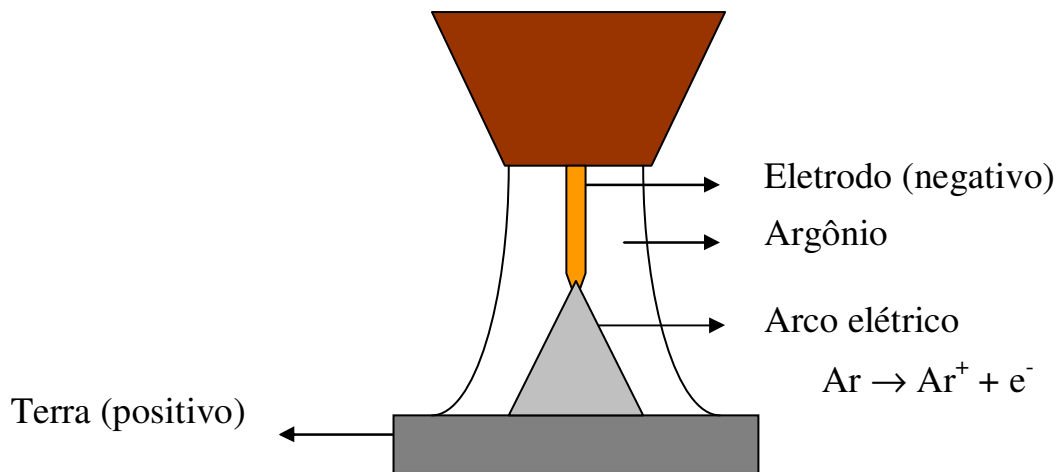


Processo TIG

No processo de soldagem a arco sob proteção gasosa, a região a se unir é aquecida até que se atinja o ponto de fusão, para que isto ocorra, é fornecida uma energia através do arco elétrico, que irá fundir tanto o metal base como o metal de adição, formando uma poça do metal líquido.

No arco elétrico temos cargas elétricas fluindo entre dois eletrodos através de uma coluna de gás ionizado como mostra a figura a baixo.



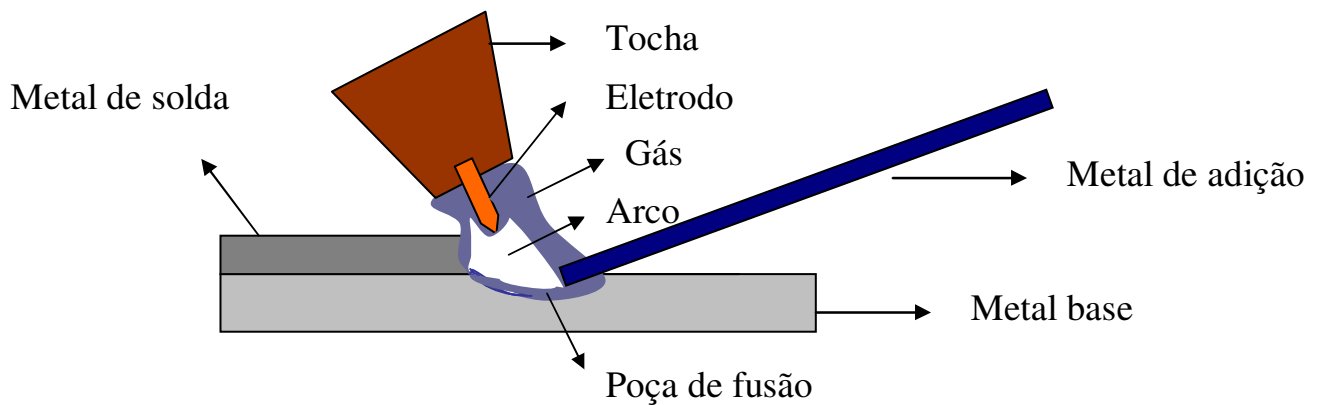
São utilizados gases de proteção com características químico-físicas específicas, para isolar a região de soldagem dos contaminantes atmosféricos (nitrogênio, oxigênio e vapor de água), ajudar a formar o arco elétrico e mantê-lo estável.

A altura do arco elétrico é controlada pela distância entre o eletrodo e a peça a ser soldada, e sua intensidade pela corrente elétrica (amperagem) que se faz fluir através da coluna de gás ionizado (plasma).

