



# Soldagem do Strenx<sup>®</sup>

Recomendações de especialistas para alcançar os melhores resultados em workshops.

**STRENX<sup>®</sup>**  
PERFORMANCE STEEL

# Soldagem do Strenx®



A extrema performance do aço de alta resistência Strenx® é combinada com uma soldabilidade excepcional. Todos os métodos convencionais de soldagem podem ser usados para soldar o Strenx® a outros tipos de aços soldáveis.

Este guia visa simplificar, melhorar e aumentar a eficiência do processo de soldagem. Oferece bons conselhos sobre de aporte térmico, consumíveis de soldagem, temperaturas de pré-aquecimento e de interpasse, gás de proteção e muito mais. O objetivo é permitir que todos os usuários ganhem o benefício integral das propriedades únicas do Strenx®.



## Graus do Strenx® incluídos neste catálogo

- ✓ Certos graus Strenx® podem ser encomendados nas versões D, E ou F. Para esses graus, as recomendações neste catálogo estão relacionadas aos requisitos de resistência ao impacto para os graus E do Strenx®. Os graus E possuem os requisitos de resistência ao impacto para o metal base não afetado a -40°C, que é a temperatura de teste mais comum.


Para ver as recomendações de soldagem para o Strenx® com resistência ao impacto correspondentes aos graus F (-60°C), Strenx® P700 e Strenx® 700 OME, entre em contato com a SSAB para obter mais informações.

## Nessa guia são feitas referências a:

- ✓ Nossos documentos TechSupport que oferecem mais informações sobre um certo tópico. Cada documento TechSupport aborda uma determinada área como as medidas para evitar descontinuidades e exemplos de marcas adequadas para consumíveis.
- ✓ Nosso software WeldCalc™ permite aos usuários otimizar sua performance de soldagem com base nas condições específicas e requisitos de sua estrutura soldada.

Os documentos TechSupport podem ser encontrados e baixados em nossa página inicial em [www.ssab.com/download-center](http://www.ssab.com/download-center). Uma licença de usuário para o WeldCalc™ pode ser obtida através do registro na mesma página inicial. Tanto os documentos TechSupport como a licença de usuário para o WeldCalc™ são gratuitos.



Visite o site 

As informações contidas neste documento são fornecidas apenas para fins gerais. A SSAB AB não aceita responsabilidade pela adequação dele a qualquer aplicação específica. Sendo assim, o usuário é responsável por toda e qualquer adaptação e/ou modificação necessária a aplicações específicas.

# Métodos de preparação da junta

Todos os métodos convencionais para preparação da junta podem ser usados com esses aços. Os métodos mais comuns são a usinagem e o corte térmico. A preparação de chapa até aproximadamente 10 mm de espessura também pode ser feita através de corte e perfuração.

Para chapa com até aproximadamente 4 mm de espessuras, os requisitos para as bordas não são muito exigentes na soldagem a arco elétrico. Para juntas sobrepostas e juntas em ângulo com chapas de todas as espessuras, as demandas em relação às bordas são normalmente moderadas. A fresagem e o corte térmico (gás, plasma ou corte a laser) são os métodos mais comuns, usados para a preparação da junta. A preparação da junta no Strenx® é tão fácil de fazer como nos aços comuns.

Durante o corte térmico pode formar-se na superfície da junta uma película fina de óxido. É recomendado remover esta película antes da soldagem. Se for usado o corte a plasma para a preparação da junta, é recomendado que seja usado oxigênio como gás plasma. O nitrogênio pode causar porosidade no metal de solda. Se for usado nitrogênio, faça o lixamento das superfícies de corte em um valor mínimo aproximado de 0,2 mm antes de começar a soldagem. Para chapas finas pode ser usado o corte por guilhotina como preparação da junta.



## Parâmetros importantes na soldagem

Limpe a junta para remover materiais estranhos como umidade e resíduos de óleo antes da soldagem. Além de uma boa limpeza na região de soldagem, os seguintes itens são importantes:

- Temperaturas de pré-aquecimento e de interpasse de modo a evitar trincas por hidrogênio
- Aporte térmico
- Consumíveis de soldagem
- Gás de proteção
- Sequência de soldagem e abertura da raiz na junta

# Aporte térmico

A soldagem com o aporte térmico recomendado resulta em boas propriedades mecânicas na junta.

O aporte térmico (Q) de soldagem depende da corrente, da tensão e da velocidade de soldagem. Q descreve a energia aplicadas na junta. Seu valor afeta as propriedades mecânicas da junta soldada. Durante a soldagem existe uma perda de energia no arco elétrico. A eficiência térmica (k) é a proporção de energia do processo de soldagem que é transferida para a junta. Os diferentes métodos de soldagem oferecem uma eficiência térmica variável. Consulte a tabela abaixo para saber os valores aproximados de k.

A maioria dos procedimentos de soldagem é realizada com solda por CC ou CA. Para a solda por CC e CA, o aporte térmico é calculado de acordo com a seguinte fórmula:

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

O aporte térmico para a solda a arco pulsado pode ser determinado por uma das duas fórmulas seguintes:

$$Q = \frac{k \times IE}{L \times 1000} \quad [\text{kJ/mm}]$$

ou

$$Q = \frac{k \times IP \times 60}{v \times 1000} \quad [\text{kJ/mm}]$$

Eficiência térmica	k [sem dimensões]
MMA	0.8
MAG, todos os tipos	0.8
SAW	1.0
TIG	0.6

Q = Aporte térmico [kJ/mm]

k = Eficiência térmica [sem dimensões]

U = Tensão [V]

I = Corrente [A]

v = Velocidade de deslocamento  
[mm/min]

L = Comprimento de um passe de  
soldagem [mm]

IE = Energia instantânea [J]

IP = Potência instantânea [W]

