost
(brez merske enote)

Metoda varjenja	Toplotna učinkovitost [brez merske enote]
MMA	0.8
MAG, vse vrste	0.8
SAW	1.0
TIG	0.6

Splošni učinki vnosa toplote na spoj

- Boljša žilavost
- Povečana trdnost
- Manj deformacij
- Manj odvečnih obremenitev
- Ožja cona toplotnega vpliva

Zmanjšan vnos toplote

Povečan vnos toplote

- Višja produktivnost pri običajnih varilnih metodah



Preprečitev vodikovih razpok

Med varjenjem lahko vodikove razpoke nastanejo pri vseh vrstah jekel vendar ta dokument obravnava predvsem razpoke pri zelo trdih jeklih, kot so jekla Toolox. Možnost za nastanek vodikovih razpok se znatno zmanjša ob upoštevanju priporočil iz tega dokumenta.

Z vidika jekla je odpornost odvisna od kemijske sestave jekla. Na splošno velja, da nižja kot je vsebnost legirnih dodatkov v jeklu bolj je odporno na vodikove razpoke. Večje količine legirnih dodatkov so jeklu dodane iz naslednjih razlogov:

- povečanje trdote in trdnosti jekla,
- zagotovitev enotnih mehanskih lastnosti po celotni debelini plošče.

Vpliv legiranih dodatkov je možno izraziti kot ogljikov ekvivalent za jeklo. Ogljikov ekvivalent je običajno izražen v obliki CET ali CEV kot prikazujejo spodnje enačbe. Nižji kot je ogljikov ekvivalent, bolj je jeklo odporno na vodikove razpoke.

Tipične in maksimalne vrednosti ogljikovih ekvivalentov so navedene v informativnem listu za vsako kvaliteto jekla Toolox in so odvisne tudi od debeline plošče oziroma premera palice. Vendar ni potrebe po tem, da se izračuna ogljikov ekvivalent za sledenje priporočilom iz tega dokumenta.

V naslednji tabelah so primerjana jekla Toolox z drugimi pogosto uporabljanimi jekli z vidika ogljikovega ekvivalenta.

Jekla Toolox imajo znatno nižjo vrednost ogljikovega ekvivalenta v primerjavi z drugimi jekli, ki se uporabljajo v orodjarstvu in v strojogradnji in imajo primerljivo stopnjo trdote. To pomeni, da so jekla Toolox bistveno lažje varljiva kot druga primerljiva jekla.

Ogljikovi ekvivalenti za Toolox[®] 33 v povezavi z drugimi orodnimi jekli s podobno trdoto

Jeklo	CET [%], tipične vrednosti	CEV [%], tipične vrednosti
Toolox [®] 33	0.38–0.42	0.63–0.71
AISI: 4140 / EN: 42CrMo4	1.13	1.27
AISI: 4340 / EN: 34CrNiMo6	0.58	0.85
AISI: 1045 / EN: C45	0.52	0.57

Ogljikovi ekvivalenti za Toolox[®] 44 v povezavi z drugimi orodnimi jekli s podobno trdoto

Jeklo	CET [%], tipične vrednosti	CEV [%], tipične vrednosti
Toolox [®] 44	0.57	0.96
AISI: H13 / EN: 1.2344	0.83	1.98

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

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

Dve pravili za preprečitev nastanka vodikovih razpok:

1. Zmanjšanje količine vodika v spoju in okoli njega:

- Kadar je potrebno predgrevalite spoj
- Uporabite dodatne materiala, ki imajo zadostno nizko vsebnost vodika kot priporoča proizvajalec SSAB
- Odstranite nečistoče iz območja varjenja

2. Ohranjanje stopnje obremenitve pri spoju in okoli njega na zadostno nizki ravni:

- Pripravite spoj z majhno minimalno širino razpoke
- Uravnajte sekvenco varjenja tako, da so odvečne obremenitve kar se da majhne
- Ne uporabljajte dodatnih materialov z višjo trdnostjo kot je potrebno.