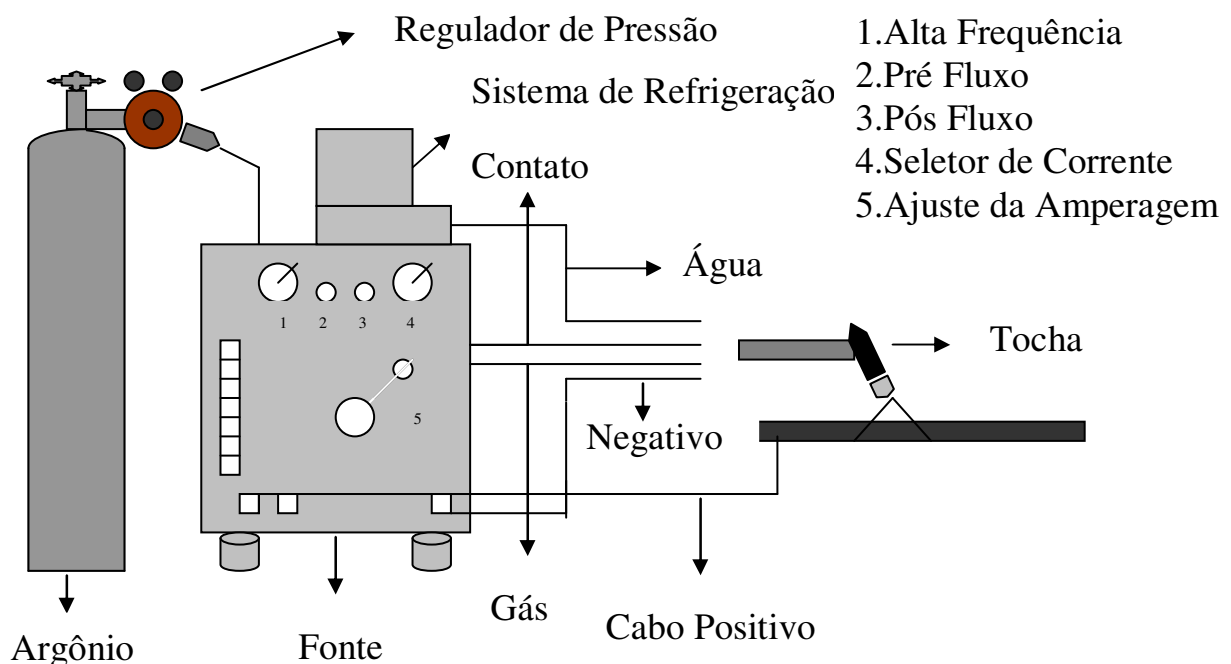
O processo TIG, na maior parte de sua aplicação, é um processo essencialmente manual de soldagem. Aplicado principalmente na soldagem de chapas finas (0,2 a 3,0 mm) de aços ao carbono, aços inoxidáveis, alumínio e suas ligas, cobre e suas ligas, titânio e onde os requisitos de propriedades mecânicas ou acabamento exigem este tipo de processo de soldagem. O calor necessário para o processo é fornecido pelo arco elétrico que é estabelecido a partir de um eletrodo não consumível de tungstênio puro ou ligado.

Para evitar a oxidação deste eletrodo por gases ativos como o CO₂ e o oxigênio, são utilizados neste processo gases inertes puros, combinados ou não. A escolha da proteção ideal depende da espessura e tipo de metal base a ser soldado.

Durante a operação de soldagem manual, após a determinação da corrente de soldagem e vazão de gás, o soldador deve controlar a altura do arco elétrico, a velocidade de soldagem e a alimentação do metal de adição através de varetas.



A fonte de soldagem fornece corrente (amperagem) constante podendo ser contínua ou alternada. Com corrente contínua deve-se utilizar a polaridade direta, isto é, o eletrodo conectado no polo negativo e a peça no polo positivo. O valor e tipo da corrente dependem da espessura e tipo de metal base a ser soldado.



Na fonte, além do controle do valor da corrente de soldagem, temos o pré fluxo de gás que determina o intervalo de tempo entre o início da vazão e a ignição do arco elétrico (protegendo o eletrodo na abertura do arco elétrico), o pós fluxo que determina o intervalo de tempo entre a extinção do arco e o fim da vazão de gás (protegendo a poça de fusão e o eletrodo, ainda quentes, da oxidação no final da operação de soldagem) e a intensidade da corrente de alta frequência (utilizada para abertura do arco elétrico e estabilizar o arco com corrente alternada).

As fontes para o processo TIG são do tipo corrente constante podendo fornecer corrente contínua, alternada com onda senoidal ou quadrada, e correntes pulsadas (as fontes utilizadas no processo eletrodo revestido podem ser facilmente adaptadas ao processo TIG). Os valores de corrente fornecidos pelas fontes TIG geralmente variam de 5 a 500 A, abrangendo uma grande gama de espessuras a partir de 0,2 mm. A tensão em circuito aberto não ultrapassa 80 V para a segurança do operador.