## Efeitos gerais do aporte térmico em uma junta soldada


### Menor aporte térmico

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

### Maior aporte térmico

- ✓ Maior produtividade para métodos de soldagem convencionais

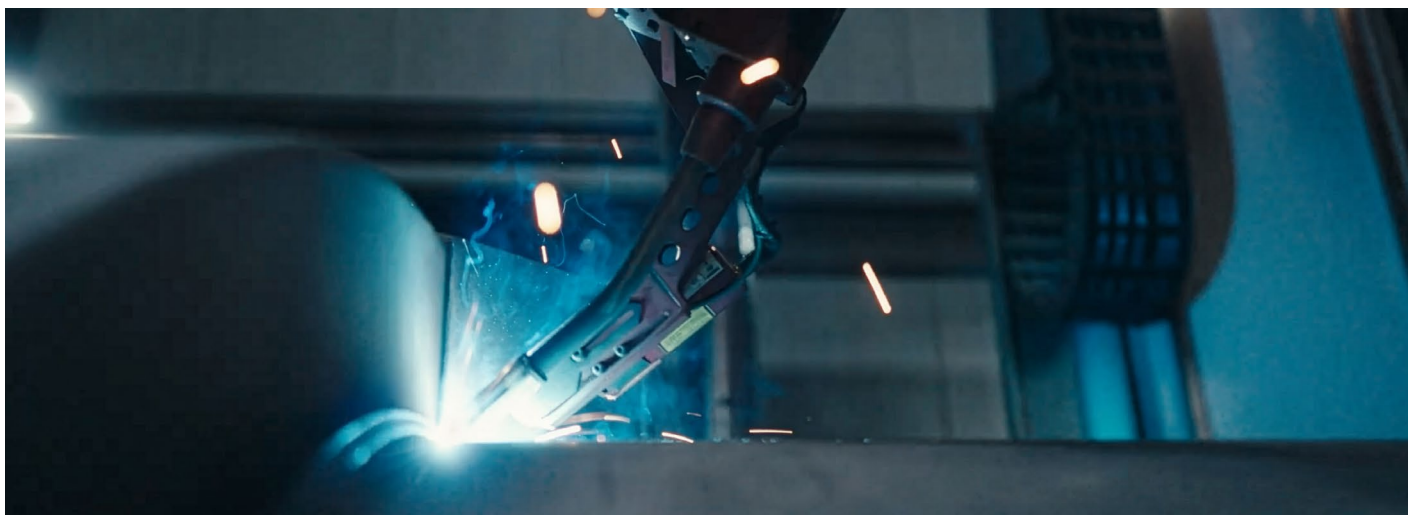
# Como evitar trincas por hidrogênio



Devido aos baixos valores de carbono equivalente, o Strenx® tem uma resistência muito alta às trincas por hidrogênio. O risco de trinca por hidrogênio será minimizado se nossas recomendações forem seguidas.

## Duas regras para evitar as trincas por hidrogênio:

1. Minimizar o conteúdo de hidrogênio tanto na junta a ser soldada como em redor dela
  - Usar das temperaturas de pré-aquecimento e de interpasse adequadas
  - Usar consumíveis de soldagem com baixo teor de hidrogênio difusível
  - Manter as impurezas fora da área a ser soldada
2. Minimizar as tensões na junta soldada
  - Não usar consumíveis de soldagem com uma resistência superior à necessária
  - Realizar sequência de soldagem de modo que as tensões residuais sejam minimizadas
  - Definir a abertura máxima da raiz na junta em 3 mm



# Temperaturas mínimas de pré-aquecimento e de interpasse

Todos os graus de Strenx® podem ser soldados sem risco de formação de trincas por hidrogênio se forem seguidas nossas recomendações. Quando não é recomendado nenhum pré-aquecimento, é considerando que a temperatura ambiente e da junta é de pelo menos 5 °C. Se a temperatura do ambiente estiver abaixo de 5 °C, é necessário um pré-aquecimento da junta para um mínimo de 60 °C. Juntas de múltiplos passes têm os mesmos requisitos de pré-aquecimento da soldagem de primeiro passe.

## Tiras laminadas a quente e a frio Strenx®

As temperaturas mínimas de pré-aquecimento/ interpasse, devido às propriedades do aço, não são necessárias em nenhuma espessura para os produtos laminados a quente e a frio Strenx®, incluindo os graus e perfis MC, Plus, MC Plus, CR, MH, MLH, QLH.

A soldagem de graus Strenx® com um limite de escoamento mínimo de 700 MPa pode precisar de pré-aquecimento devido às propriedades do consumível aplicado. Mais informações a esse respeito podem ser encontradas no título “Temperaturas de pré-aquecimento/interpasse devido ao consumível” na página 9.

## Chapas Strenx®

As chapas Strenx® estão disponíveis com espessuras maiores do que as tiras laminadas a quente e laminadas a frio Strenx®. Seus níveis de resistência, em combinação com chapas de maiores espessuras, fazem com que o pré-aquecimento seja necessário para determinadas espessuras da chapa e graus de aço. Nossas recomendações estão ilustradas na página 8. A soldagem dos graus Strenx® com limites de escoamento de 900 MPa ou mais é normalmente realizada com consumíveis de alta resistência, que podem regular a temperatura mínima de pré-aquecimento, mesmo que não haja requisitos devidos ao próprio aço.

## Como os elementos da liga influenciam as temperaturas de pré-aquecimento e de interpasse

Uma combinação exclusiva de elementos de liga otimiza as propriedades mecânicas de Strenx®. A combinação determina a temperatura mínima de pré-aquecimento do aço durante a soldagem, e pode ser utilizada para calcular o valor do carbono equivalente. O valor do carbono equivalente é geralmente apresentado como CEV ou CET de acordo com as equações abaixo.

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

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

The alloying elements are specified in the inspection certificate of the plate and are stated in percent by weight in these formulas. A higher carbon equivalent usually requires a higher preheat and interpass temperature of the joint. Typical values of carbon equivalents are given in our product data sheets.

# Temperaturas de pré-aquecimento e de interpasse para chapas Strenx®

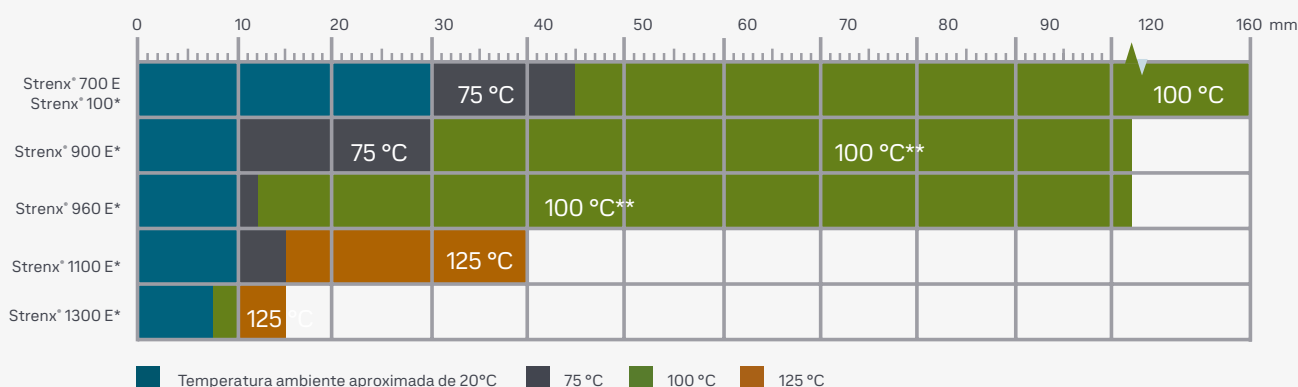
A temperatura mínima de pré-aquecimento durante a soldagem é apresentada na tabela. Salvo indicação em contrário, esses valores aplicam-se para soldagens com consumíveis de soldagem não ligados e de liga baixa. Para espessuras de chapa únicas não representadas na tabela, por favor entre em contato com a SSAB para mais informações.

- Quando chapas de diferentes espessuras e grau de aço idêntico são soldadas umas às outras, a chapa mais grossa determina a temperatura mínima de pré-aquecimento.
- Quando diferentes tipos de aço são soldados uns aos outros, a chapa que requer a temperatura pré-aquecimento mais alta determina a temperatura de pré-aquecimento mínima a ser utilizada.

