

Recomendações de soldagem e corte para Toolox[®]





Recomendações de soldagem e corte para Toolox[®]

AS GRADES DE TOOLOX[®] SÃO AÇOS FERRAMENTA E DE ENGENHARIA PROJETADOS PARA CARACTERÍSTICAS FAVORÁVEIS DE SOLDABILIDADE E CORTE.

As seguintes recomendações de soldagem e corte são apresentadas a fim de dar total suporte ao pleno potencial de estruturas soldadas em Toolox[®]. Para todos os tipos de aços ferramenta e de engenharia o nível de requisitos aumenta com o aumento da dureza do aço. Isto significa, por exemplo, que o Toolox[®] 44 é totalmente soldável, mas é necessário seguir rigorosamente as nossas recomendações.

Qualquer método convencional de solda e corte pode ser usado para estes aços e eles podem ser soldados a outros tipos de aços soldáveis.

O Toolox[®] está disponível tanto em chapas quanto barras redondas. Todos os formatos de produtos destes aços são abordados neste contexto. Fazemos referência aos nossos documentos TechSupports e do WeldCalc[™] que oferecem mais informações sobre um determinado tópico. Cada documento TechSupport aborda mais informações em uma determinada área, tais como consumíveis apropriados para solda de Toolox[®].

O software WeldCalc permite aos usuários otimizar ainda mais o desempenho de solda em relação a uma determinada situação de soldagem.

Os documentos TechSupport podem ser encontrados em www.ssab.com/downloads.

Uma licença de usuário para o WeldCalc pode ser obtida através do cadastro na mesma página inicial. Tanto os documentos TechSupport como o WeldCalc são gratuitos.



Recomendações de soldagem

PREPARAÇÃO DE JUNTAS

A preparação das juntas pode ser feita utilizando todos os métodos convencionais, como o corte térmico, a usinagem e pontas montadas. Se o corte térmico for aplicado, surgirá uma fina camada oxidada ou nitretada de até 0,2 mm de espessura, aproximadamente. Esta camada deve ser removida antes de soldar, geralmente através de esmerilhamento. As recomendações para corte térmico são especificadas em um capítulo separado.

Além disso, guilhotina e puncionadeira são alternativas viáveis para espessuras de chapa de até cerca de 10 mm.

Antes de cada passe de solda, é essencial que a área de preparação de juntas seja limpa para evitar contaminações como umidade, graxa, ferrugem e óleo.

ESCOLHA DOS CONSUMÍVEIS DE SOLDAGEM

Os consumíveis tipo inoxidável, não ligados e de baixa liga são considerados adequados. Para estruturas soldadas submetidas a tensões moderadas, os tipos inoxidáveis tipicamente possuem as melhores propriedades e são geralmente preferíveis nestes casos. Isto se aplica especialmente na solda do Toolox® 44.

Para estruturas onde as juntas são expostas a cargas de alta tensão, consumíveis de baixa liga são a melhor opção.

Os aspectos essenciais ao selecionar consumíveis de soldagem podem ser encontrados abaixo. Além disso, o documento TechSupport n° 60 aborda exemplos de diferentes marcas de consumíveis, além de fornecer informações mais detalhadas sobre a seleção de consumíveis.

Consumíveis inoxidáveis

Todos os aços Toolox® podem ser soldados usando consumíveis de soldagem de aço austenítico inoxidáveis tipo AWS 307 ou AWS 309. Estas designações da classificação são válidas para consumíveis de todos os métodos convencionais de soldadura.

Após a soldagem, obtém-se uma resistência ainda maior contra trincas por hidrogênio na junta, em relação aos consumíveis não ligados e de baixa liga. A microestrutura de todo o metal da solda normalmente resulta em alta tenacidade, em que seu limite de elasticidade aproximado é de 500 MPa. Devido à alta resistência às trincas por hidrogênio, nenhuma limitação se aplica ao seu teor de hidrogênio.

Outros benefícios importantes da solda com este tipo de consumível de soldagem são:

- As temperaturas de pré-aquecimento/interpasse, ou seja, temperaturas acima de 20°C na junta, assim como no ar ao redor, podem ser evitadas para todos os produtos em Toolox® 33. O Toolox® 44 deve ser soldado com pré-aquecimento de acordo com a tabela abaixo.
- As operações de soldagem podem ser executadas para a solda com outros tipos de aços além dos tipos não ligados e baixa liga, tais como:
 - Aços inoxidáveis
 - Aços manganês (aço Hadfield)

Neste caso, aplique condições da solda que atendam tanto a classe do Toolox® quanto ao outro tipo de aço a ser soldado.

A preferência é dada para consumíveis de acordo com o tipo AWS 307. A principal diferença entre eles é que a resistência a trincas a quente é um pouco maior ao usar consumíveis do tipo AWS 307 em comparação com o tipo AWS 309.

Desvantagens em relação ao consumível inoxidável mencionado podem ser:

- Oxicorte em juntas soldadas não pode ser realizado. No entanto, cortes a plasma e a laser são viáveis neste caso. Se o oxicorte for solicitado nesta situação, aplique consumíveis de soldagem não ligados ou de baixa liga. O metal de solda produzido por esses consumíveis mencionados pode ser cortado utilizando todos os métodos de corte térmico.
- Os consumíveis de soldagem são mais caros em comparação com as versões não ligados e de baixa liga.