Geometrija zvara

Kadar varimo jeklo Toolox po sredinskem delu debeline plošče je priporočljivo, da pri debelinah nad 25mm uporabimo asimetrični zvar. Tak zvar bo zagotovil dodatno odpornost na vodikove razpoke in sicer iz naslednjih razlogov:

- Sredinski del plošče lahko do neke mere vsebuje kemijske elemente, ki spodbujajo nastanek takšnih razpok. Večja kot je debelina plošče oziroma premer palice bolj izrazit je ta problem.
- Korenski varek je bolj občutljiv na vodikove razpoke.

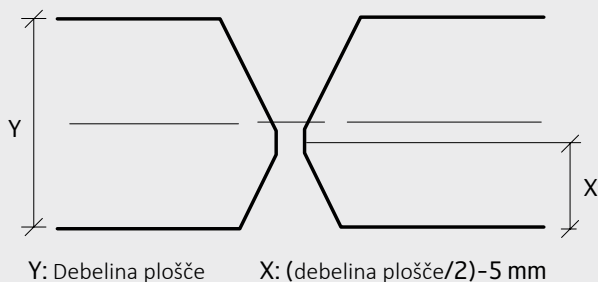
Velik razmak na korenski strani spoja pripomore k višji koncentraciji obremenitev kar zmanjša odpornost na vodikove razpoke. Proizvajalec SSAB priporoča, da je velikost korenske strani spoja ni večja od 3 mm saj tako lahko učinkovito zmanjšamo koncentracijo obremenitev.

Sekvenca varjenja

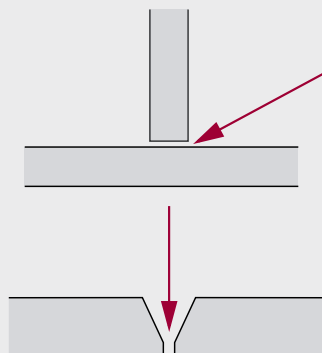
Optimalno je, da je začetek in konec sekvence varjenja približno 50 – 100 mm stran od kotov spoja saj se s tem izognemo prevelikim obremenitvam v spoju.

Spoji pri debelini plošč nad 25 mm

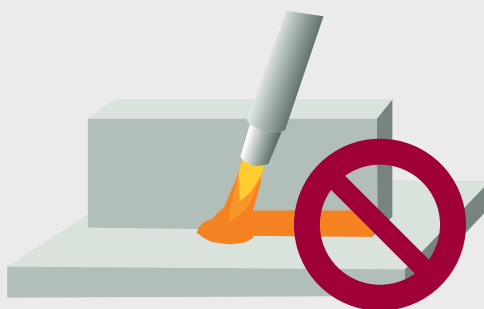
Asimetrični spoj: najbolje je, da je sredinski del spoja približno 5 mm od sredine debeline plošče.



Največji razmik 3 mm



Sekvenca varjenja



Priporočila glede predgrevanja

Pogosto je potrebno predgrevanje zato, da se zmanjšamo tveganje za nastanek vodikovih razpok. Predgrevanje omogoča hitrejši pretok vodika ven iz spoja. Bistveno je, da upoštevamo zahtevane temperature predgrevanja in da je postopek pravilno izveden. Bistveno je, da predgrejemo tudi spenjalne zware, kadar je to potrebno. Optimalno je, da je vsak izmed spenjalnih zvarov vsaj 50mm dolg. V primeru krajših spenjalnih zvarov je priporočljivo, da se za dodatne informacije obrnete na proizvajalca SSAB.

Potreba po predgrevanju se razlikuje glede na to ali varimo z nelegiranimi in nizko legiranimi dodatnimi ali varimo z nerjavnimi dodatnimi materiali.

- Kadar je spoj sestavljen iz plošč različnih debelin, določa debelejša plošča minimalno zahtevano temperaturo predgrevanja.
- Kadar varimo jeklo Toolox z drugo vrsto jekla, določa temperaturo predgrevanja tisto jeklo, ki zahteva višjo temperaturo.
- Kadar spodnja tabela navaja, da predgrevanje ni potrebno, ni potrebno predgrevanje pri vnosu toplote v razponu 1.0 – 1.6 kJ/mm.