Aumente a temperatura mínima de pré-aquecimento em 25 °C em relação à tabela de pré-aquecimento anterior para cada um dos seguintes casos:

1. Se a umidade ambiente for alta ou a temperatura do ambiente estiver abaixo de 5 °C
2. Juntas firmemente unidas
3. Para aportes térmicos no intervalo de 1.0-1.6 kJ/mm

Temperaturas mínimas de pré-aquecimento e de interpasse [°C] para as chapas Strenx®

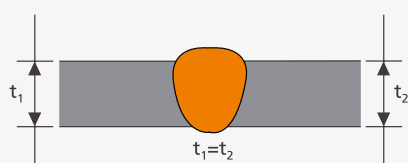


\* A tabela é aplicável para espessuras de chapas únicas quando soldadas com um aporte térmico de 1,7 kJ/mm ou mais. Para espessuras da chapa não representadas no digrama, entre em contato com a SSAB para mais informações.

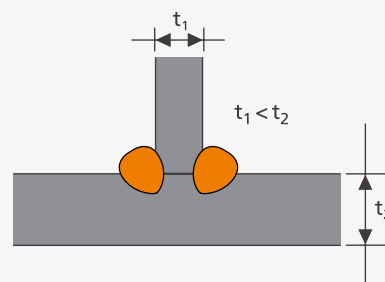
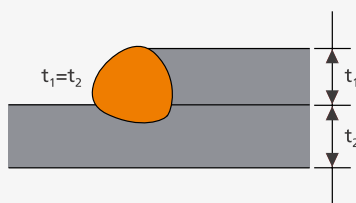
\*\* 100 °C abrangendo os seguintes intervalos de espessura da chapa (Pt)

- Strenx® 900 E: Pt entre 30.1-120.0 mm
- Strenx® 960 E: Pt entre 12.1-120.0 mm

Espessura de chapa única [mm]



$t_1 = t_2$  (dimensões em mm). A espessura da chapa única na tabela é  $t_1$  ou  $t_2$ , desde que seja usado o mesmo tipo de aço.



$t_1 < t_2$  (dimensões em mm). Nesse caso, a espessura de chapa única na tabela é  $t_2$ , desde que seja usado o mesmo tipo de aço.

As temperaturas mínimas de pré-aquecimento e de interpasse recomendadas na tabela na página 8 não são afetadas por aportes térmicos maiores que 1,7 kJ/mm. Para um aporte térmico inferior a 1,0 kJ/mm na página 8, a temperatura mínima de pré-aquecimento pode ser calculada com o WeldCalcTM.

As informações baseiam-se na premissa de que a junta soldada é deixada esfriar ao ar livre. Estas recomendações também se aplicam a soldas por pontos e passes de raiz. Cada uma das soldas por pontos deve ter um comprimento de, no mínimo, 50 mm. No entanto, no caso de espessuras de chapa de até 8 mm, podem ser usadas soldagens por pontos de comprimentos menores.

As temperaturas máximas de pré-aquecimento devem ser respeitadas de modo a conseguir as propriedades favoráveis em toda a estrutura soldada. Consulte a página 14 para mais informações. A distância entre as soldas por pontos pode ser variada, conforme a necessidade. Fale com a SSAB para mais informações nos seguintes casos se:

- Mais de um dos casos 1-3 na página 8 estiverem presentes ao mesmo tempo
- É solicitado um comprimento de solda por pontos abaixo de 50 mm em juntas que consistam em chapas com espessuras superiores a 8 mm.

## Temperaturas de pré-aquecimento/interpasse devido às propriedades dos consumíveis

Quando a soldagem utiliza consumíveis com limites de escoamento (Rp0.2) até 700 MPa, as propriedades dos consumíveis tipicamente não influenciam a temperatura mínima de pré-aquecimento da junta. A razão disso é que o carbono equivalente, CET; do metal base normalmente supera o do metal de solda em pelo menos 0.03 unidades de percentagem. Para consumíveis com limite de escoamento de 700 MPa e superiores, o valor CET para o consumível versus o valor CET para o Strenx® é normalmente tão alto que a temperatura mínima de

pré-aquecimento do aço e do consumível devem ser consideradas. Nessa situação, a temperatura mínima de pré-aquecimento que deve ser usada é a mais alta, das chapas da junta ou do consumível. O software WeldCalcTM pode simplificar esses cálculos. Para todos os

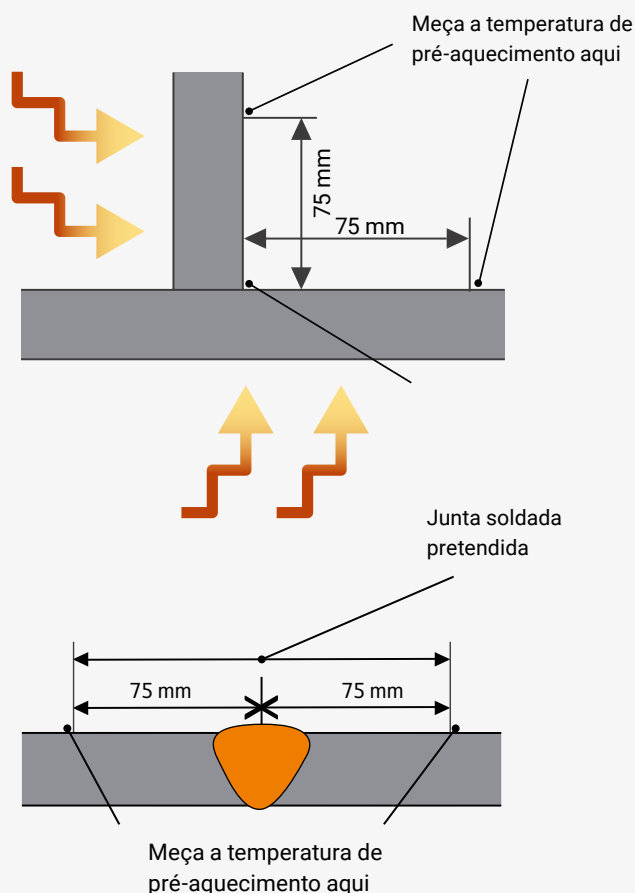
tipos de consumíveis baixa liga, o conteúdo máximo de hidrogênio no metal de solda está definido para 5 ml/100 g.

## Obtenção e medição das temperaturas de pré-aquecimento e de interpasse

As temperaturas de pré-aquecimento e de interpasse requeridas podem ser obtidas de várias maneiras. Aquecedores por resistência elétrica ao redor da junta preparada são normalmente melhores, pois oferecem um aquecimento uniforme da área. A temperatura deve ser monitorada utilizando-se, por exemplo, um termômetro de contato.

### Espessura de chapa única

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.