Consumíveis de soldagem não ligados e de baixa liga

Os consumíveis não ligados e de baixa liga devem satisfazer os critérios de resistência especificados, e o teor de hidrogênio deve ser suficientemente baixo.

Consumíveis adequados estão disponíveis com uma ampla variedade de resistências. Na maioria das aplicações, isso significa classes com limites de elasticidade em todo o metal de solda de até 930 MPa, aproximadamente.

A aplicação de um consumível de soldagem de baixa resistência com limites de elasticidade aproximados de 500 MPa pode apresentar benefícios. Isto se deve a:

- Aumento da resistência a trincas por hidrogênio nas juntas
- Maior tenacidade no metal de adição devido ao consumível de menor resistência

Consumíveis de baixa liga com limites de elasticidade de aproximadamente 930 MPa são viáveis e podem ser aplicados para soldagem do Toolox®. Estes consumíveis podem atingir uma boa tenacidade no metal de adição que pode atender aos requisitos de tenacidade das grades do Toolox®.

Para o máximo de dureza possível no metal de adição, é possível soldar o Toolox® usando consumíveis especialmente projetados para soldagem de aços ferramenta e de engenharia. Estes consumíveis podem atingir índices de dureza muito elevada no metal de adição. No entanto, a tenacidade do metal de adição não é normalmente ponto forte destes produtos. Entre em contato com a SSAB para obter mais informações sobre a seleção desse tipo de consumíveis de soldagem.

Para todos os tipos de consumíveis não ligados e de baixa liga, o conteúdo de hidrogênio é definido em um máximo de 5 ml de hidrogênio/100 g de metal de solda, a fim de evitar trincas por hidrogênio na junta. Há consumíveis de soldagem para todos os métodos da solda que podem atender esta exigência.

Todos os arames sólidos em MAG, TIG e soldagem a plasma podem atender a esses critérios de hidrogênio.

Os consumíveis que utilizam fluxo para solda ou revestimento possuem uma fonte adicional para coleta de umidade. As categorias de consumíveis que podem alcançar níveis suficientemente baixos de hidrogênio estão na tabela abaixo. Esta informação serve como um guia geral para selecionar consumíveis. As informações referentes ao potencial de hidrogênio para um consumível específico podem ser fornecidas pelo respectivo fabricante.

Consumíveis com potencial para atingir o teor de hidrogênio suficientemente baixo para soldagem das grades do Toolox®.

Consumíveis de soldagem não ligados e de baixa liga	Tipo de consumíveis
Arames sólidos (Soldagem MAG e TIG)	Todos os tipos
Arames tubulares fluxcore (MAG)	Variações básicas e de rutilio
Arames tubulares metal cored (MAG)	Determinados tipos. Consulte a ficha técnica para mais informações sobre os consumíveis
Consumíveis para soldagem MMA	Variações básicas
Consumíveis para SAW	Combinações básicas de arames sólidos/tubulares

Consumíveis de soldagem, classe EN

Resistência dos consumíveis recomendados para juntas submetidas a altas tensões	Resistência dos consumíveis recomendados para outros tipos de junta	R _{p0.2} [MPa]				
		MMA	SAW (Combinação de arame sólido e fluxo)	MAG (Arame sólido)	MAG (Todos os tipos de arames tubulares)	TIG
900	800	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
		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	600	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
		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
600	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
500	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

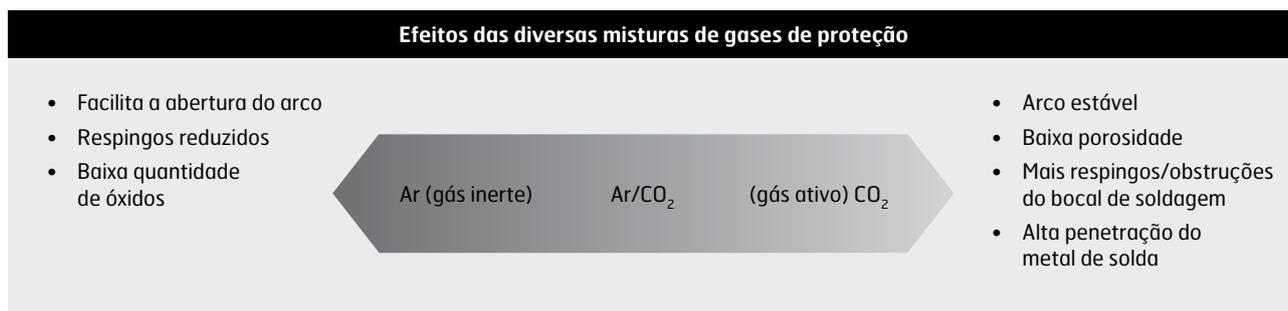
Consumíveis de soldagem, classe AWS

Resistência dos consumíveis recomendados para juntas submetidas a altas tensões	Resistência dos consumíveis recomendados para outros tipos de junta	R _{p0.2} [MPa]					
		MMA	SAW (Combinação de arame sólido e fluxo)	MAG (Arame sólido)	MAG (Aramas tubulares fluxcore)	MAG (Aramas tubulares metal cored)	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
		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
700	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
		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
600	500	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
		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

GÁS DE PROTEÇÃO

Para métodos de solda em que se aplica gás de proteção, a escolha e mistura dos gases depende da situação de soldagem. Misturas de argônio (Ar) e dióxido de carbono (CO₂) são as mais comuns.