Zahtevano temperaturo predgrevanja lahko dosežemo na več načinov. Grelna peč ali električni grelnik sta pogosto najboljša izbira saj enakomerno ogrejeta določeno območje. Priporočeno je, da temperaturo spremljate s pirometrom ali s kontaktnim termometrom.

Zahtevani temperaturi predgrevanja navedeni v spodnji tabeli dodajte 25°C v vseh naslednjih situacijah:

- Za vnos toplote v razponu 1.0 – 1.6 kJ/mm: ko je minimalna zahtevana temperatura predgrevanja višja od sobne temperature.
- Za spoje z veliko omejitvami.

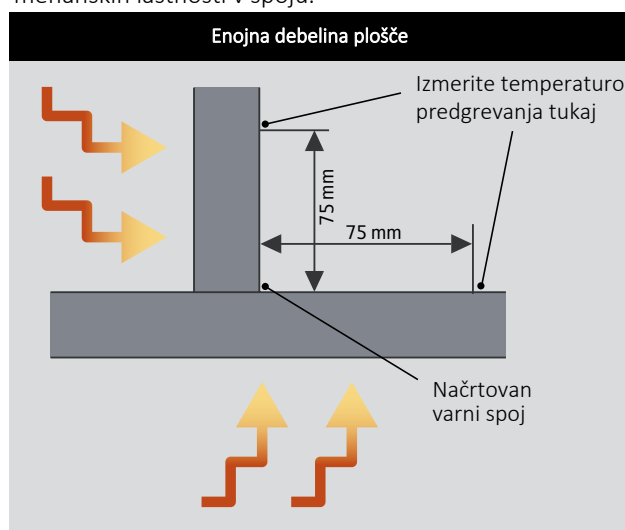
Zahtevano temperaturo predgrevanja lahko dosežemo na več načinov. Grelna peč ali električni grelnik sta pogosto najboljša izbira saj enakomerno ogrejeta določeno območje. Priporočeno je, da temperaturo spremljate s pirometrom ali s kontaktnim termometrom.

- Za temperature pod +5°C v okolici ali v samem materialu

- Kadar varjenje poteka v zelo vlažnem podnebju. Če je pri varjenju istočasno prisotnih več kot ena izmed navedenih okoliščin se obrnite na proizvajalca SSAB za dodatne informacije.

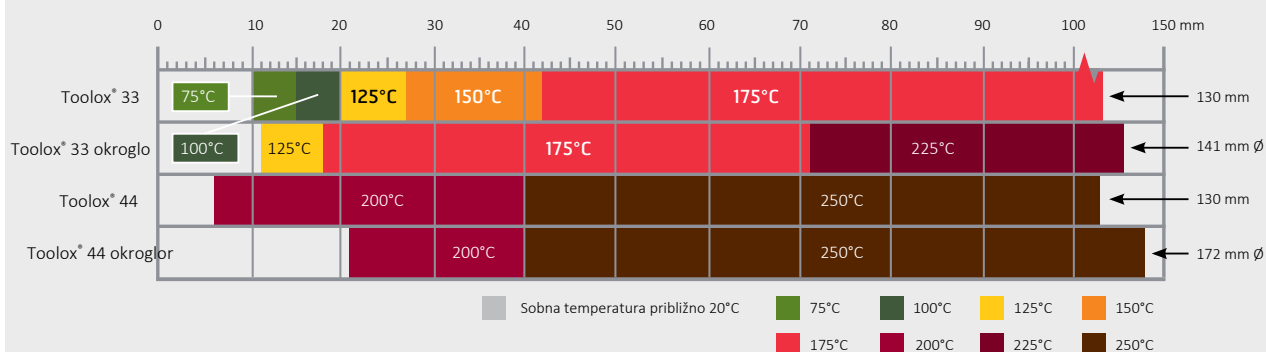
Minimalno temperaturo predgrevanja za varjenje z dodajanjem toplote < 1.0 kJ/mm lahko izračunamo z aplikacijo WeldCalc, ki jo je razvil proizvajalec SSAB.

Najvišja temperatura predgrevanja je +580°C za vse vrste varilnih postopkov in velja za vse vrste jekel Toolox. Ta temperatura je določena za zagotovitev ugodnih mehanskih lastnosti v spoju.