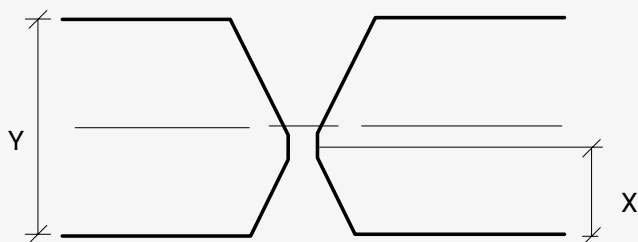
# Unindo chapas mais grossas

Durante a soldagem de chapas com uma espessura superior a 25 mm, são recomendadas juntas assimétricas.

Isso confere uma resistência adicional às trincas por hidrogênio. O motivo é que a parte central das chapas mais espessas pode, em alguma medida, conter elementos químicos que podem suportar a formação de trincas por hidrogênio. As juntas de chapas com espessuras até 25 mm podem ser simétricas ou assimétricas.

## Juntas com espessuras de chapa superiores a 25 mm

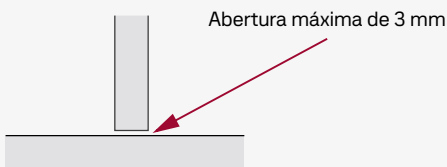
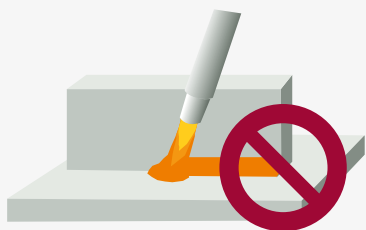
Junta assimétrica: O centro da junta é preferencialmente posicionado a aproximadamente 5 mm do centro da espessura da chapa



Y: Espessura da chapa

X (Espessura da chapa/2)-5 mm

## Sequências de soldagem e abertura da raiz

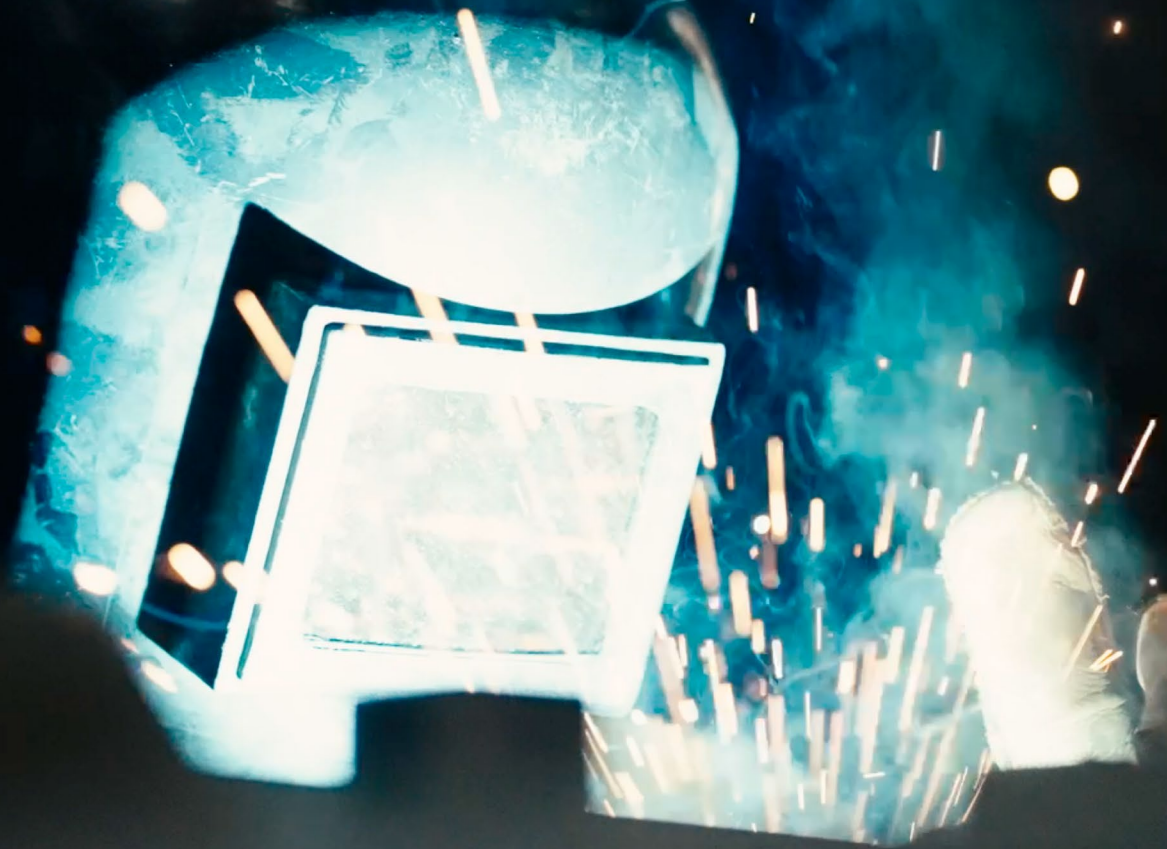


Para evitar trincas por hidrogênio na junta

- Os pontos de partida e parada não devem estar localizados em um canto. se possível, os pontos de partida e parada devem ficar a uma distância de pelo menos 50–100 mm de um canto.
- A abertura da junta de soldagem deve ser no máximo de 3 mm.



# Propriedades mecânicas em soldas



## Produtos laminados a frio Strenx®

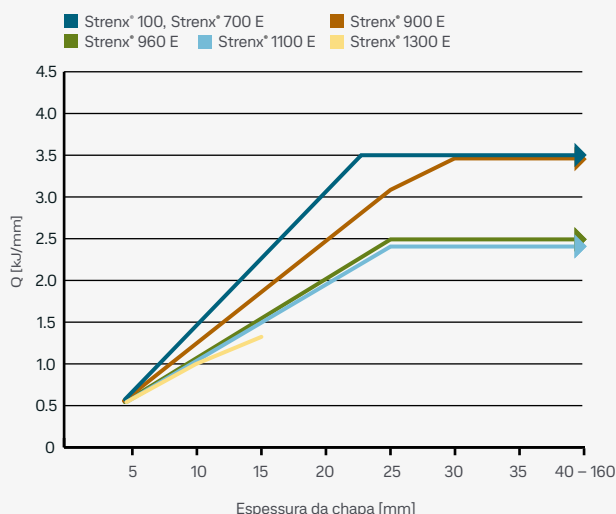
O aporte térmico é definido suficientemente baixo de modo a evitar queimar o material e de modo a manter as distorções na junta em níveis baixos. Com parâmetros adequadas, o aporte térmico resultará em boas propriedades mecânicas na junta.

Cada situação de soldagem é mais ou menos única. Como consequência, a SSAB não indica requisitos para um aporte térmico máximo. A resistência da junta será, em certa medida, menor em comparação com as propriedades do metal base não afetado. Em termos gerais, um aporte térmico baixo resulta uma maior resistência na junta. Valores mais exatos podem ser encontrados no documento TechSupport 60.