Em todos os processos de soldagem que utilizam gás de proteção, o fluxo desse gás depende da situação da solda. Um fluxo de gás muito baixo pode causar proteção de gás insuficiente da fusão. O fluxo de gás excessivo pode tornar-se turbulento, deteriorando assim a proteção do gás. Como regra geral, o fluxo do gás de proteção em l/min deve ser ajustado no mesmo valor que o diâmetro interno do bocal medido em mm.



Exemplos de misturas de gases de proteção

Método de soldagem	Tipo de arco	Posição	Gás de proteção
MAG, arame sólido	Arco curto	Todas as posições	18-25% CO ₂ rest. Ar
MAG, arame tubular	Arco curto	Todas as posições	18-25% CO ₂ rest. Ar
MAG, arame sólido	Arco por spray	Horizontal (PA, PB, PC)	15-20% CO ₂ rest. Ar
FCAW (Flux cored)	Arco por spray	Todas as posições	15-20% CO ₂ rest. Ar
FCAW (Metal Cored)	Arco por spray	Horizontal (PA, PB, PC)	15-20% CO ₂ rest. Ar
MAG robotizada e automatizada	Arco por spray	Horizontal (PA, PB, PC)	8-18% CO ₂ rest. Ar
TIG	Arco por spray	Todas as posições	100% Ar

APORTE TÉRMICO

O aporte térmico, na perspectiva de desempenho de solda, descreve a energia aplicada na junta. O nível de aporte térmico afeta as propriedades mecânicas da junta. O aporte térmico depende do método de solda utilizado, bem como da corrente, tensão e velocidade do processo de solda.

Durante a soldagem, haverá perda de energia no arco elétrico. O fator de eficiência térmica (k) é a parte do aporte térmico transferida para a junta. Os diferentes métodos de soldagem proporcionam fatores de eficiência térmica variáveis conforme abaixo. Veja abaixo os valores aproximados de k e como o aporte térmico é calculado.

Em caso de necessidades especiais de propriedades mecânicas nas juntas soldadas em Toolox®, entre em contato com a SSAB para maiores informações sobre a definição do aporte térmico.

O aporte térmico pode ser calculado usando a fórmula abaixo

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

Q = Aporte térmico [kJ/mm]
U = Tensão [V]
I = Corrente [A]
v = Velocidade de soldagem [mm/min]
k = Eficiência térmica [sem dimensões]

Método de soldagem	Eficiência térmica k [sem dimensões]
MMA	0,8
MAG, todos os tipos	0,8
SAW	1,0
TIG	0,6

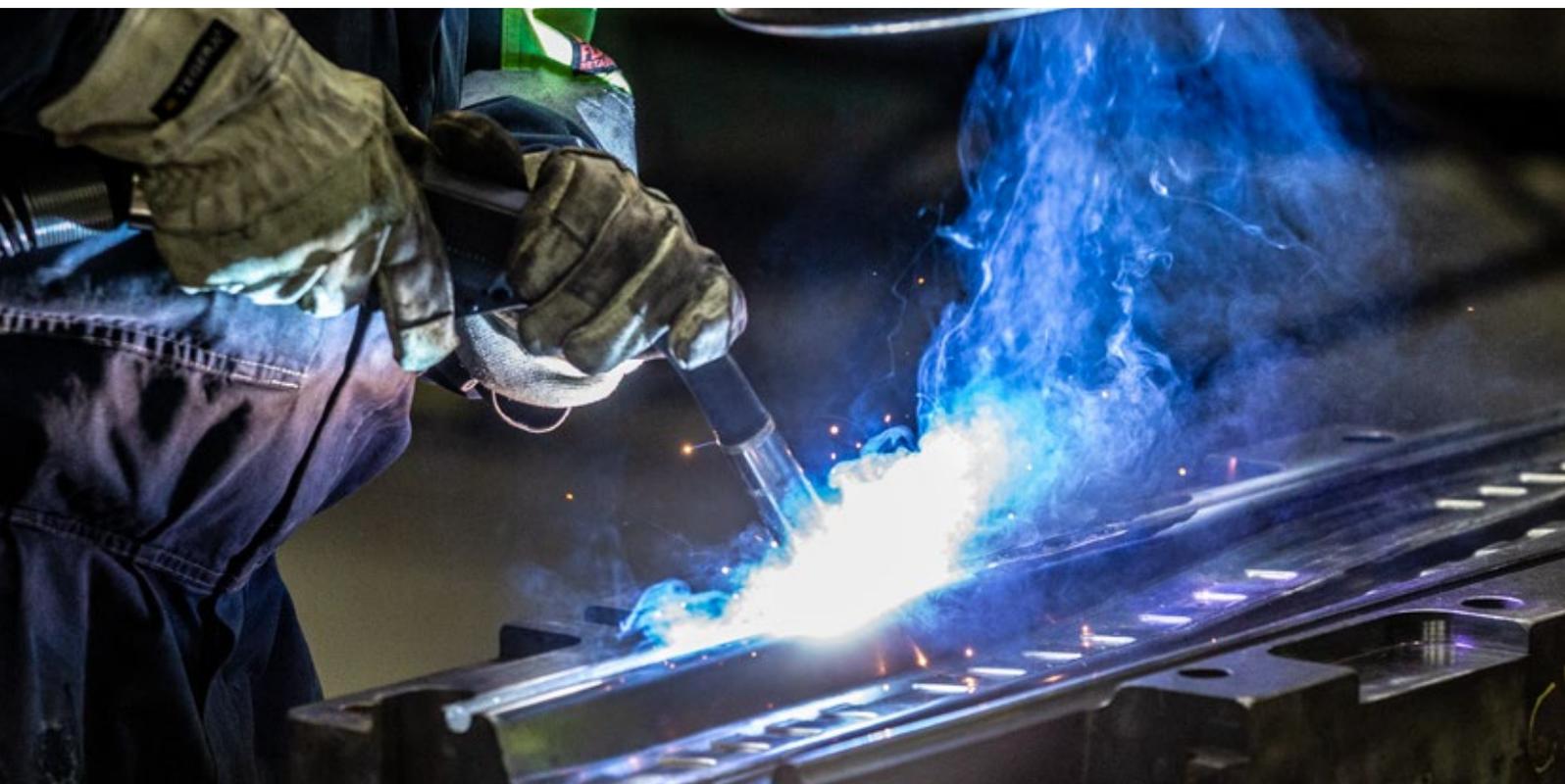
Efeitos gerais do aporte térmico em uma junta soldada