Gases de Proteção

Os gases de proteção utilizados no processo TIG tem a função de formar e estabilizar o arco elétrico, proteger a poça de fusão dos contaminantes atmosféricos e o eletrodo de Tungstênio da oxidação (o eletrodo se oxidado perde sua propriedade de alta emissividade eletrônica desestabilizando o arco elétrico).

Os gases utilizados neste processo devem, ser inertes, daí a denominação TIG (Tungstênio Inerte Gás). Os mais utilizados são o argônio, Hélio, Misturas de Argônio e Hélio, e Misturas de Argônio e Hidrogênio.

O Argônio é o gás comumente utilizado neste processo devido as seguintes características:

- Baixo custo;
- Alta densidade relativa (1,38) conferindo boa proteção do eletrodo, do arco elétrico e da poça de fusão;
- Ótima estabilidade de arco;
- Penetração de solda satisfatória na maior parte das aplicações.

Quando é necessário maior aporte térmico, como no caso da soldagem do alumínio e suas ligas, cobre e suas ligas de grande espessuras, além do pré aquecimento, é recomendado o uso do Hélio ou misturas de Hélio e Argônio.

O Hélio possui alta condutividade térmica, bem superior ao argônio, fornecendo mais calor à poça de fusão proporcionando soldas com boa penetração e molhabilidade. A figura a seguir mostra as diferenças do perfil de penetração da solda com Hélio e Argônio.



A utilização do Hélio puro possui os seguintes pontos desfavoráveis:

- Alto custo;
- Baixa densidade relativa (0,14) sendo necessário altas vazões para a mesma eficiência de proteção do argônio;
- Alta tensão do arco para o mesmo nível de corrente com o Argônio;
- Difícil ignição do arco.

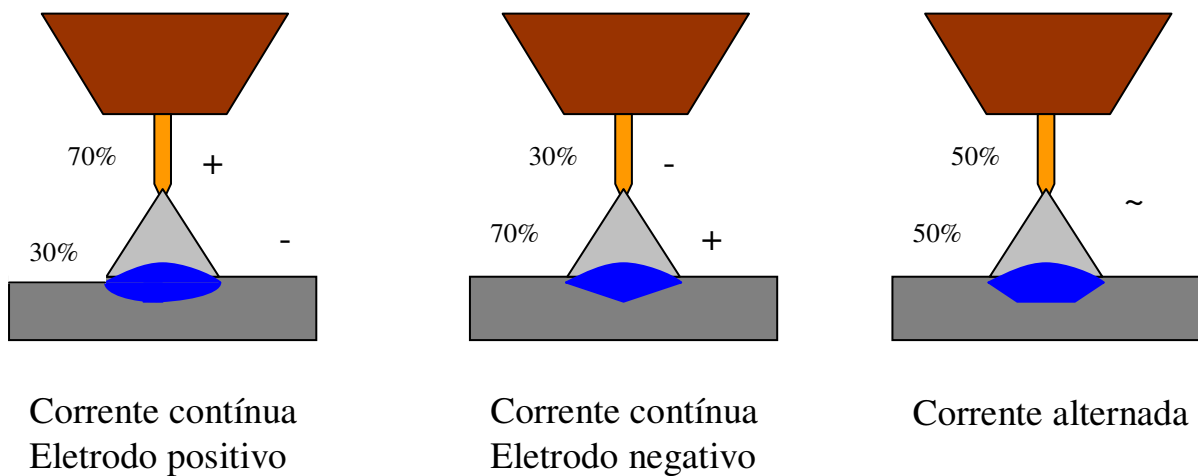
Portanto, as misturas de Argônio e Hélio que apresentam características intermediárias entre os dois gases, são muitas vezes a melhor alternativa na escolha do gás de proteção ideal para determinada aplicação.

O Hidrogênio, apesar de ser um gás ativo, tem característica redutora, podendo ser adicionado ao Argônio em pequenas quantidades (menor que 5%) afim de aumentar a penetração da solda e a velocidade na soldagem automatizada de aços inoxidáveis.

Corrente Elétrica

O tipo de corrente elétrica utilizada neste processo influencia a penetração de solda, a limpeza superficial dos óxidos da superfície do metal base e o desgaste do eletrodo de Tungstênio.

A figura abaixo mostra o efeito do tipo de corrente na penetração de solda e na concentração de calor no eletrodo e na peça.



Corrente contínua com polaridade direta (eletrodo negativo) é a recomendada, apesar de não proporcionar ação de limpeza. Com este tipo de corrente, a penetração é profunda e o desgaste do eletrodo é minimizado.

Aplica-se a soldagem da maioria dos metais, todos os tipos de aços, cobre e suas ligas, titânio, ou seja, metais onde não é necessária a limpeza dos óxidos superficiais.