## Chapas e tiras laminadas a quente Strenx®

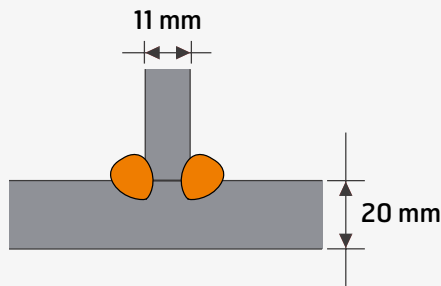
Nossas recomendações para o aço de alta resistência Strenx® estão baseadas em valores comuns para a tenacidade na ZTA, sendo pelo menos de 27 J a -40 °C. Além disso, um aporte térmico baixo suporta altas resistências estáticas na junta. Para espessuras de chapa únicas não representadas na tabela, fale com a SSAB para mais assistência.

### Aporte térmico máximo recomendado para as chapas Strenx® baseado no uso da menor temperatura de pré-aquecimento



### Chapas e espessuras de chapas

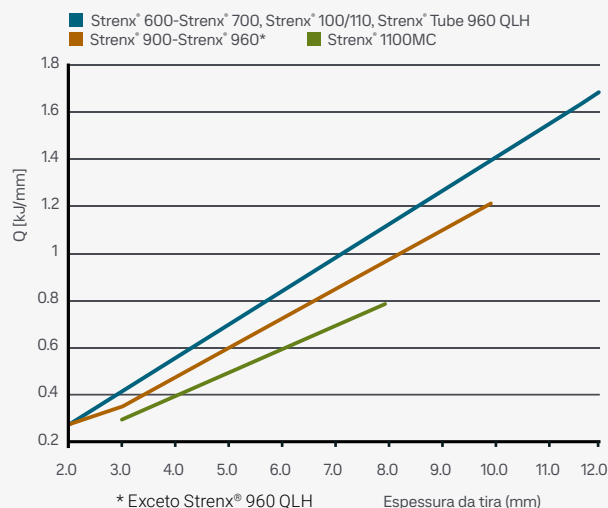
Quando uma junta com espessuras diferentes de chapa e de tira é soldada, o aporte térmico recomendado é baseado na chapa mais fina na junta.



Nesse caso, o aporte térmico permitido é baseado na espessura da chapa de 11 mm.

### Aporte térmico máximo recomendado para as tiras laminadas a quente Strenx® baseado no uso da menor temperatura de pré-aquecimento

Graus MC, PLUS, MC Plus, Section, Tube MH, Tube MLH, Tube QLH, XF

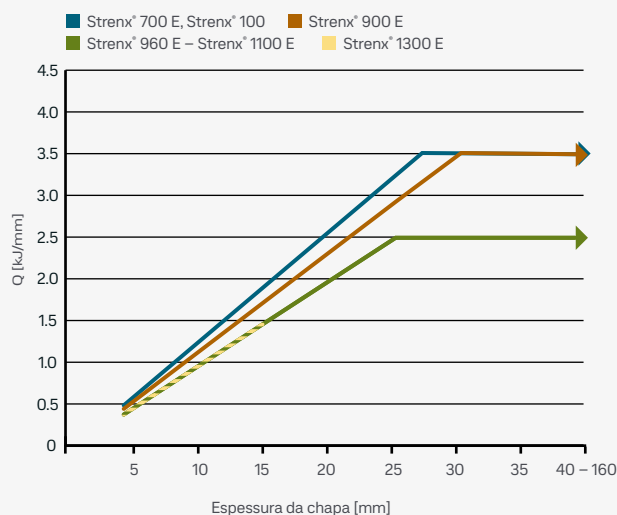


## Soldando com temperaturas de pré-aquecimento e de interpasse mais altas

Temperaturas mais altas que possam ocorrer, por exemplo, em juntas de soldagem de múltiplos passes, afetam o aporte térmico recomendado.

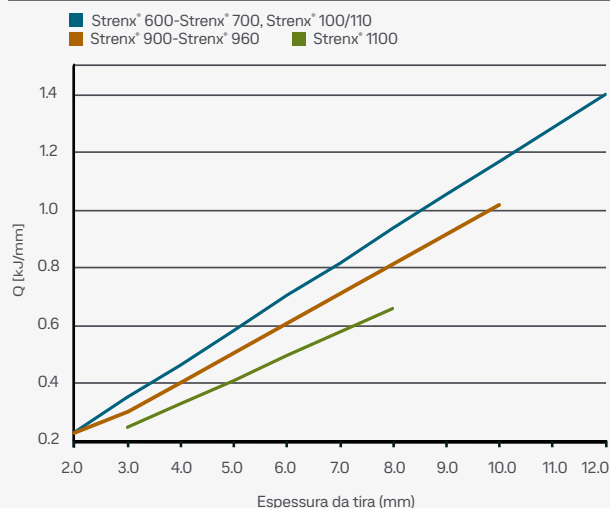
Os valores abaixo apresentam o aporte térmico recomendado para temperaturas da junta de 100 °C e 175 °C.

### Aporte térmico máximo recomendado para a temperatura de 100 °C da junta de chapas

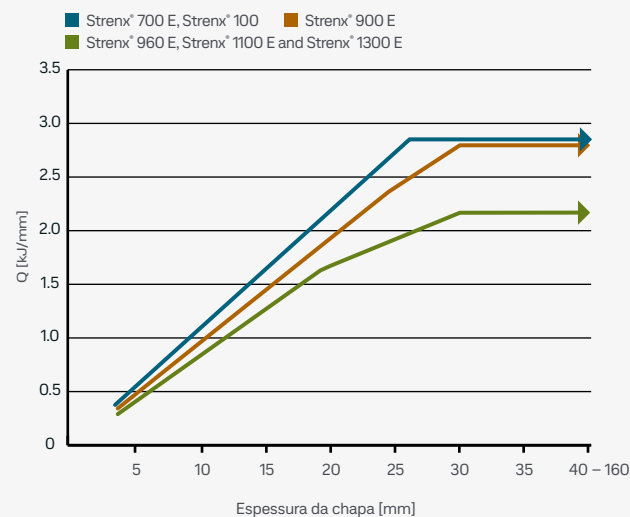


### Aporte térmico máximo recomendado para a temperatura da junta de 100 °C

MC, PLUS, MC Plus, Tube MH, Tube MLH, Tube QLH, Section, and XF grades



### Aporte térmico máximo recomendado para a temperatura da junta de chapas 175 °C\*

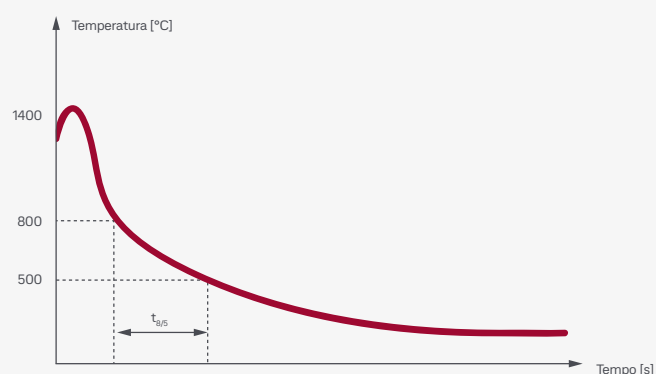


\*Outros graus Strenx® não são mencionados devido à espessura mais fina das chapas. Essas situações normalmente não atingem temperaturas de interpasse altas, como 175 °C.