- Melhor tenacidade
- Maior resistência
- Redução da deformação
- Menores tensões residuais
- Menor ZTA

Menor aporte térmico

Maior aporte térmico

- Maior produtividade para métodos de soldagem convencionais



Evitando trincas por hidrogênio

Durante a soldagem, trincas por hidrogênio podem se formar em diferentes tipos de aços, mas elas predominam em todos os tipos de aços de alta resistência, incluindo o Toolox®. O risco desse tipo de trincas é minimizado seguindo as recomendações deste catálogo.

Do ponto de vista do aço, a resistência está relacionada com a composição química do aço. Em geral, quanto menor a quantidade de elementos de ligas, maior é a resistência a trincas por hidrogênio. Aumentar os níveis de elementos de liga é uma forma de alcançar:

- Maior dureza e resistência do aço
- Maior uniformidade de propriedades mecânicas ao longo da espessura da chapa

A influência do conteúdo da liga pode ser expressada pelo carbono equivalente do aço. O valor do carbono equivalente é geralmente apresentado como CEV ou CET de acordo com as equações abaixo. Quanto menor o carbono equivalente, maior a resistência às trincas por hidrogênio no aço.

Os valores típicos e máximos de carbono equivalentes são disponibilizados nas fichas técnicas para cada grade do Toolox®, dependendo igualmente da espessura/diâmetro da chapa e da grade do aço. No entanto, não há necessidade de calcular o carbono equivalente a fim de seguir as nossas recomendações de soldagem apresentadas neste catálogo.

Nas tabelas a seguir, os níveis de carbono equivalente para as grades de Toolox® são comparados com alguns materiais normalmente usados para ferramentas e componentes usinados.

Os aços Toolox® tipicamente têm valores de carbono equivalente substancialmente mais baixos em comparação com outros aços ferramenta e de engenharia com níveis de dureza comparáveis. Conseqüentemente, a soldabilidade geral do Toolox® é significativamente maior em relação a outros aços ferramenta/máquina.

Carbono equivalente para o Toolox® 33 em relação a outros aços ferramenta/máquina com níveis de dureza semelhantes

Aço	CET [%], valores típicos	CEV [%], valores típicos
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

Carbono equivalente para o Toolox® 44 em relação a outros aços ferramenta/máquina com níveis de dureza semelhantes

Aço	CET [%], valores típicos	CEV [%], valores típicos
Toolox® 44	0,57	0,96
AISI: H13 / EN: 1,2344	0,83	1,98

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

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

Duas regras para evitar as trincas por hidrogênio

- 1) Minimizar o conteúdo de hidrogênio na junta e ao redor da mesma:
 - Quando necessário, aplique as temperaturas corretas de pré-aquecimento e interpasse da junta
 - Use consumíveis de soldagem com um teor de hidrogênio suficientemente baixo que esteja de acordo com as recomendações da SSAB
 - Manter a área a ser soldada livre de impurezas

- 2) Minimizar as tensões na junta soldada:
 - Preparar a junta com uma abertura de raiz mínima
 - Organizar as seqüências de soldagem de modo que as tensões residuais sejam minimizadas
 - Não usar consumíveis de soldagem com uma resistência superior à necessária

Geometria da junta

Quando o Toolox® é soldado pela seção central da espessura da chapa, juntas assimétricas são recomendadas para espessuras/diâmetros de chapa acima de 25 mm. Isto confere uma resistência adicional às trincas por hidrogênio para os primeiros passes de raiz. Isto se deve a:

- A parte central da chapa pode, até certo ponto, conter elementos químicos que podem suportar a formação de trincas por hidrogênio. Quanto maior for a espessura da chapa/barra, mais pronunciada será esta questão.
- Os passes de raiz são mais sensíveis às trincas por hidrogênio.