Na corrente reversa (eletrodo positivo) a ação de limpeza é eficiente mas o desgaste excessivo do eletrodo inviabiliza a aplicação deste tipo de corrente.

Na corrente alternada temos características intermediárias as anteriores. Este tipo de corrente, por promover média penetração e ação de limpeza satisfatória é a indicada para a soldagem do alumínio e suas ligas e magnésio e suas ligas, metais onde a limpeza dos óxidos superficiais é fundamental na realização da operação de soldagem. Sempre que é utilizado este tipo de corrente, o ignitor de alta frequência permanece acionado durante toda a operação de soldagem para estabilizar o arco elétrico.

Eletrodos

Os eletrodos para o processo TIG são as varetas sinterizadas de tungstênio puro ou ligado ao tório ou zircônio, ambos na forma de óxidos.

O tungstênio possui alto ponto de fusão (3.392 °C) e evaporação (5.906 °C) e ótimas características de emissividade eletrônica. Estes eletrodos seguem a classificação AWS conforme tabela abaixo:

Classificação AWS	Composição Química (% em peso)				
	Tungstênio	Tório	Zircônio	Outros	Cor de identificação
EWP	99,5	-	-	0,5	Verde
EWTh-1	98,5	0,8 a 1,2	-	0,5	Amarelo
EWTh-2	97,5	1,7 a 2,2	-	0,5	Vermelho
EWZr	99,2	-	0,15 a 0,40	0,5	Marrom

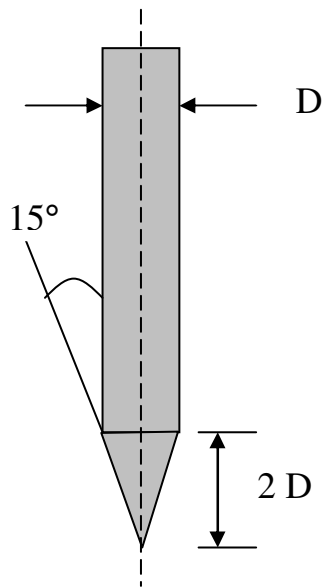
A adição destes elementos tem a finalidade de aumentar a emissividade eletrônica, estabilidade de arco e durabilidade do eletrodo.

A tabela a seguir mostra os valores de corrente elétrica em função do tipo e diâmetro do eletrodo e tipo de corrente elétrica utilizada, onde pode-se notar o baixo nível de corrente suportado pelo eletrodo pelo desgaste do mesmo com corrente contínua polaridade reversa (eletrodo positivo).

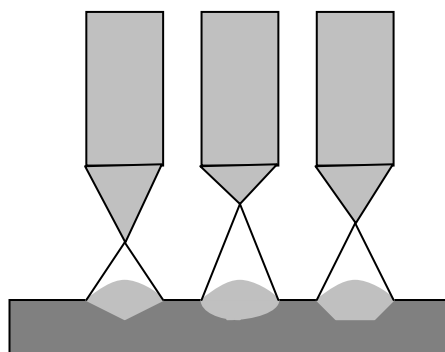
Diâmetro do Eletrodo (mm)	Corrente contínua (A)		Corrente alternada (A)	
	CCPD	CCPI	EWP	EWZr
0,26	Até 15	-	Até 15	Até 15
0,51	5 – 20	-	5 – 15	5 – 20
1,02	15 – 80	-	10 – 60	15 – 80
1,59	70 – 150	10 – 20	50 – 100	70 – 150
2,38	150 – 250	15 – 30	100 – 160	140 – 235
3,18	250 – 400	24 – 40	150 – 210	225 – 325
3,97	400 – 500	40 – 55	200 – 275	300 – 400
4,76	500 – 750	55 – 80	250 – 350	400 – 500
6,35	750 – 1.000	80 – 125	325 – 450	500 – 630

O eletrodo de tungstênio puro é utilizado na soldagem com corrente alternada, sendo que os ligado ao zircônio suporta maior nível de corrente como mostrado na tabela. Com corrente contínua é recomendado a utilização do eletrodo ligado ao tório.

Perfil da ponta do eletrodo – Na utilização de corrente contínua a ponta do eletrodo deve ser afinada conforme figura a baixo.



É importante que a afiação seja no sentido longitudinal ao eixo do eletrodo e bem uniforme para proporcionar um arco estável. Alterando-se o ângulo da ponta do eletrodo obtém-se variação no perfil da penetração. Ângulos agudos concentram mais o arco aumentando a penetração e ângulos maiores diminuem a penetração aumentando a largura do cordão conforme mostrado a seguir. Os ângulos mais usados são 20°, 30° e 40°



Na utilização de corrente alternada, a ponta do eletrodo deve tomar a forma arredondada. Quando a amperagem usada é adequada ao diâmetro do eletrodo, esta configuração é alcançada pela fusão da ponta do eletrodo abrindo-se o arco por alguns instantes.

