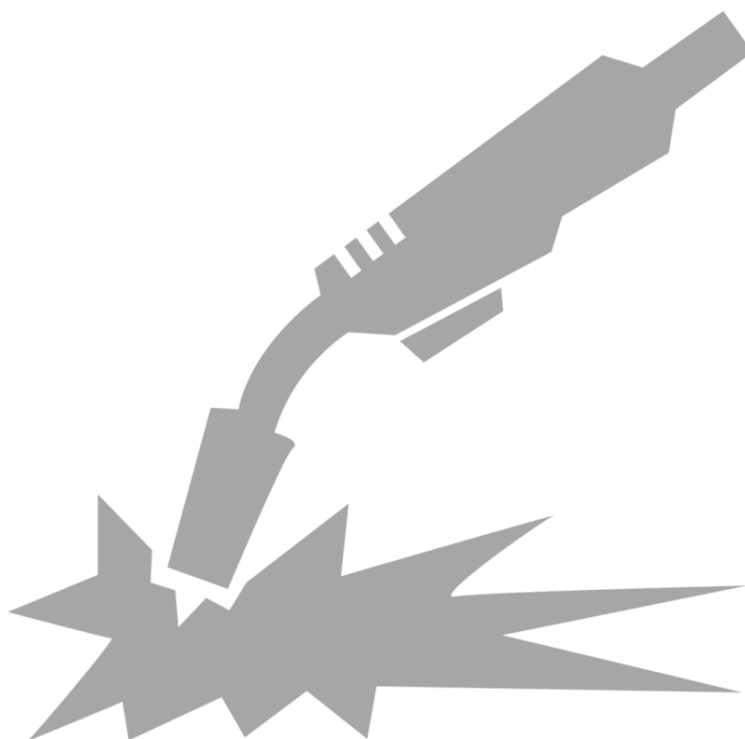




**MTG**

No limits innovation



**GEN.3.3.1**  
**RECOMENDAÇÕES**  
**GERAIS DE SOLDAGEM**

**NOTA:** Este "Guia de Soldagem" destina-se a auxiliar os clientes na soldagem de produtos GET (*Ground Engaging Tools*), e se trata de um guia genérico de soldagem e não de um guia completo. Sua aplicação específica pode exigir diferentes práticas de soldagem. O mesmo não deve ser utilizado para projetos de uniões soldadas em caçambas ou outros acessórios. A MTG não se responsabiliza pelo uso indevido ou má interpretação desta informação.



## 1. PROCESSOS

O processo de soldagem pode ser realizado utilizando qualquer um dos seguintes listados abaixo:

**Soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido**  
 (SMAW - *Shielded metal arc welding*)

**Soldagem a arco elétrico com gás de proteção (GMAW - Gas-metal arc welding)**

**Soldagem a arco elétrico com arame tubular (FCAW - Flux-cored arc welding)**

Adicionalmente, combinações de SMAW e GMAW ou FCAW podem ser utilizadas.

## 2. CONSUMÍVEIS

### 2.1 CONSUMÍVEIS DE SOLDA SEM LIGA E DE BAIXA LIGA

Deve-se utilizar consumíveis sem liga e de baixa liga com resistência à tração de até 500 MPa. Esses consumíveis de soldagem reduzem o nível de tensão mecânica residual na junta e, portanto, a suscetibilidade à trincas por hidrogênio.

#### CONSUMÍVEIS DE SOLDA SEM LIGA E DE BAIXA LIGA

PROCESS	EN CLASS	AWS CLASS
SMAW	EN ISO 2560-A E42X	E70X DE ACORDO COM A5.1 OU EQUIVALENTE SOBRE A5.5
	EN ISO 14341-A G42X	E70C-X ACCORDING TO A5.18 OR EQUIVALENT UNDER A5.28
GMAW	EN ISO 14341-A G46X	E70S-X DE ACORDO COM A5.18 OU EQUIVALENTE SOBRE A5.28
	EN ISO 16834-A T42X	E7XT-X DE ACORDO COM A5.20 OU EQUIVALENTE SOBRE A5.29

NOTA: "X" PODE REPRESENTAR UM OU VÁRIOS CARACTÉRES.