## O valor $t_{8/5}$

O ciclo térmico de soldagem pode ser definido pelo tempo de resfriamento da ZTA entre 800°C e 500°C. Esse parâmetro é denominado valor  $t_{8/5}$  e está ilustrado na figura abaixo. É aproximadamente constante ao longo das diferentes partes de uma junta desde que o pico de temperatura para o procedimento de soldagem atinja valores superiores a 900°C.

### A definição $t_{8/5}$



Não existe necessidade de calcular o valor  $t_{8/5}$  mas oferece um bom entendimento do processo de soldagem. Cada grau de Strenx® possui um intervalo específico  $t_{8/5}$  recomendado. Os cálculos do valor  $t_{8/5}$  podem ser feitos com o WeldCalc™ onde intervalos permitidos adequados são indicados para cada grau de aço.

### Valores $t_{8/5}$ , mín 27 J a -40 °C

Strenx® 960 E, Strenx® 1100 E, Strenx® 1300 E 5-15 s

Strenx® 1100MC 1-10 s

Strenx® 900MC, Strenx® 900 Plus, Strenx® Section 900MC,  
Strenx® Tube 900MH, Strenx® 960MC,  
Strenx® Tube 960MH Strenx® 960 Plus 1-15 s

Strenx® 100, Strenx® 700 E, Strenx® 900 E,  
Strenx® Tube 960QLH 5-20 s

Strenx® 100 XF, Strenx® 110 XF 1-20 s  
Strenx® 650MC, Strenx® Section 650MC,  
Strenx® 600MC  
Strenx® 700MC, Strenx® 700MC Plus, Strenx® Section 700MC,  
Strenx® Tube 700MH, Strenx® Tube 700MLH

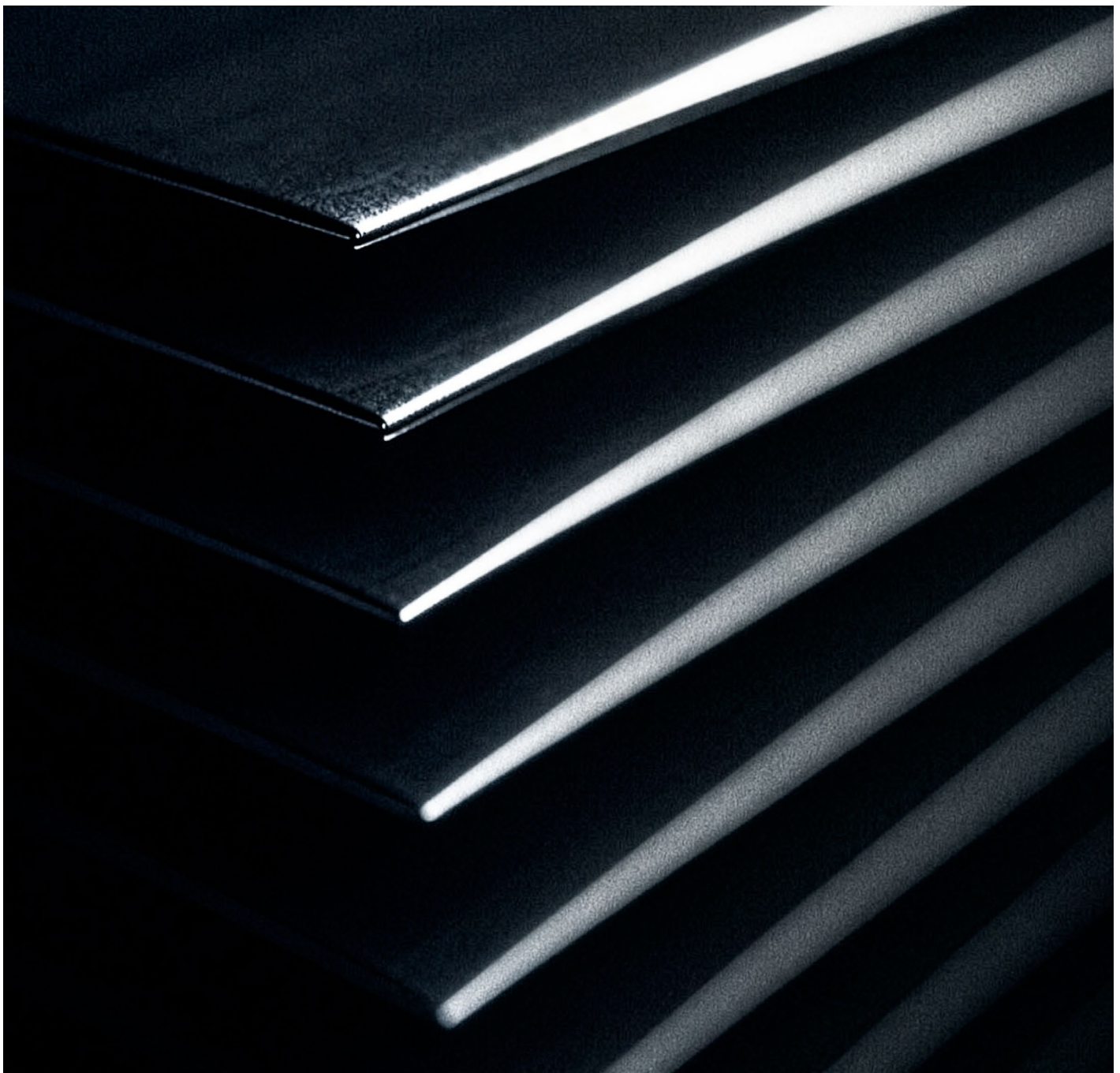
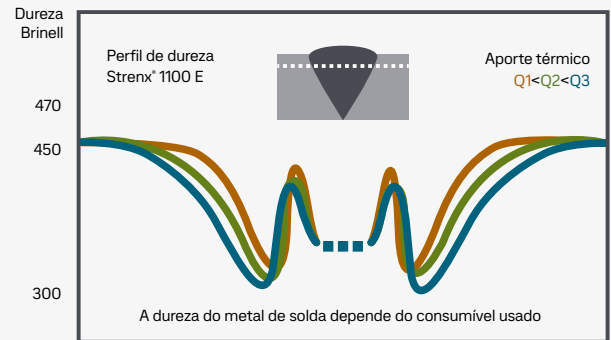
Strenx® Tube 700 QLH 5-25 s



# Distribuição da dureza na junta

A distribuição da dureza na ZTA depende do grau do aço, a espessura das chapas e o aporte térmico aplicado durante a soldagem. A dureza na soldagem é definida por sua resistência. Quanto mais alta a resistência na junta, mais alto os valores da dureza.