Metais de adição

Os metais de adição para o processo TIG são fornecidos, para soldagem manual, na forma de varetas com um metro de comprimento e em vários diâmetros, sendo os de 1,6 a 6,4 mm os mais comumente utilizados. Para a soldagem automatizada o metal de adição é fornecido em bobinas de arames que são alimentados por sistemas semelhantes aos processo MIG/MAG.

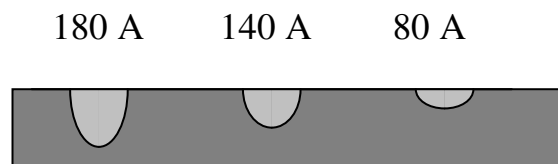
Existe uma grande variedade de metais de adição para o processo TIG tornando este aplicável a soldagem de praticamente todos os metais industrialmente utilizados (aços ao carbono, inoxidáveis, alumínio e suas ligas, cobre e suas ligas, magnésio e suas ligas, níquel, titânio, ferro fundido, etc.).

Estes metais seguem a classificação AWS e são especificados pela composição química conforme tabela:

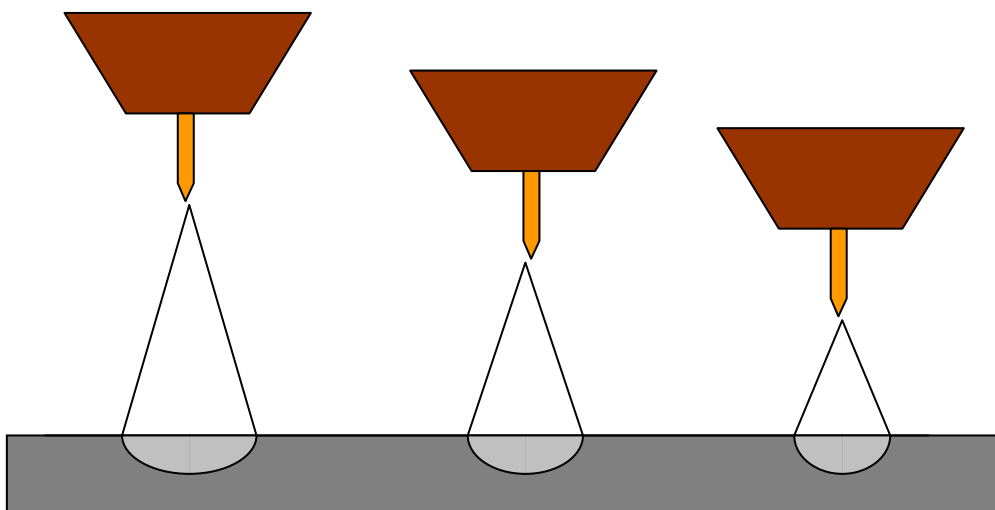
AWS	C	Mn	Si	P	S	Outros	LT MPa	LE MPa	Alon (%)
ER 70 S 2	0,07	0,90 a 1,40	0,40 a 0,70	0,025 máx.	0,035 máx.	Ti 0,05/0,15 Zr 0,02/0,12 Al 0,05/0,15	>500	>420	22
ER 70 S 3	0,07 a 0,15	0,90 a 1,40	0,45 a 0,70			-			
ER 70 S 4	0,07 a 0,15	1,00 a 1,50	0,65 a 0,85			-			
ER 70 S 5	0,07 a 0,19	0,90 a 1,40	0,30 a 0,60			Al 0,05/0,90			
ER 70 S 6	0,07 a 0,15	1,40 a 1,85	0,80 a 1,15			-			
ER 70 S 7	0,07 a 0,15	1,50 a 2,00	0,50 a 0,80			-			

Variáveis de processo

Corrente elétrica (amperagem) – A principal influência desta variável está no controle da penetração do cordão de solda. A figura mostra o aumento da penetração com o aumento da corrente para uma mesma velocidade de soldagem.

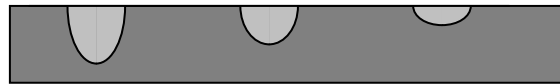


Distância do eletrodo à peça – Esta variável controla a altura do arco elétrico. Quanto maior a distância do eletrodo à peça, maior a altura e largura do arco elétrico. Com isto, maior área do metal base é aquecida, resultando num cordão mais largo.