### 2.2 CONSUMÍVEIS DE SOLDA INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS

Todos os produtos de ferro fundido fabricados pela MTG podem ser soldados com material de enchimento inoxidável austenítico do tipo AWS 307. Os consumíveis são apresentados a seguir de acordo com o processo utilizado:

**CONSUMÍVEL DE SOLDAGEM DE AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO**

PROCESSO	PADRÃO AWS
SMAW	E307-X DE ACORDO COM A5.4
GMAW	E307T-X DE ACORDO COM A5.22
	ER307 DE ACORDO COM A5.9
FCAW	307X DE ACORDO COM A5.22

NOTA: "X" PODE REPRESENTAR UM OU VÁRIOS CARACTÉRES.

**2.3 CONSIDERAÇÃO PARA O GÁS DE PROTEÇÃO**

Para a seleção do gás de proteção adequado, consulte as informações do fabricante dos consumíveis de soldagem. Quando um gás ou mistura é utilizado para proteção em qualquer processo de soldagem com proteção de gás, ele deve atender aos requisitos de AWS A5.32 / 5.32M, "*Specification for Welding Shielding Gases*".

**2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONTEÚDO DE HIDROGÊNIO**

Para processos de soldagem SMAW ou FCAW, deve-se utilizar eletrodos com um conteúdo de hidrogênio menor que 5ml/100g em relação ao metal da solda.

**3. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS**

A soldagem deve ser feita usando as seguintes características elétricas:

**3.1 POLARIDADE**

Todos os processos de soldagens devem ser realizados utilizando eletrodos de polo positivo de corrente contínua (DCEP - *Direct Current Electrode Positive*), exceto o GTAW que deve ser realizado utilizando eletrodos de polo negativo de corrente contínua (DCEP - *Direct Current Reverse Electrode Negative*).

**3.2 FAIXA DE CORRENTE E TENSÃO ELÉTRICA**

Nas tabelas a seguir, apresentam-se as faixas de correntes e tensões elétricas recomendadas para um procedimento específico e respectivo diâmetro do consumível de solda.

**SMAW**

DIÂMETRO DO ELETRODO	CORRENTE ELÉTRICA (AMPERES)
2.4 mm / 3/32 pol.	65 – 120
3.2 mm / 1/8 pol.	80 – 160
4.0 mm / 5/32 pol.	115 – 220
4.8 mm / 3/16 pol.	140 – 300
6.4 mm / 1/4 pol.	230 - 375

**GMAW & FCAW**

DIÂMETRO DO ELETRODO	TENSÃO ELÉTRICA (VOLTS)	CORRENTE ELÉTRICA (AMPERES)
1.14 mm / 0.045 pol.	22 – 30	220 – 320
1.59 mm / 1/16 pol.	25 – 35	250 – 360
2.4 mm / 3/32 pol.	25 - 35	360 - 500

### 3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE TAXA DE CALOR

A quantidade mínima de calor aplicado deve atender às especificações da AWS D14.8M, “*Standard Methods for the Avoidance of Cold Cracks*”.

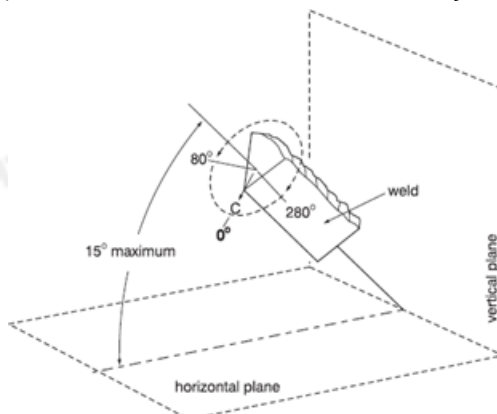
Para referência, os valores típicos de calor a serem aplicados variam na faixa de 1 kJ/mm a 2 kJ/mm visando 1,5 kJ/mm.