Aporte térmico versus perda de dureza em HAZ





## Temperaturas máximas de pré-aquecimento/interpasse recomendadas durante a soldagem e corte térmico

As temperaturas máximas de pré-aquecimento/interpasse são indicadas de modo a evitar a degradação das propriedades mecânicas na estrutura soldada. As temperaturas máximas de pré-aquecimento indicadas são válidas para

a soldagem usando pré-aquecimento. Como os graus CR do Strenx® somente são soldados com a técnica de passe único, as temperaturas máximas de pré-aquecimento não são indicadas.

Nome do aço	Temperaturas máximas de pré-aquecimento/interpasse [°C]
Strenx® 100	300
Strenx® 100 XF	100
Strenx® 110 XF	100
Strenx® 600MC	100
Strenx® 650MC	100
Strenx® 650 Section	100
Strenx® 700 E*	300
Strenx® 700MC	100
Strenx® 700MC Plus	100
Strenx® Section 700MC	100
Strenx® Tube 700MH	100
Strenx® Tube 700MLH	100
Strenx® Tube 700QLH	300

Nome do aço	Temperaturas máximas de pré-aquecimento/interpasse [°C]
Strenx® 900 E*	300
Strenx® 900 Plus	100
Strenx® 900MC	100
Strenx® Section 900MC	100
Strenx® Tube 900MH	100
Strenx® 960 E*	100
Strenx® 960 Plus	300
Strenx® 960MC	100
Strenx® Tube 960MH	100
Strenx® Tube 960QLH	100
Strenx® 1100 E*	100
Strenx® 1100MC	100
Strenx® 1300 E*	300

\* Temperaturas de interpasse de até +400 °C podem ser aplicadas em determinadas situações.



# Consumíveis de soldagem

Consumíveis de aço não ligados, de baixa liga e em aço inoxidável são os mais comuns na soldagem do Strenx®.

Resistências de consumíveis de soldagem não ligados e com elementos de liga de baixo teor

A resistência dos consumíveis de soldagem deve ser selecionada de acordo com os valores da página seguinte. O uso de consumíveis de baixa resistência pode oferecer vários benefícios, como:

- Maior tenacidade do metal de solda
- Maior resistência a trincas por hidrogênio
- Menor tensão residual na junta

Para juntas de múltiplos passes em graus de Strenx® que requerem pré-aquecimento, é uma vantagem soldar com consumíveis de resistências diferentes. As soldagens por pontos e de primeiro passe são soldadas com consumíveis de baixa resistência. Depois os consumíveis de alta resistência são usados para os passes restantes. Essa técnica pode aumentar a tenacidade e a resistência a trincas por hidrogênio na junta.

O teor de hidrogênio em consumíveis de soldagem não ligados e de liga baixa

O teor de hidrogênio deve ser menor ou igual a 5 ml de hidrogênio por 100 g de metal de solda. Os arames sólidos usados nas soldagens MAG e TIG podem produzir normalmente esses baixos teores de hidrogênio no metal de solda. O teor de hidrogênio para outros tipos de consumíveis de soldagem deve ser obtido com os respectivos fabricantes.

Exemplos de consumíveis são indicados em [www.ssab.com](http://www.ssab.com) na publicação TechSupport 60. Caso os consumíveis sejam armazenados de acordo com as recomendações do fabricante, o teor de hidrogênio será mantido no nível esperado. Isso é aplicável, acima de tudo, a eletrodos revestidos e fluxos.

## Consumíveis de soldagem



- Consumíveis de soldagem com maior resistência
- Consumíveis de soldagem com menor resistência

## Consumíveis de soldagem, classe EN

		R <sub>p0.2</sub> [MPa]																				
Resistência recomendada de consumíveis para juntas submetidas a altas tensões		Strenx® 600 MC	Strenx® 700* 100, 100XF 650**	Strenx® 110XF	Strenx® 900 – 1300***	MMA		SAW (combinações de arames sólidos/tubulares)		MAG (arame sólido)		MAG (todos os tipos de arames tubulares)		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											
Resistência recomendada de consumíveis para outras juntas						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											
						500	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											
						400	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											
						400																

\* incluindo os graus MC, Plus, MC Plus, E, CR, MH, Tube e Section

\*\* incluindo os graus Section e MC

\*\*\* incluindo os graus MC, Plus, CR, Tube e Section

## Consumíveis de soldagem, classe AWS

		R <sub>p0.2</sub> [MPa]											
<div>Resistência recomendada de consumíveis para juntas submetidas a altas tensões</div> <div>Resistência recomendada de consumíveis para outras juntas</div>	<div>Strenx® 600 MC</div> <div>Strenx® 700*, 100, 100XF 650**</div> <div>Strenx® 110XF</div> <div>Strenx® 900 – 1300***</div>	MMA		SAW (combinações de arames sólidos/tubulares)		MAG (arame sólido)		MAG (arames tubulares)		MAG (arames 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					
		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					
		400	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					
		400											
		400											

\* incluindo os graus MC, Plus, MC Plus, E, CR, MH, Tube e Section

\*\* incluindo os graus Section e MC

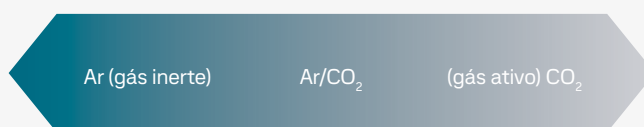
\*\*\* incluindo os graus MC, Plus, CR, Tube e Section

# Gás de proteção

A escolha e a mistura dos gases de proteção dependem da condição de soldagem. Misturas de Ar e CO<sub>2</sub> são as mais comuns.

## Efeitos das diversas misturas de gases de proteção

- Facilita a abertura do arco
- Respingos reduzidos
- Baixa quantidade de óxidos



- Arco estável
- Baixa porosidade
- Mais respingos/obstruções do bocal de soldagem
- Alta penetração do metal de solda

## Exemplos de misturas de gases de proteção

Método de soldagem	Tipo de arco	Posição	Gás de proteção
MAG, arame sólido	Curto circuito	Todas as posições	18-25% CO <sub>2</sub> rest. Ar
MAG, arame tubular	Curto circuito	Todas as posições	18-25% CO <sub>2</sub> rest. Ar
MAG, arame sólido	Arco por spray	Horizontal (PA, PB, PC)	15-20% CO <sub>2</sub> rest. Ar
MAG, FCAW	Arco por spray	Todas as posições	15-20% CO <sub>2</sub> rest. Ar
MAG, MCAW	Arco por spray	Horizontal (PA, PB, PC)	15-20% CO <sub>2</sub> rest. Ar
MAG robotizada e automatizada	Arco por spray	Horizontal (PA, PB, PC)	8-18% CO <sub>2</sub> rest. Ar
TIG	Arco por spray	Todas as posições	100% Ar

Em todos os processos de soldagem que utilizam gás de proteção, o fluxo desse gás depende da situação da soldagem. 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.