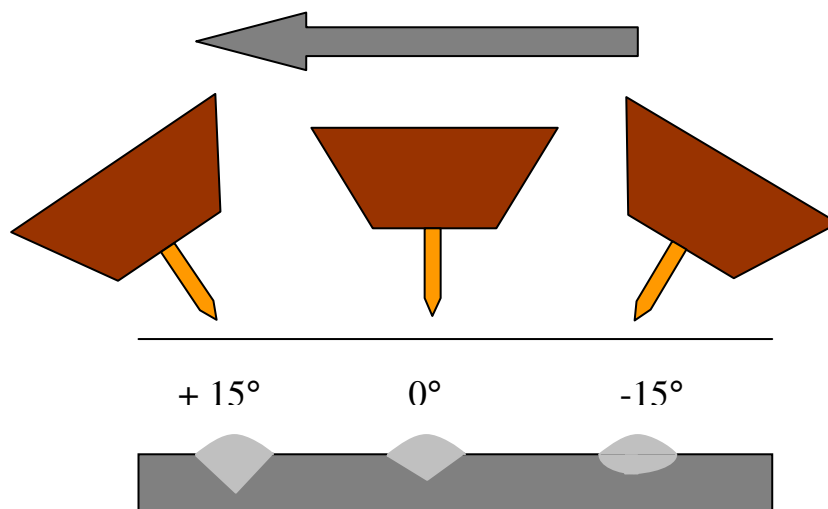


Velocidade de avanço – Esta variável também influencia a penetração de solda. Para uma velocidade muito alta de soldagem, o arco não permanece tempo suficiente na região de solda para proporcionar uma boa fusão e penetração do cordão. Já para uma velocidade baixa, a penetração aumenta, mas para uma velocidade excessivamente baixa de soldagem, o próprio metal fundido na poça funciona como isolante térmico para a transferência de calor do arco para o metal base, prejudicando também a penetração de solda.

0,15 0,18 0,20
m/min m/min m/min



Inclinação na tocha – Esta é outra variável que tem influência sobre a penetração de solda. De acordo com a figura a seguir, soldando-se com inclinação positiva (puxando a solda), o arco elétrico atua diretamente sobre a poça de fusão, aumentando a penetração. Já, no sentido negativo (empurrando a solda), o arco elétrico permanece sobre o metal de base frio, reduzindo a penetração da solda.



Obs.: Na soldagem do alumínio e suas ligas deve-se trabalhar com inclinação negativa (empurrando).

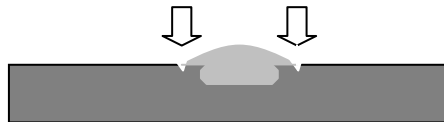
Vazão de gás – A vazão do gás é responsável pela proteção adequada do eletrodo e da poça de fusão garantindo soldas isentas de oxidação e porosidade.

Seu valor ideal depende do tipo de metal a ser soldado, condições de ventilação do ambiente e nível de amperagem utilizado.

Logicamente, em função destes fatores, quanto menor o seu valor maior a economia de gás no processo de soldagem.

Defeitos de soldagem

Mordedura



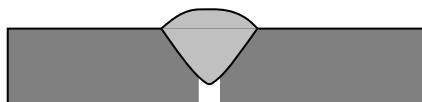
- Alta velocidade de soldagem;
- Alta amperagem;
- Alta distância da tocha à peça;
- Manuseio inadequado da tocha.

Falta de fusão



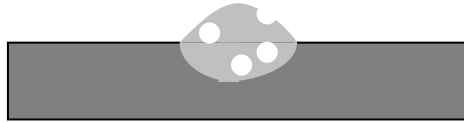
- Baixa amperagem;
- Junta inadequada;
- Manuseio inadequado da tocha.

Falta de penetração



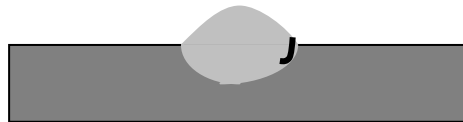
- Baixa amperagem;
- Alta velocidade de soldagem;
- Junta inadequada.

Porosidade



- Vazão inadequada (muito alta ou baixa);
- Superfície com impurezas (tinta, óleo, graxa, umidade, oxidação);
- Distância tocha-peça muito alta.

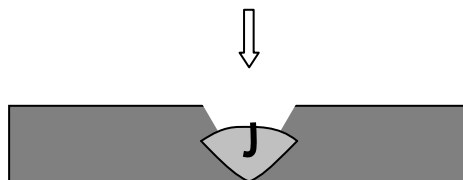
Inclusão de tungstênio



- Contato do eletrodo na poça de fusão.