## 4. POSIÇÃO

Todos os cordões de solda devem ser realizados planos ou preferencialmente na posição horizontal. O desvio da posição plana ou horizontal é permitido, conforme a figura mostrada a seguir, como especificado na AWS D14.3, “*Specification for Welding Earthmoving and Construction Equipment*”.

O eixo longitudinal do cordão de solda não pode ser inclinado mais do que 15° em relação ao plano horizontal.

O centro da face de solda (C) deve estar dentro dos limites de rotação de 80° a 280°, conforme indicado.



## 5. PREPARAÇÃO DO METAL BASE (AÇO FUNDIDO OU LAMINADO)

### 5.1 LIMPIEZA

Limpe as superfícies adjacentes, área ao redor, às áreas do cordão de solda em um raio de 12,5 mm (0.5 pol.). O objetivo é eliminar tintas, graxas, ferrugem e outros elementos que podem gerar hidrogênio que pode ocasionar bolhas e liberação de gás durante o processo de soldagem, e consequentemente ocasionando trincas.

A remoção deve ser realizada por jateamento, jato de areia, retificação ou usinagem. Qualquer porosidade, areia ou outros defeitos visíveis nas superfícies de preparação de soldagem devem ser removidos por esmerilhamento ou goivagem.

## 6. PRECALENTAMIENTO, Tª ENTRE PASADAS Y T.T. POST-SOLDADURA

### 6.1 TEMPERATURAS

Antes de qualquer operação de esmerilhamento, goivagem e/ou soldagem, é necessário realizar o pré-aquecimento do lábio ou lâmina e dos produtos fundidos, FPS. Todo material dentro de um raio de 100 mm (4 pol.) desde o ponto de início da soldagem/serviço deve estar dentro da faixa de temperatura especificada antes de iniciar o cordão de solda/serviço.

A temperatura mínima de pré-aquecimento a ser aplicada é 175°C (347°F) ou a temperatura recomendada pelo fabricante do lábio, caso seja superior a 175°C (347°F). Isto se dá, para manter a dureza dos produtos FPS. **Temperaturas superiores a 250°C (480°F) não são recomendadas.** Se a umidade ambiente for alta e/ou a temperatura ambiente estiver abaixo de 5°C (40°F), a temperatura de pré-aquecimento deve ser aumentada em 25°C (80°F), ou seja, deve estar em 200°C (392°F).

Utilize mantas térmicas isolantes durante todo o processo. Se o pré-aquecimento e/ou o processo de soldagem for interrompido por qualquer motivo (troca de turno, por exemplo), a área já aquecida ou em processo de aquecimento deve ser coberta com estas mantas.

### 6.2 PRÉ-AQUECIMENTO

O pré-aquecimento com queimadores ou por maçarico é mais eficaz quando o calor é aplicado do lado oposto da área a ser trabalhada, enquanto as mantas isolantes são colocadas diretamente na área trabalhada. Estas mantas ajudam a distribuir o calor uniformemente na área, além de reter o calor que foi introduzido.

### 6.3 MEDIÇÃO

As temperaturas devem ser medidas utilizando pirômetros de contato, lápis indicadores de temperatura (por exemplo, "Tempilsticks") ou indicadores infravermelhos.

A temperatura máxima de interpasse pode ser medida diretamente no cordão de solda ou na área imediatamente adjacente.

## 6.4 TAXA DE RESFRIAMENTO

Após a conclusão da solda, resfrie a superfície trabalhada lentamente. Não permita que o fluxo de ar (vento) ou baixas temperaturas ambientes resfriem as peças/conjunto. **A taxa de resfriamento não deve exceder 55°C (131°F) por hora.** Se a temperatura ambiente for igual ou inferior a 5°C (41°F), ou se a taxa de resfriamento indicada não puder ser alcançada, a peça deve ser coberta com uma manta térmica.