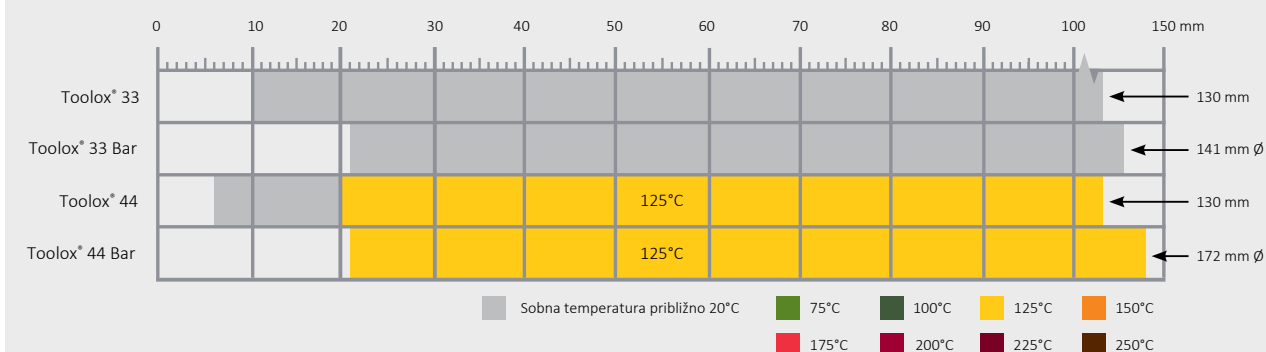
Izmerite temperaturo najdebelejše plošče v spoju. Pri merjenju temperature predgrevanja je potrebno počakati najmanj 2min/25 mm debeline. Minimalno temperaturo predgrevanja je potrebno pridobiti na območju 75+75mm od nameravanega varnega spoja.

Nelegirani in nizkolegirani dodatni materiali – minimalne temperature predgrevanja [°C]



*The tables are applicable to single plate thickness when welding with a heat input of 1,7 kJ/mm or more. For plate thicknesses not represented in the diagrams, contact SSAB for further information. If nothing else mentioned unalloyed and low-alloyed consumables apply.

Nerjavni dodatni materiali - najmanjša temperatura predgrevanja [°C]



*Tabele so uporabne v primerih enojnih plošč kadar je vnos toplote 1,7 kJ/mm ali višji. Za debeline plošč, ki niso vključene v tabelah, se obrnite za več informacij na proizvajalca SSAB.

VARJENJE NA PLOŠČE ZAŠČITENE S TEMELJNO BARVO

Jeklo Toolox je zaščiteno s temeljno barvo, ki preprečuje rjavenje. Varimo lahko direktno na temeljno barvo saj ima le-ta nizko vsebnost cinka. Temeljno barvo z lahko zbrusimo na območju spoja. Odstranitev temeljne barve zmanjša poroznost varjenega materiala in omogoča varjenje v drugih položajih, ne samo v horizontalnem. Če temeljne barve ne odstranimo, bo poroznost večja. Najnižjo stopnjo poroznosti dosežemo tako pri MAG postopku varjenja z polnjeno žico in z MMA postopkom varjenja. Pri varjenju je vedno ključno, da je zagotovljena dobra ventilacija saj se s tem izognemo škodljivim učinkom za varilca in njegovo okolico. Nadaljnje informacije na to temo so voljo v dokumentu TechSupport št. 25.

Jeklo	Zadržana temperatura [°C]	Stopnja hlajenja in segrevanja [°C/h]	Zadrževalni čas [min/mm*]	Primeren čas za zadržanje temperature[h]
Toolox® 33	550–590	100	2	1–6
Toolox® 44	540–580	100	2	1–6

*Debelina enojne plošče ali min/mm premera

KLASIFIKACIJE MATERIALOV PO EVROPSKI NORMI EN 15608

Ko preverjamo klasifikacije za izbiro pravega postopka varjenja nam je v pomoč podatek, da vsa jekla Toolox v vseh debelinah sodijo v skupino materiala 3.2.