Juntas em chapas de espessuras/diâmetros de até 25 mm podem ser simétricas ou assimétricas.

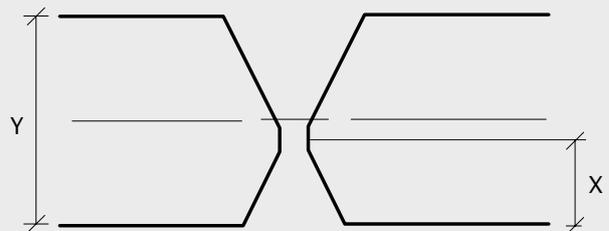
Grandes aberturas de raiz das juntas apresentam maiores concentrações de tensão, que reduzem a resistência a trinca por hidrogênio. A SSAB recomenda que o tamanho da abertura da raiz seja de no máximo 3 mm, a fim de reduzir as concentrações de tensão.

Sequências de soldagem

As sequências de partida e parada da soldagem são preferencialmente feitas a aproximadamente 50 a 100 mm de distância dos cantos de uma junta, a fim de evitar tensões residuais excessivas na mesma.

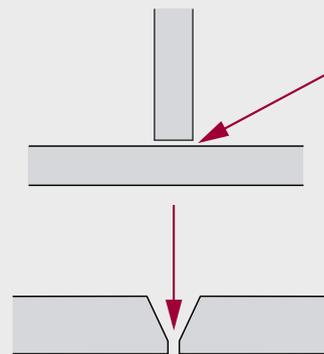
Juntas com espessuras de chapa superiores a 25 mm

Junta assimétrica: O centro da junta é preferencialmente posicionado a aproximadamente 5 mm do centro da espessura da chapa



Y: Espessura da chapa X: $(\text{Espessura da chapa}/2) - 5 \text{ mm}$

Abertura da junta de soldagem máxima 3 mm



Sequências de soldagem



Recomendações de pré-aquecimento

O pré-aquecimento é necessário em muitos casos, a fim de minimizar o risco de trincas por hidrogênio. O pré-aquecimento facilita a saída mais rápida do hidrogênio da junta. É fundamental que as temperaturas de pré-aquecimento solicitadas sejam seguidas e que o procedimento seja realizado de forma precisa. É fundamental que o pré-aquecimento, quando necessário, também seja aplicado em soldas por pontos. Cada uma das soldas por pontos deve ter um comprimento mínimo de 50 mm. Entre em contato com a SSAB para obter mais informações em caso de pedidos por soldas por pontos menores de 50 mm.

A necessidade de pré-aquecimento é diferente entre a soldadura com consumíveis não ligados e de baixa liga em comparação com soldas com consumíveis inoxidáveis.

- Quando uma junta for realizada em espessuras diferentes da chapa/diâmetro da barra na mesma grade de Toolox®, a maior espessura/diâmetro determina as temperaturas mínimas de pré-aquecimento e de interpasse.
- Quando uma grade de Toolox® é soldada a uma grade de aço diferente, a chapa/barra que exige a temperatura mínima de pré-aquecimento e interpasse mais elevada determina essa temperatura.
- Quando nenhum pré-aquecimento for indicado na tabela abaixo, não é necessário pré-aquecimento para aportes térmicos na faixa de 1,0–1,6 kJ/mm.

A temperatura de pré-aquecimento mínima para soldagem com todos os tipos de consumíveis recomendados é aumentada em 25°C em comparação com o diagrama acima nas seguintes situações.

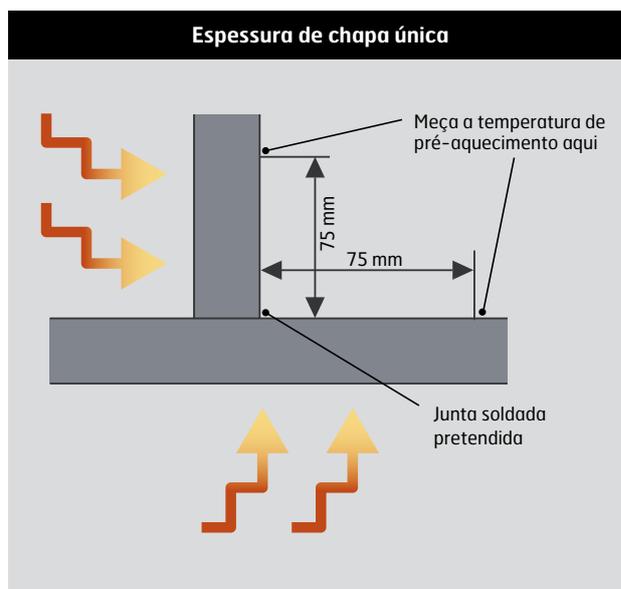
- Para aportes térmicos no intervalo de 1,0-1,6 kJ/mm: Quando as temperaturas mínimas de pré-aquecimento acima da temperatura ambiente estiverem indicadas na tabela acima.
- Para juntas com níveis muito elevados de restrições.
- Para temperaturas inferiores a +5°C no ar ao redor e/ou nas chapas/barras.

- Quando a soldadura é realizada em um clima muito úmido.

Se mais de uma das condições acima estiver presente ao mesmo tempo, entre em contato com a SSAB para maiores informações.