## 6.5 TRATAMENTO TÉRMICO PÓS-SOLDA

Como opcional, após a conclusão da solda, porém como boa prática, realize um tratamento térmico de pós-soldagem para garantir o revenido de toda a peça. Realize um pós-aquecimento de 200°C (392°F), de no mínimo 2 horas (tempo a partir de atingido a temperatura) e em seguida realize o resfriamento a ar.

# 7. TÉCNICAS DE SOLDAGEM

## 7.1 SOLDAGEM

Antes de soldar, limpe as superfícies de acordo com o procedimento detalhado na seção “Limpeza”. As soldas devem consistir, preferencialmente, em filetes longitudinais. No entanto, filetes transversais são permitidos para estender a largura do cordão de solda, de forma que não seja maior do que três vezes o diâmetro do eletrodo. Cada passe de solda deve se fundir homogeneamente com o cordão adjacente ou com a superfície do metal base.

Limpe cada passe de solda depositado antes de aplicar um próximo cordão de solda. A limpeza pode ser realizada utilizando martelos picador de escória manuais (martelo picola), desincrustador pneumático de agulha, escovas de arame/escovas de aço ou qualquer uma combinação destas ferramentas.

**NOTA:** Em condições normais, é recomendado aplicar camadas de raiz e posteriormente vários cordões de solda ao usar o Processo de Soldagem SMAW, utilizando eletrodos E7018 que foram mantidos secos em estufa de acordo com as especificações do fabricante. Se esta informação não estiver disponível, mantenha os eletrodos em uma estufa em temperaturas entre 65 °C a 150 °C (150 °F a 302 °F) por duas horas. Ou senão utilize os processos de soldagem GMAW ou FCAW. Isto reduzirá a entrada de calor nos filetes da raiz da junta de solda.

Não soldar a menos de 19 a 25 mm (0.75 a 1.00 pol.) da borda frontal do lábio.

## 7.2 FINALIZANDO O CORDÃO DE SOLDA

Quando as extremidades dos cordões de solda estão localizadas no produto acabado, o soldador deve executar um procedimento apropriado para finalizar o cordão de solda, para evitar trincas.

Ao soldar com o processo SMAW, o método mais simples para finalizar o cordão de solda é interromper o progresso da solda por um curto período e em seguida, interromper o arco elétrico. Outra forma para proceder, é inverter a direção de avance da solda retrocedendo aproximadamente 10 mm (3/8 pol.) antes de interromper o arco elétrico.

Já para soldagem pelos processos FCAW ou GMAW, é recomendável interromper o arco elétrico por um curto período, continuar o avanço do cordão de solda por uma curta distância e finalmente interromper o arco elétrico de forma permanente.

## 8. ACABAMENTO DA SOLDA

Para melhorar a resistência da união soldada quanto a trincas devido presença de hidrogênio e quanto a trincas por fadiga, uma ou mais técnicas de acabamento podem ser utilizadas. Estas técnicas de acabamento são orientadas para melhorar a geometria da margem da solda e modificar a tensão residual após a soldagem.

As técnicas orientadas para melhorar a geometria incluem: esmerilhamento e dressagem GTAW (TIG).

Já os acabamentos orientados para modificar a tensão residual após a soldagem incluem: desincrustador tipo pistolas de agulhas (*needle peening*) e impacto mecânico de alta frequência (HFMI - *High Frequency Mechanical Impact*).