VARJENJE JEKLA TOOLOX Z DRUGIMI VRSTAMI JEKLA

Ko jekla Toolox varimo z drugimi vrstami jekel je potrebno zagotoviti varilne pogoje, ki ustrezajo vsem jeklom v spoju.

Za doseg najboljših rezultatov je temeljno barvo mogoče odstraniti.



Priporočila za toplotni razrez



Nizka vsebnost legimentov v jeklih Toolox prispeva k ugodnim lastnostim pri toplotnem razrezu, kot je na primer odpornost na vodikove razpoke. V tem oziru je vpliv legimentov v jeklu podoben pri varjenju in pri toplotnem razrezu.

Značilno visoka žilavost jekla Toolox dodatno znižuje tveganje za nastanek defektov med toplotnim razrezom. V praksi to pomeni, da pri proizvodnji nismo omejeni samo na kvadratne oblike, ampak lahko na zelo produktiven način proizvedemo tudi druge oblike brez potrebe po obsežni dodatni obdelavi.

Pri obdelavi vseh jekel Toolox lahko uporabljamo vse vrste toplotnega razreza. Termalni razrez lahko izvajamo z istimi procesi in parametri kot pri konstrukcijskih jeklih s sledečimi izjemami:

- Pri plazemskem in avtogenem razrezu se moram poslužiti ukrepov s katerimi preprečimo nastanek vodikovih razpok okoli reza. Pri plazemskem razrezu kot plin uporabljamo samo kisik in s tem zagotovimo najvišjo možno kvaliteto reza. Če uporabljamo sekundarni plin je pri izbiri le tega potrebno upoštevati manj restrikcij pri njegovi kemijski sestavi. Najpogosteje se uporablja zrak ali čisti kisik.
- Priporočljivo je pogrevanje rezanega roba saj s tem zagotovimo optimalne obdelovalne lastnosti robu. Pogrevanje je priporočljivo po avtogenem razrezu, pri plazemskem in laserskem razrezu pa običajno ni potrebno.

Bistveni razlogi za pojav vodikovih razpok pri toplotnem razrezu so isti kot pri varjenju. To pomeni, da se vodikove razpoke pojavijo kadar so istočasno izpolnjeni trije pogoji:

- lomljiva mikrostruktura v območju toplotnega vpliva,
- previsoka odvečna obremenitev pri rezanem robu in v njegovi okolici,
- prisotnost vodika v jeklu. Ta težave je predvsem posledica kemične sestave jekla. Vendar lahko z različnimi ukrepi znižamo raven vodika v coni toplotnega vpliva.

V nadaljevanju bodo predstavljeni ukrepi za zmanjšanje tveganja za pojav vodikovih razpok in za optimiziranje obdelovalnosti jekla, ki ga nameravamo rezati z avtogenim ali plazemskim razrezom. Ukrepi so izpisani v vrstnem redu v katerem jih je potrebno izvesti:

- 1. Predgrevanje rezanega roba in območja v bližini.**
Ta postopek je potrebe, da dosežemo višjo odpornost na vodikove razpoke saj to omogoča premike vodika stran iz cone toplotnega vpliva.
- 2. Izvedba toplotnega razreza.**
- 3. Pogrevanje rezanega roba in bližnjega območja.**
- 4. Hlajenje na zraku, da deli dosežejo sobno temperaturo.**
- 5. Ocena kvalitete razreza.**

Namen ukrepov 1, 3 in 4 je povečati odpornost na vodikove razpoke. Razlog je, da ti ukrepi omogočajo vodik, da se umakne iz cone toplotnega vpliva.

Laserski razrez lahko izvedemo brez predgrevanja, saj se ni potrebno izogibati vodikovim razpokam in bi predgrevanje zgolj znižalo kvaliteto rezanega roba.

Predgrevanje

Predgrevanje materiala pri rezanem robu in okoli njega je potrebno, da se izognemo vodikovim razpokam. Najpogostejše v ta namen uporabljamo naslednje metode:

- Heating in a furnace
- Applying preheating torches
- Using electrical mats

Najnižje in najvišje priporočene temperature predgrevanja so navedene v spodnji tabeli.