Trincas de solidificação

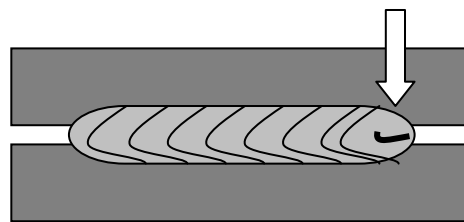
No centro de cordão



- Alta restrição, principalmente no passe de raiz em juntas de grande espessura;

- Metal de Adição inadequado.

Na cratera



- Preenchimento incompleto da cratera;
- Alta amperagem.

Técnicas de Soldagem

Limpeza

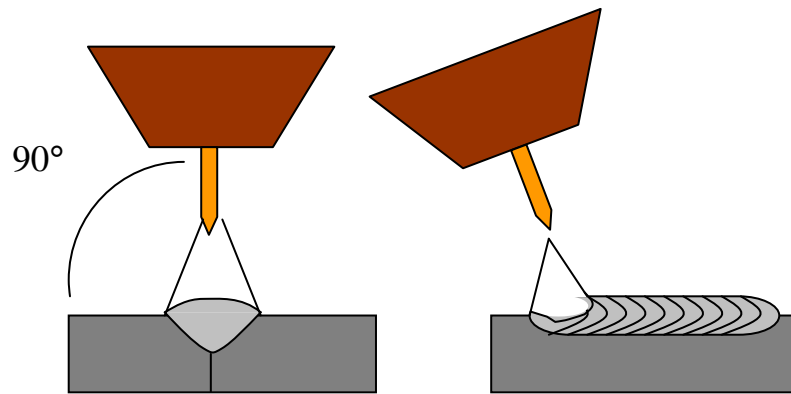
A preparação de junta a ser soldada é fundamental para a obtenção de soldas de alta qualidade. O processo TIG, por não ser eficiente na desoxidação e limpeza da poça de fusão, exige limpeza rigorosa da junta, retirando-se resíduos de óleo, graxa, fuligem, etc. As bordas devem estar ao metal brilhante e quando necessário é feita a proteção com um gás inerte, geralmente o próprio argônio, na contra solda em passes de raiz, como na soldagem de tubulações de aços inoxidáveis.

Posicionamento da tocha

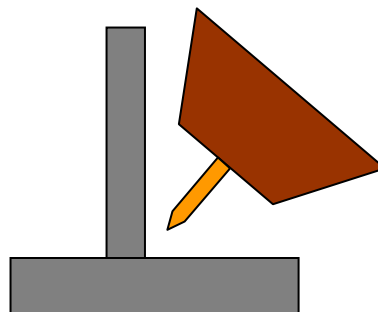
As figuras a seguir mostram posições da tocha recomendadas para a execução de soldas de boa qualidade.