### TÉCNICAS DE ACABAMENTO DE SOLDA

MÉTODO	MELHORIA DA GEOMETRIA DA SOLDA		EFEITOS MECÂNICOS
	AUMENTA E SUAVIDA A TRANSIÇÃO	MINIMIZA DEFEITOS	INDUZ TENSÕES RESIDUAIS COMPRESSIVAS
ESMERILHAMENTO	X	X	-
DRESSAGEM TIG	X	X	-
DESINCRUSTADOR	X	X	X
HFMI	X	X	X

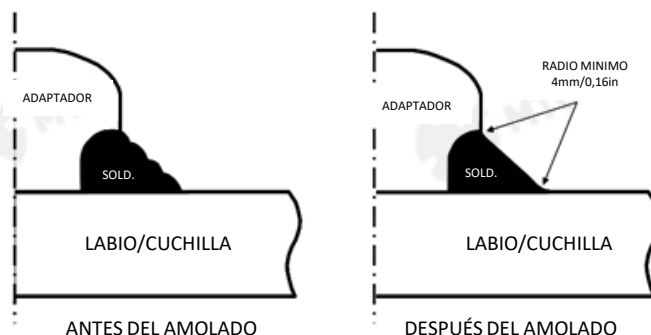
Importante destacar que a técnica do acabamento é importante também para minimizar os efeitos das ZTA – Zona Termicamente Afetada. E para isso, é recomendável a aplicação do passe de revenimento no cordão de solda.

No mínimo, todas as soldas fundidas devem ser retificadas, sendo também recomendável um processo por desincrustador tipo pistolas de agulhas ou GTAW (TIG).

### 8.1 AMOLADO

As superfícies das soldas entre adaptador e lábio devem ser esmerilhadas cuidadosamente a partir das extremidades frontais, com 65 mm a 75 mm (2½ pol. a 3 pol.). Todas as soldas em ambos os lados, tanto na parte superior, quanto na parte inferior do lábio, devem ser esmerilhadas.

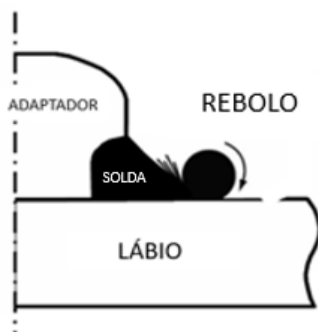
O esmerilhamento deve produzir uma superfície lisa livre de rugosidade e irregularidades associadas aos cordões de solda. As margens da solda devem fundir-se suavemente com o lábio e o adaptador (metal base) com um raio mínimo de 4 mm (5/32 pol.), como representado na figura abaixo.



O processo de esmerilhamento deve ser feito utilizando esmerilhadeiras elétricas ou pneumáticas de alta velocidade com rebolos de até 50 mm (2 pol.) de diâmetro. **NÃO É RECOMENDADO A UTILIZAÇÃO DE ESMERILHADEIRAS ANGULARES PARA ESTE TIPO DE TRABALHO.**

O esmerilhamento deve ser feita com o perímetro do rebolo e não com a sua face. A direção do esmerilhamento deve ser perpendicular às margens das soldas, conforme ilustrado a seguir.

Direção apropriada do esmerilhamento:



Para o desbaste das margens dos cordões de solda é recomendado a utilização de rebolos cônicos, e para garantir um bom acabamento, o grão de rebolo não deve ultrapassar 24 grit (grão 24).

## 8.2 DRESSAGEM GTAW (TIG)

Este processo envolve a utilização uma tocha GTAW (TIG) para garantir uma solda autógena ao longo da margem do cordão de solda, ou seja, uma solda de fusão no qual ocorre sem participação de metal de adição.

A fonte de alimentação elétrica para este processo deve conter o recurso de inicialização em alta frequência, pois não é permitido a abertura do arco por batida. E preferencialmente utilizar o controle automático por pedal para garantir o preenchimento adequado do cordão.