Običajno je najbolje, da predgrevamo material v pečici saj tako enotno ogrejemo celotno komponento. Kadar za predgrevanje uporabljamo gorilnike je pomembno, da jih imamo ves čas v enakomernem gibanju, da ne presežemo maksimalne priporočene temperature za jekla Toolox.

Minimalni čas držanja je določen s časom potrebnim za segrevanje nasprotne strani, da dosežemo zahtevano temperaturo predgrevanja. Primer dobre prakse je da obdelovanec grejemo preko noči in nato pričnemo z rezalno operacijo zjutraj. Prepričajte se, da obdelovanec na nobeni strani ne preseže maksimalne priporočene temperature za predgrevanje.

Pogrevanje

Podobno kot predgrevanje, tudi pogrevanje omogoča umik vodika iz cone toplotnega vpliva. Zatorej je potrebno pogrevanje izvesti čimprej po zaključku razreza oziroma med začetkom razreza in med začetkom pogrevanja ne sme miniti več kot 60 minut. Optimalno je, da pogrevamo s pečjo saj na ta način najlažje kontroliramo temperaturo obdelovanca.

Zvišane temperature naj bodo v skladu s spodnjo tabelo.

Čas vpijanja naj bo najmanj 5 minut na milimeter debeline oziroma najmanj 60 minut. Čas vpijanja se šteje od takrat, ko srednji del doseže željeno temperaturo. Običajno zadoščata 2 uri časa za vpijanje.

Ocenjevanje izvedbe razreza

Določite proces po gretju glede na izmerjeno trdoto temeljnega materiala in glede na trdoto cone toplotnega vpliva. Bazni material ne sme pokazati nikakršnih znakov poslabšanja trdote. Cona vpliva toplote naj bi imela enako, ali skoraj enako trdoto kot material brez vpliva toplote.

BRUŠENJE ROBOV PO AVTOGENEM RAZREZU

Za dodatno zmanjšanje tveganja za nastanek vodikovih razpok in omejevanja vpliva napetosti se lahko po avtogenem razrezu nastale robove zbrusi. V tem primeru je potrebno zbrusiti 10mm od rezanega robu, da dosežemo material, ki ga ni dosegel vpliv toplote. Optimalno je, da se robove brusi čimprej po toplotnem razrezu.

OBDELAVA Z ABRAZIVNIM VODNIM CURKOM

Obdelava z abrazivnim vodnim curkom predstavlja alternativo toplotnemu razrezu. Takšen način obdelave lahko prinese zelo dobre rezultate, saj pri tem ni uporabljene nobene toplote in je tako tveganje za nastanek vodikovih razpok zelo majhno. Jeklo Toolox lahko obdelujemo z abrazivnim vodnim curkom z istimi parametri kot jih uporabljamo za razrez konstrukcijskega jekla. Predgrevanje in pogrevanje pri tej vrsti obdelave ni potrebno.

	Predgrevanje		Pogrevanje
Jeklo	Min. temperatura predgrevanja [°C]	Max temperatura pogrevanja [°C]	Temperaturni interval za pogrevanje [°C]
Toolox® 33	150	580	560–580
Toolox® 44	225	580	560–580

SSAB je nordijsko-ameriško jeklarsko podjetje. SSAB ponuja izdelke z dodano vrednostjo in storitve razvite v tesnem sodelovanju s strankami z namenom ustvariti trdnejši, lažji in bolj trajnostni svet. SSAB zaposluje ljudi v več kot 50 državah. SSAB ima proizvodnje obrate na Švedskem, na Finskem in v Združenih državah Amerike. SSAB je naveden na Nasdaq Nordic Exchange v Stockholmu in sekundarno na Nasdaq OMX Helsinki.

 @tooloxofficial  @toolox  Toolox

SSAB
P.O. Box 70
SE-101 21 Stockholm
Švedska

Email: contact@ssab.com
toolox.com

Distributer jekel Toolox za Slovenijo:
Damatech d.o.o.
Cesta Franceta Prešerna 63
SI-4270 Jesenice

Telefon: 05 923 55 00
Email: sales@damatech.com