- Para juntas de topo

Inclinação de 5 a 15°

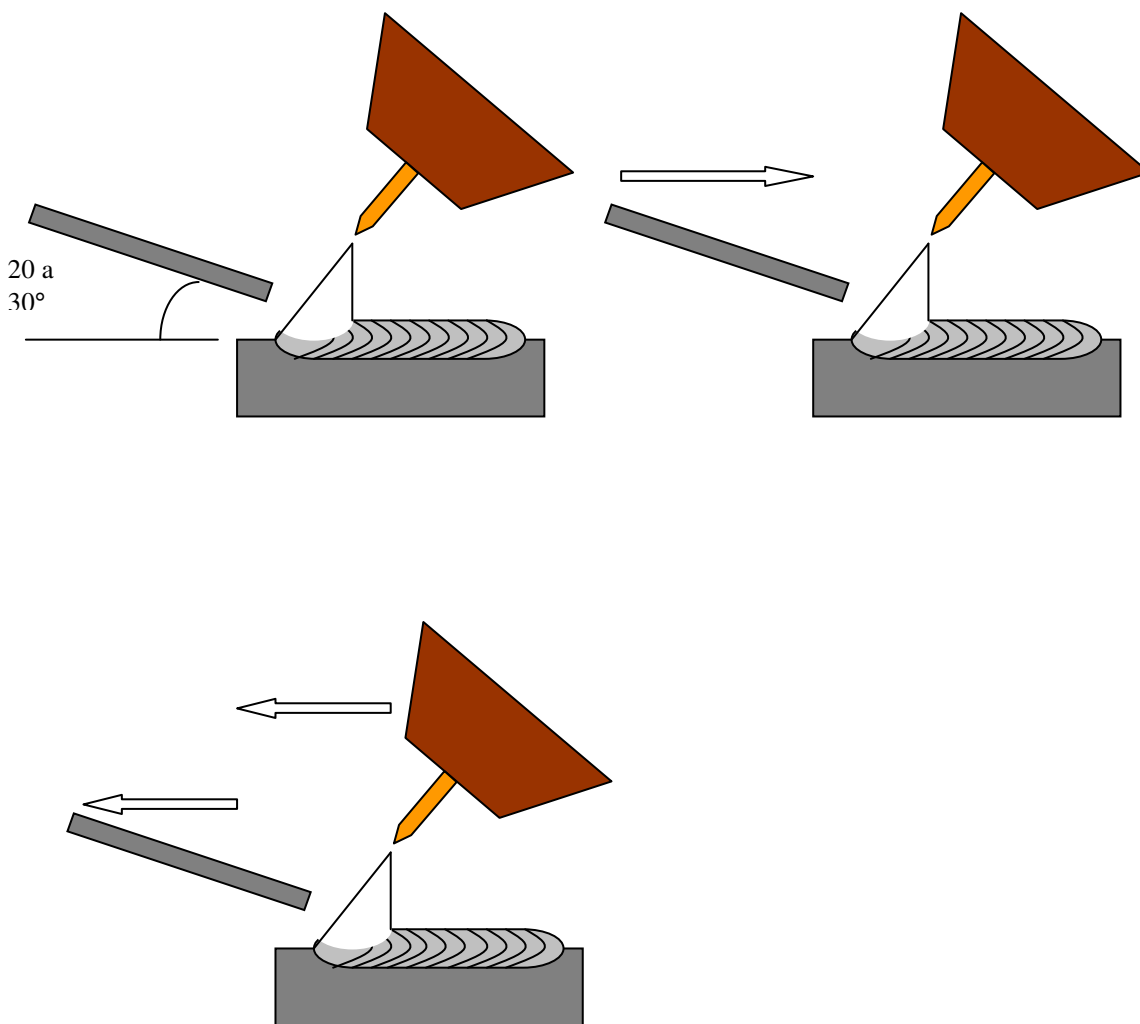


- Em ângulo

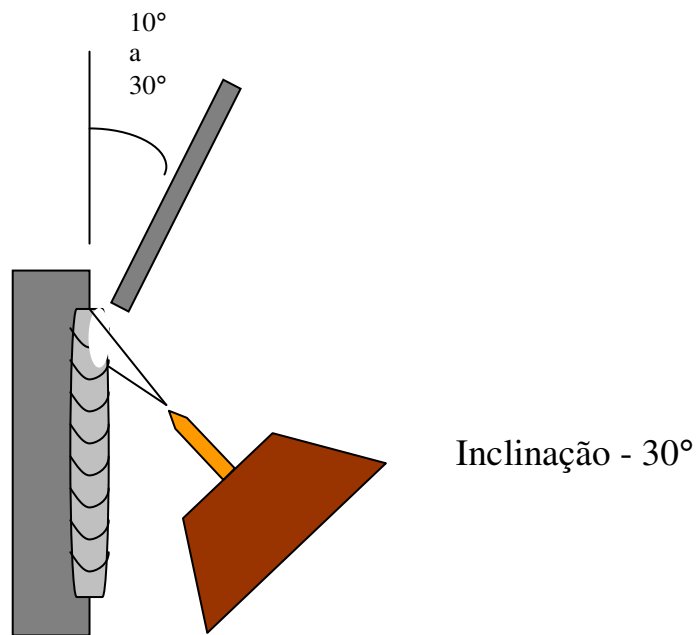


Inclinação de 15°

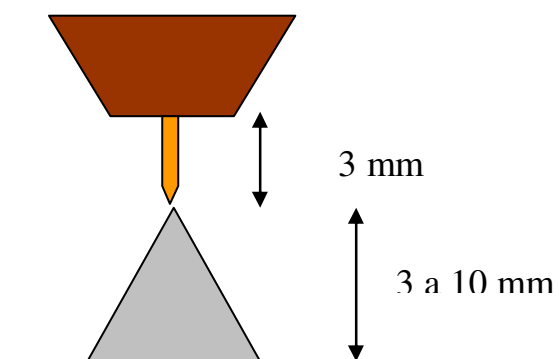
- Alimentação do metal de adição



- Posição vertical



- Posição do eletrodo



Características do processo

- Processo de baixa taxa de deposição em soldagem manual: 1,3 Kg/hora.
- Solda em todas as posições.
- Solda praticamente todos os metais industrialmente utilizados.
- Pouca geração de fumos.
- Solda espessuras a partir de 0,2 mm.
- Requer soldadores altamente qualificados.
- Pode ser aplicado em juntas onde não é necessário a utilização de metal de adição (solda altógena).
- Muito empregado em passes de raiz.
- Produz soldas com ótimas propriedades mecânicas.
- Ótimo acabamento.
- O processo pode ser automatizado.