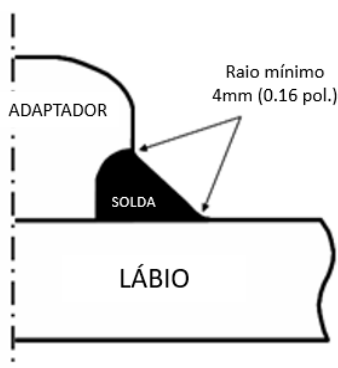
### GTAW

PROCESSOS	GTAW	
TIPO DE ELETRODO	AWS EWTh-2 (2% TORIADO)	
DIÂMETRO DO ELETRODO	2.4 mm a 4.0 mm / 3/32 pol. a 5/32 pol.	
GÁS DE PROTEÇÃO	100% ARGÔNIO	
VOLUME DE GÁS	13 mm / 0.50 pol.	
VAZÃO DE GÁS	9,4 a 14,2 l/minuto / 20 a 30 pé.V.hora	
TIPO DE CORRENTE ELÉTRICA	CORRENTE CONTÍNUA	
POLARIDADE ELÉTRICA	DIRETA (ELETRODO NEGATIVO)	
FAIXA DE CORRENTE ELÉTRICA	2.4 mm / 3/32 pol.	175 a 250 AMPERES
	3.2 mm / 1/8 pol.	250 a 300 AMPERES
	4.0 mm / 5/32 pol.	400 a 500 AMPERES
DISTÂNCIA DE TRABALHO DO ELETRODO	1.6 mm a 3.2 mm / 1/16 pol. a 3/32 pol..	



Quaisquer defeitos ao longo das margens dos cordões de solda devem ser corrigidos por esmerilhamento ou soldagem antes do processo de dressagem GTAW. A tocha deve ser posicionada sobre a margem da solda e deve ser orientada para produzir um cordão de solda liso sem entalhe. O soldador deve controlar a velocidade de deslocamento para obter um cordão variando de 4,8 mm a 8 mm (3/16 pol. a 5/16 pol.) de largura.

Recomenda-se que a dressagem GTAW seja realizada nas margens de solda ao longo dos cordões nas pernas superior e inferior do adaptador, conforme figura a seguir.



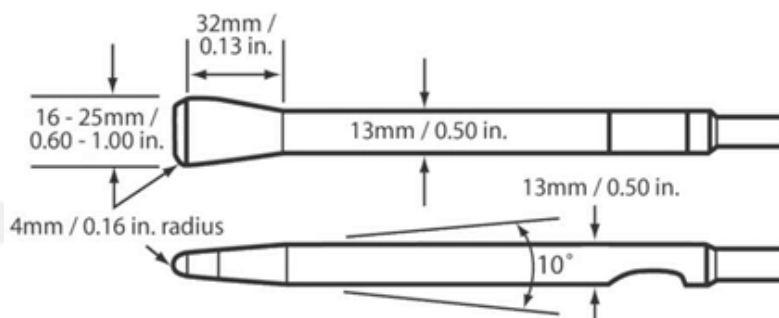
### 8.3 MARTILLEADO DE LA SOLDADURA

Certas soldas podem ser exigidas pelo desenho/projeto e estar sujeitas a desincrustador. E para isto deve ser utilizado uma pistola (martelo) de agulhas pneumático com as seguintes especificações apresentada a seguir.

#### ESPECIFICAÇÕES DA PISTOLA DE AGULHAS PNEUMÁTICA

PRESSÃO DE AR	CONSUMO DE AR	DESLOCAMENTO (STROKE)	CICLO POR MINUTO
6.2 bar / 90 psi	340 l/minuto / 12 pés 3/minuto	32 mm / 1.13 pol.	4600

As ferramentas desincrustadoras devem ser feitas de aço, com dureza da ponta de pelo menos HRC55. As pontas devem ser cuidadosamente arredondadas para eliminar todos os cantos e devem ser polidas para um acabamento fino. Para preservar a geometria e o acabamento da solda, essas ferramentas devem ser usadas estritamente para as margens do cordão de solda e nenhum outro propósito. Quaisquer mudanças na geometria no acabamento da agulha (ponta) devido ao desgaste requerem que a ponta seja retificada e polida e/ou se possível substituída.