As temperaturas mínimas de pré-aquecimento para solda com entradas de calor < 1,0 kJ/mm podem, por exemplo, ser calculadas utilizando o software WeldCalc desenvolvido pela SSAB ou adotando uma norma pertinente para esta medida.

As temperaturas máximas do pré-aquecimento são de +580°C para todos os tipos de desempenhos da soldadura e aplicam-se a todos os produtos de Toolox®. Estas são especificadas com o propósito de obter propriedades mecânicas vantajosas na junta.

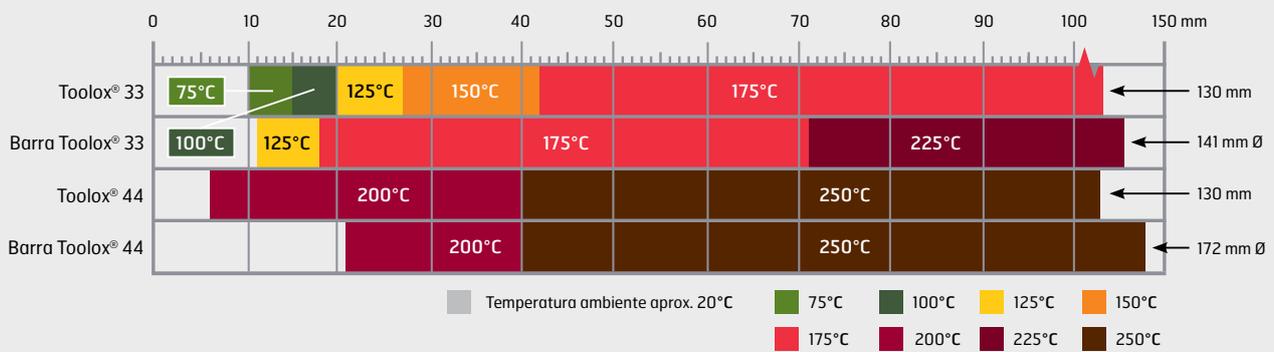


Medir a temperatura da chapa mais grossa na junta. Um tempo de espera mínimo de 2 min/25 mm de espessura devem ser observados antes de medir a temperatura de pré-aquecimento. A temperatura mínima de pré-aquecimento deve ser obtida em uma área de 75 + 75 mm ao redor da junta soldada pretendida.

As temperaturas de pré-aquecimento e de interpasse requeridas podem ser obtidas de várias maneiras. Fornos de aquecimento e aquecedores por resistência elétrica ao redor da junta preparada são normalmente preferidos, pois oferecem um aquecimento uniforme da área. A temperatura deve ser monitorada, por exemplo, através de um pirômetro ou um termômetro de contato.

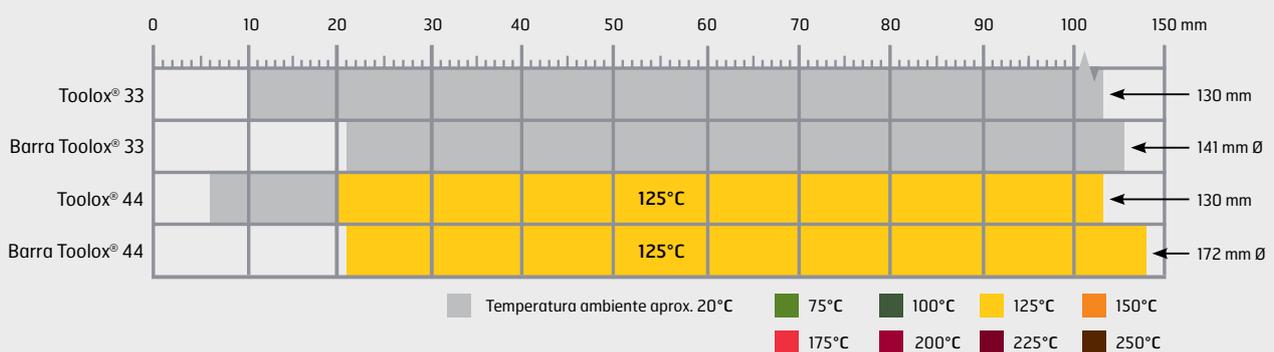


Consumíveis não ligados e de baixa liga - temperaturas mínimas de pré-aquecimento e de interpasse [°C]



*As tabelas se aplicam a espessuras da chapa única ao soldar com um aporte térmico de 1,7 kJ/mm ou mais. Para espessuras de chapa não representadas nos diagramas, favor entrar em contato com a SSAB para mais informações. Se mais nenhuma instrução for dada, consumíveis não ligados e de baixa liga se aplicam.

Consumíveis inoxidáveis - temperaturas mínimas de pré-aquecimento e de interpasse [°C]



*As tabelas se aplicam a espessuras da chapa única ao soldar com um aporte térmico de 1,7 kJ/mm ou mais. Para espessuras de chapa não representadas nos diagramas, favor entrar em contato com a SSAB para mais informações. Se mais nenhuma instrução for dada, consumíveis não ligados e de baixa liga se aplicam.