# Recomendações adicionais para a soldagem do Strenx®

## Resistência ao fissuração lamelar e trincas a quente

Os graus Strenx® são produzidos com níveis muito baixos de contaminantes como enxofre e fósforo. Isso contribui para beneficiar as propriedades mecânicas na ZTA e no metal base não afetado. Além disso, isso resulta em uma maior resistência a descontinuidades de soldagem em termos de trincas a quente e fissuração lamelar.

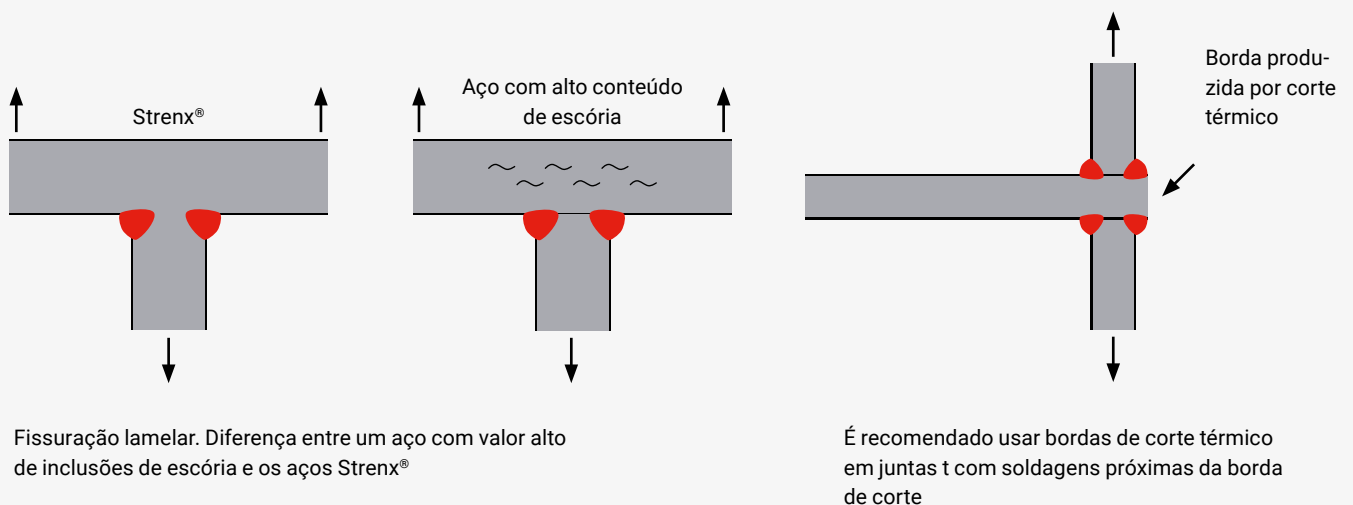
A fissuração lamelar é o resultado de inclusões alinhadas paralelamente à superfície da chapa na qual uma carga de tração está presente em uma direção perpendicular à superfície da chapa. Para juntas carregadas perpendicu-

larmente à direção da superfície da chapa, evite defeitos graves posicionando juntas afastadas da borda da chapa. Para juntas em chapas mais finas, o corte térmico produz uma borda com uma qualidade de superfície melhor que do que o corte cisalhamento e puncionamento.

### Trincas a quente

- Antes da soldagem, mantenha a junta livre de contaminantes como óleo e graxa. Remova essas substâncias com um método adequado.

### Resistência ao fissuração lamelar e trincas a quente



Para a soldagem de todos os tipos de aço, precauções normais para evitar descontinuidades devem ser tomadas. Para informações adicionais sobre essa questão, baixe o TechSupport 47 em [www.ssab.com](http://www.ssab.com).

## Soldagem no Strenx® com primer

Os graus Strenx® podem ser encomendados com um primer. Se este for o caso, a soldagem pode ser feita diretamente sobre o primer devido ao seu baixo conteúdo de zinco. O primer pode ser facilmente removido esco- vando 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 é deixado na preparação da soldagem, a porosidade do metal de soldagem será significativamente maior. O processo de soldagem MAG, com tipos básicos de arames tubulares e o processo de soldagem MMA, oferecem normalmente a menor porosidade. Como em todas as operações de soldagem, deve ser mantida uma boa ventilação para evitar efeitos nocivos no soldador e na área circundante. Para mais in- formações, baixe o TechSupport 25 em [www.ssab.com./downloads-center](http://www.ssab.com./downloads-center).

## Soldagem dos produtos laminados a frio Strenx® encomendados com um filme de óleo

Para evitar danos por corrosão, a chapa de aço é normal- mente revestido por uma película fina de óleo. A película de óleo é tão fina que não apresenta nenhum problema de porosidade. O óleo é evaporado e desaparece rapida- mente durante a soldagem.

## Grupo de materiais de acordo com a Norma Europeia ISO/TR 15608

Durante as qualificações do procedimento de soldagem de acordo com a norma europeia, os grupos de aço estão definidos para:



For best possible results, the primer can be removed.

## Tratamento térmico pós-soldagem

Os produtos Strenx®, exceto o Strenx® 1100 E, Strenx® 1300 E e o Strenx® 1100MC podem ter o alívio de tensões através do tratamento térmico pós-soldagem, apesar de isso raramente ser necessário. Um tratamen- to térmico pós-soldagem de cada um dos três graus de aço mencionados por último não é recomendado, pois essa medida pode prejudicar as propriedades mecânicas de toda a estrutura. Fale com a SSAB para mais informações sobre as temperaturas e tempos de encharque adequados.

## Armazenamento

Se o grau Strenx® for armazenado em um ambiente no qual pode haver o acúmulo de impurezas na superfície da chapa, é necessário adotar algumas precauções. Para evitar defeitos de soldagem, pode ser necessária alguma forma de limpeza do aço antes da soldagem.

Aço	Espessura [mm]	Agrupamento de materiais de acordo com a ISO/TR 15608
Strenx® 700 E	≤ 53.0	3.2
Strenx® 700 E	> 53.0	3.1
Strenx® 100 E	Todas as espessuras da chapa	3.1
Strenx® 900 E, 960 E, 1100 E, 1300 E	Todas as espessuras da chapa	3.2
Graus Strenx® 100 XF, 110 XF, 700MC Plus, Strenx® cuja termi-nação seja MC, Tube MH, Tube MLH e todos os graus Section	Todas as espessuras da chapa	2.2
Strenx® 900 Plus, 960 Plus, Tube 960 QLH	Todas as espessuras da chapa	3.2

A SSAB é uma empresa siderúrgica com sede na região Nórdica e nos Estados Unidos. A SSAB oferece produtos de valor agregado e serviços desenvolvidos em estreita cooperação 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 de Estocolmo e possui uma listagem secundária na Nasdaq OMX de Helsinque.

**SSAB**

Rod. BR 280, S/N – KM 34  
89245-000 - Corveta  
Araquari / SC  
Brazil

[strenx.com](http://strenx.com)

**STRENX®**  
PERFORMANCE STEEL