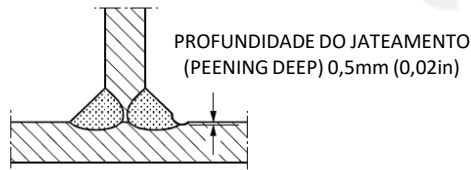
Quaisquer defeitos ou imperfeições ao longo da margem das soldas devem ser corrigidos por esmerilhamento ou soldagem de reparo antes de iniciar o processo de desincrustação.

Durante este procedimento, a temperatura da peça a ser trabalhada deve estar abaixo de 200°C (400°F), e a pistola (martelo) de agulhas deve ser posicionada firmemente contra o cordão de solda de modo que a agulha fique ao longo da margem da solda.

A ferramenta deve sempre ser orientada no ângulo de bisel (chanfro) daquele formado pelo cordão de solda e o metal de base. Para a operação deve-se mover a ferramenta lentamente numa velocidade de 200 mm a 300 mm (8 pol. a 12 pol.) por minuto ao longo do cordão de solda para produzir um acabamento com profundidade contínua e homogêneo de 0,4 mm a 0,8 mm (1/64 pol. a 1/32 pol.).

## 8.4 IMPACTO MECÂNICO DE ALTA FREQUÊNCIA (HFMI)

O objetivo do HFMI é criar uma depressão de 0,5 mm (1/50 pol.) ao longo da margem do cordão de solda do lábio e ao adaptador, através de forças de compressão. O comprimento da depressão deve ser indicado nas instruções de soldagem específicas de cada item, quando necessário ou requerido.



Para o processo de HFMI, deve-se utilizar algum dos recursos listados a seguir:

### HFMI

#### DISPOSITIVOS

Tratamento por impacto ultrassônico (UIT)

Peening ultrassônico (UP)

Tratamento por peening ultrassônico (UPT)

Tratamento por Punção ultrassônica com agulhas (UNP)

Tratamento por impacto pneumático (PIT)

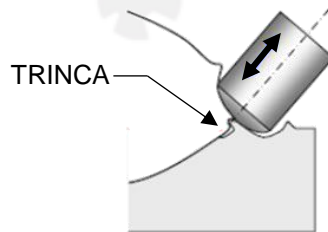
Tratamento de impacto de alta frequência (HiFiT)

Qualquer dispositivo que possua uma frequência superior à 90 Hz

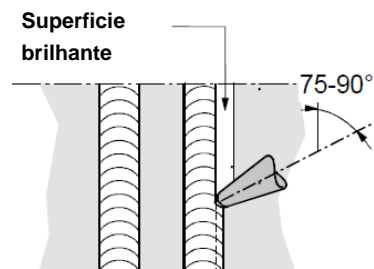
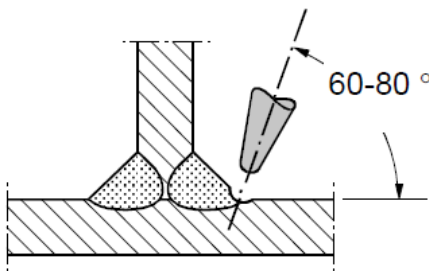




O intender (ponta do dispositivo) a ser utilizado não deve ser maior que 12 mm (1/2 pol.) de diâmetro, pois dimensões maiores não irão proporcionar o acabamento na margem da solda e podem deformar o cordão de solda, além criar potenciais trincas na junção soldada.



Para um acabamento eficaz requer um posicionamento preciso da ponta da ferramenta (intender) sobre a margem solda de modo que o metal de cada lado (tanto o metal de solda quanto a peça) seja deformado. Isso normalmente será alcançado apoiando o dispositivo firmemente e mantendo a ponta da ferramenta (intender) em contato com a margem de solda, em um ângulo, de 45° à medida que ela é movida ao longo do cordão de solda, conforme mostrado na figura abaixo.



A ranhura resultante do processo deve ser lisa e homogêneas, conforme ilustrado na figura a seguir. De modo que a velocidade de deslocamento dependerá, do acesso e da posição de perfuração do intender (ponta do dispositivo) além do equipamento utilizado.