SOLDA EM CHAPAS COM PRIMER

As grades de Toolox® podem receber um primer que neutraliza a corrosão. A soldagem pode ser feita diretamente sobre o primer devido ao seu baixo teor de zinco. O primer pode ser facilmente removido escovando ou lixando a área ao redor da junta. Remover o primer antes da soldagem pode minimizar a porosidade na solda e facilitar a soldagem em posições diferentes da posição horizontal. Se o primer for deixado na preparação da solda, a porosidade será ligeiramente maior. O processo de soldagem MAG, com tipos básicos de arames tubulares e o processo de soldagem MMA oferecem a menor porosidade. Como em todas as operações de soldagem, deve ser mantida uma boa ventilação para evitar efeitos nocivos ao soldador e na área ao redor. Mais informações podem ser encontradas no documento TechSupport nº 25.

Aço	Temperatura de encharque [°C]	Taxa de aquecimento e arrefecimento [° c/h]	Tempo de encharque [min/mm*]	Tempo adequado na temperatura de encharque [h]
Toolox® 33	550-590	100	2	1-6
Toolox® 44	540-580	100	2	1-6

* Espessura de chapa única ou min/mm do diâmetro

SOLDA EM CHAPAS COM PRIMER

As grades do Toolox® podem receber um primer que neutraliza a corrosão. A soldagem pode ser feita diretamente sobre o primer devido ao seu baixo teor de zinco. O primer pode ser facilmente removido escovando ou lixando a área ao redor da junta. Remover o primer antes da soldagem pode minimizar a porosidade no metal de solda e facilitar a soldagem em posições diferentes da posição horizontal. Se o primer for deixado na preparação da soldagem, a porosidade será ligeiramente maior. O processo de soldagem MAG, com tipos básicos de arames tubulares e o processo de soldagem MMA oferecem a menor porosidade. Como em todas as operações de soldagem, deve ser mantida uma boa ventilação para evitar efeitos nocivos ao soldador e na área ao redor. Mais informações podem ser encontradas no documento Tech-Support nº 25.

GRUPO DE MATERIAIS DE ACORDO COM A NORMA EUROPEIA EN 15608

Ao executar as qualificações do procedimento da soldadura, os agrupamentos de aço de todas as grades de Toolox® que incluem de sua escala completa da espessura da chapa pertencem ao grupo de material 3.2.

SOLDAGEM DO TOOLOX® A OUTROS TIPOS DE AÇOS

Quando uma classe de Toolox® é soldada a outros tipos de aços, aplique as condições da soldadura que seja adequada a todos os aços incluídos na junta.

Para obter os melhores resultados possíveis, o primer pode ser removido.



Recomendações de corte térmico

O baixo nível de ligas para as grades do Toolox® contribui para suas propriedades vantajosas em relação ao corte térmico, como sua alta resistência a trincas por hidrogênio devido ao corte. Neste sentido, a influência das ligas no aço é semelhante entre as tecnologias de corte e soldagem. Como resultado, os valores de carbono equivalente benéficos do Toolox® aumentam a resistência a trincas por hidrogênio durante o corte térmico. A definição de carbono equivalente é descrita nas recomendações de soldagem no título: Evitando trincas por hidrogênio.

A dureza elevada inerente das grades de Toolox® reduz ainda mais o risco de defeitos produzidos durante o corte térmico. Na prática isso possibilita a produção de formatos não quadrados de uma forma muito mais produtiva do que a usinagem normalmente demorada de outros tipos de aços de ferramentas e máquinas.

Todos os métodos de corte térmico podem ser realizados para todos os produtos Toolox®. O corte térmico pode ser realizado com o mesmo procedimento e parâmetros para o corte de aços doces, exceto que:

- Para oxicorte e plasma, medidas devem ser tomadas a fim evitar trincas por hidrogênio dentro e em torno da borda de corte. O corte do plasma somente deve ser executado com oxigênio como gás a fim de aperfeiçoar a qualidade da borda do corte. Se um gás secundário for aplicado, haverá menos restrições na química do gás selecionado. Ar ou oxigênio puro são adequados, e são os tipos mais comuns.
- O pós-aquecimento da borda cortada é recomendado a fim de alcançar a usinabilidade aperfeiçoada em uma borda termicamente cortada.

Além disso, o pós-aquecimento aumenta a resistência a trincas por hidrogênio na borda cortada. O pós-aquecimento é preferível para o oxicorte, mas normalmente não é necessário para o corte a plasma ou laser.

As razões principais para formação de trincas por hidrogênio devido ao corte térmico são as mesmas que ocorrem devido à soldadura. Isto significa que as três condições a seguir precisam ocorrer ao mesmo tempo para que as trincas por hidrogênio se formem.

- Uma microestrutura frágil da zona afetada termicamente (ZTA) da amostra a ser cortada.
- Tensões residuais muito elevadas dentro e em torno da borda cortada.

- Presença de hidrogênio no aço. Este problema é, principalmente, resultado da química do aço. Entretanto, o teor de hidrogênio na ZTA, onde as trincas por hidrogênio podem se formar, pode ser reduzido com medidas diferentes.

As seguintes medidas são recomendadas para evitar trincas por hidrogênio e/ou para otimizar a usinabilidade de uma estrutura submetida a corte por oxicorte e plasma. As medidas são indicadas na ordem consecutiva para a qual devem ser executadas.