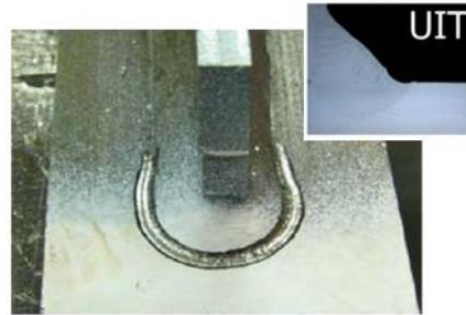
Uma pistola do tipo martelo que seja pesada, vibrará e fará com que a ferramenta salte ao longo da solda, perdendo áreas de contato. Desta forma, para compensar este efeito o processo deve ser repetido quatro vezes, ou seja, quatro passagens. Já para pistolas do tipo martelo mais leves e com amortecimento de vibrações a velocidade de deslocamento será mais lenta e, portanto, terá um tratamento mais completo por passagem.

As velocidades de deslocamento serão de 50 mm/min a 100 mm/min (2 in/min a 4 in/min), semelhante às velocidades de soldagem padrão.

QUANDO SOLDADO



APÓS PROCESSO HFMI



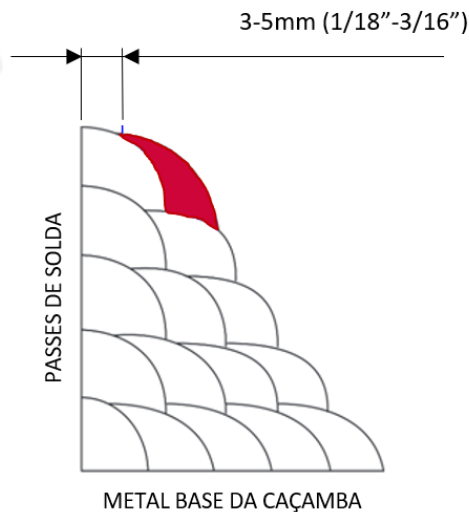
## 8.5

### PASSE DE REVENIMENTO

O passe de revenimento para cordão de solda é um passe de solda adicional que é aplicado assim que a junta estiver completamente preenchida, com efeito de tratamento térmico de pós-aquecimento.

O calor deste passe adicional sobre o cordão de solda final ajuda a minimizar os efeitos das zonas termicamente afetadas (ZTA).

Este passe de solda deve ser depositado de 3 mm a 5 mm (1/8 pol. a 3/16 pol.) de distância do passe de solda final, como mostra a imagem a seguir.



## 9. INSPEÇÃO

Após a conclusão do processo de soldagem, todas as soldas devem ser submetidas à inspeção visual e por partícula magnética.



### **Instruções de operação**

Recomendações de soldagem, bem como instruções atualizadas de montagem/desmontagem, podem ser encontradas nas páginas a seguir:

[www.mtgcorp.com/manuals](http://www.mtgcorp.com/manuals)

Se tiver alguma dúvida, entre em contato com os Serviços Técnicos:

[technical.services@mtgcorp.com](mailto:technical.services@mtgcorp.com)



---

#### **MTG HEADQUARTERS**

Carrer d'Àvila, 45  
08005 Barcelona (Spain)  
(+34) 93 741 70 00  
[info@mtgcorp.com](mailto:info@mtgcorp.com)

#### **MTG NORTH AMERICA**

4740 Consulate Plaza Drive  
Houston, TX 77032 (USA)  
+1 (281) 872 1500  
[Info.na@mtgcorp.com](mailto:Info.na@mtgcorp.com)

#### **MTG AUSTRALIA**

16 – 18 Thorpe Close  
Welshpool, WA, 6106 (AUS)  
+61 8 6248 6513  
[Info.au@mtgcorp.com](mailto:Info.au@mtgcorp.com)