- 1. Pré-aquecimento ao redor da borda de corte, realizado a fim de alcançar maior resistência a trincas por hidrogênio, uma vez que facilitam a migração de hidrogênio da ZTA para as partes circundantes do metal base.**
- 2. Realização do corte térmico.**
- 3. Pós-aquecimento em torno da borda de corte.**
- 4. Resfriamento a ar onde as peças são refrigeradas até a temperatura ambiente.**
- 5. Avaliação do procedimento de corte realizado.**

As medidas nº 1, 3 e 4 aumentam a resistência a trincas por hidrogênio. Isto ocorre porque todas estas medidas suportam a migração do hidrogênio para fora da ZTA para o metal base ao redor.

O corte a laser deve ser realizado sem pré-aquecimento, pois:

- Não é necessário, a fim de evitar trincas por hidrogênio.
- A qualidade da aresta de corte diminuirá com o pré-aquecimento.

Mais informações específicas sobre pré-aquecimento, pós-aquecimento e avaliação do procedimento de corte serão agora abordadas.

Pré-aquecimento

O pré-aquecimento em torno da borda de corte somente é pedido para evitar trincas por hidrogênio. Pode ser realizado com diferentes técnicas. Os métodos mais comuns são a utilização de uma das seguintes técnicas:

- Aquecimento em forno
- Aplicação de tochas de pré-aquecimento
- Uso de cobertores elétricos

As temperaturas mínimas e máximas do pré-aquecimento/interpasse são indicadas na tabela abaixo

O aquecimento em forno é normalmente o melhor método uma vez que suporta o aquecimento uniforme do componente inteiro. Quando as chamas de pré-aquecimento são usadas, é importante mantê-las continuamente em movimento, a fim de não exceder a temperatura máxima de pré-aquecimento do Toolox®.

O tempo de encharque mínimo é ajustado pelo tempo exigido para que o lado oposto seja aquecido e alcance a temperatura mínima exigida de pré-aquecimento. Um exemplo de boa prática é aquecer durante a noite e, em seguida, começar a operação de corte na manhã seguinte. Certifique-se de que ambos os lados da chapa não atinjam uma temperatura acima dos valores máximos de temperaturas de pré-aquecimento fornecidos na tabela acima.

Pós-aquecimento

Semelhante ao pré-aquecimento, o pós-aquecimento facilita a saída do hidrogênio da ZTA. Conseqüentemente, o pós-aquecimento deve ser executado o mais cedo possível após a conclusão do corte, em um intervalo máximo de 60 minutos entre o começo do corte e o começo da operação de pós-aquecimento. O pós-aquecimento deve ser preferencialmente realizado em um forno, uma vez que facilita o controle da temperatura da amostra.

As temperaturas elevadas estão de acordo com a tabela abaixo.

O tempo de imersão deve ser de 5 min/mm de espessura ou pelo menos 60 min. O tempo de imersão deve ser contado a partir de quando a parte central atingiu a temperatura de tratamento de calor destinada. Normalmente, 2 horas de imersão são suficientes.

Avaliação do procedimento de corte realizado

Calibre seu procedimento de pós tratamento térmico por controle de dureza do material base e da zona afetada termicamente. O material base não deve apresentar diminuição de dureza. A zona afetada termicamente deve ter a mesma ou praticamente a mesma dureza que o material de base não afetado.

FRESAMENTO DE BORDAS DE OXICORTE

Para diminuir ainda mais o risco de trincas por hidrogênio, além de remover tensões, as bordas cortadas a gás podem ser retiradas com fresamento. Nesse caso, 10 mm da aresta de corte precisa ser retirado para garantir que o material não afetado seja alcançado. O fresamento deve ser realizado o mais rápido possível após o corte térmico.

CORTE POR JATO DE ÁGUA

O corte por jato de água abrasivo (AWJ) é um método alternativo ao corte térmico. O corte por jato de água pode ser executado com resultados muito bons. Uma vez que no jato de água não se aplica calor durante o corte, o risco de trincas por hidrogênio é muito baixo. O corte por jato de água no Toolox® pode ser realizado com os mesmos parâmetros que o corte de aços doces, não necessitando de pré-aquecimento ou pós-aquecimento.

Aço	Pré-aquecimento		Pós-aquecimento
	Temperaturas mínimas de pré-aquecimento/interpasse [°C]	Temperaturas máximas de pré-aquecimento/interpasse [°C]	Intervalo de temperatura para tratamento pós-aquecimento [° c]
Toolox® 33	150	580	560-580
Toolox® 44	225	580	560-580

A SSAB é uma empresa siderúrgica com base na região Nórdica e nos Estados Unidos. Ela oferece produtos de valor agregado e serviços desenvolvidos em cooperação próxima com seus clientes para criar um mundo mais forte, leve e sustentável. A SSAB conta com funcionários em mais de 50 países. A SSAB possui unidades produtivas na Suécia, na Finlândia e nos EUA. A SSAB está listada na Nasdaq OMX Nordic Exchange de Estocolmo, Suécia, e tem uma listagem secundária na Nasdaq OMX de Helsinque, Finlândia.

 @tooloxofficial  @toolox  Toolox

SSAB

Av. Angélica, 2220 - 7º andar
01228-200 Higienópolis
São Paulo / SP

Telefone: +55 11 3303 0800
Email: contactbrazil@ssab.com

toolox.com

SSAB