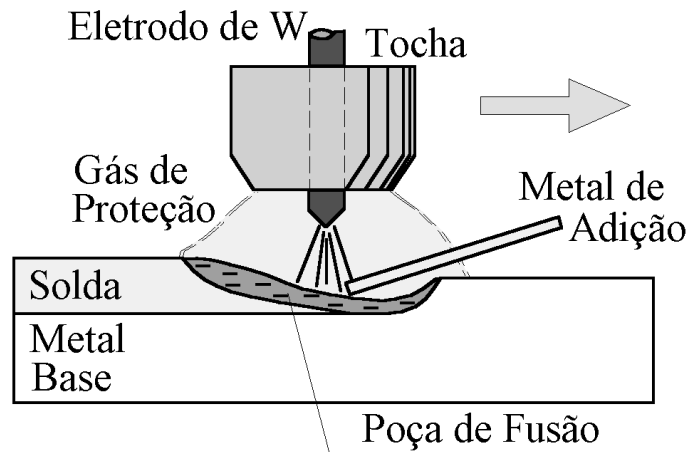


- Fundamentos
- Equipamentos
- Consumíveis
- Técnica operatória
- Aplicações Industriais

Definição e princípio de operação:

A soldagem a arco com eletrodo de tungstênio e proteção gasosa (Gas Tungsten Arc Welding - GTAW) é um processo no qual a união de peças metálicas é produzida pelo aquecimento e fusão destas através de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo de tungstênio, não consumível, e as peças a unir.

A proteção da poça de fusão e do arco contra a contaminação pela atmosfera é feita por uma nuvem de gás inerte ou mistura de gases inertes. A soldagem pode ou não ser feita com adição de metal que, quando usada, é feita diretamente na poça de fusão.



Excelente controle do calor cedido à peça, devido ao controle independente da fonte de calor e da adição de metal de enchimento, semelhantemente ao que ocorre na soldagem oxi-acetilênica.

Processo bastante adequado à soldagem de peças de pequena espessura e, aliado à eficiente proteção contra a contaminação, à soldagem de materiais de difícil soldabilidade, com ótimos resultados.

Eletrodo ser não consumível → soldagem sem a adição de metal de enchimento (chapas finas).

Não existem reações metal-gás e metal-escória
→ ótima visibilidade para o soldador.

Fundamentos

Custo dos equipamentos e consumíveis relativamente alto e a produtividade ou rendimento do processo relativamente baixa → aplicação em situações em que a qualidade da solda produzida é mais importante que a produtividade ou o custo da operação.

O arco elétrico TIG é bastante estável, suave e produz soldas com boa aparência e acabamento
→ pouca ou nenhuma limpeza após a operação.

A operação normalmente é manual, em qualquer posição, mas a mecanização do processo é comum e fácil de ser implementada, com o uso de dispositivos auxiliares de soldagem adequados.

Fundamentos

Aplicável à maioria dos metais e suas ligas, numa ampla faixa de espessuras mas devido ao seu alto custo é usado principalmente na soldagem de metais não ferrosos e aços inoxidáveis, na soldagem de peças de pequena espessura (da ordem de mm) e no passe de raiz na soldagem de tubulações.

Outra característica típica da soldagem TIG é a possibilidade de se usar o próprio metal de base como metal de adição quando este não estiver disponível comercialmente, bastando para isto cortar pedaços do metal base com uma forma apropriada, particularmente para a soldagem manual.

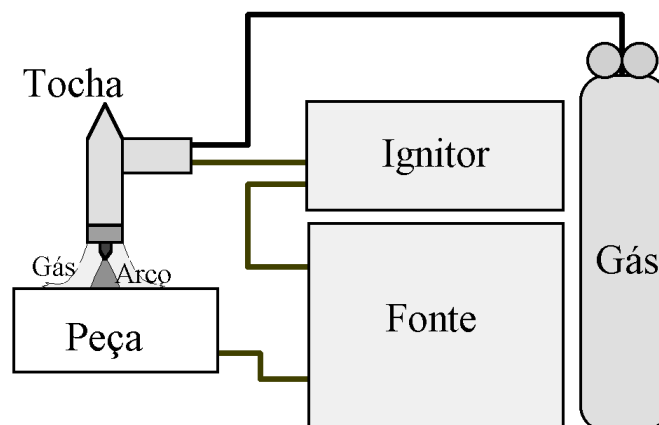
Equipamentos

O equipamento básico para soldagem TIG consiste de:

- uma fonte de energia elétrica
- uma tocha de soldagem apropriada
- uma fonte de gás protetor
- um dispositivo para a abertura do arco
- cabos e mangueiras.

Diversos equipamentos auxiliares podem ainda ser usados na soldagem manual ou mecanizada, para permitir melhor controle do processo, maior produtividade, facilidade de operação, etc.

Equipamentos



Equipamentos

A fonte de corrente elétrica é do tipo corrente constante, com valor de saída ajustável para cada operação e pode ser contínua, alternada ou pulsada. Pode ser convencional ou eletrônica.

Tendência → fontes eletrônicas.

Algumas fontes convencionais podem fornecer tanto corrente contínua como corrente alternada e as fontes eletrônicas também permitem operação com corrente pulsada. O controle é baseado no uso de tiristores ou transistores. Capacidade: corrente mínima em torno de 5 a 10 A e máxima na faixa de 200 a 500 A. Podem ser usadas para soldagem com eletrodos revestidos.

Fontes TIG podem equipadas com dispositivos para abertura de arco e/ou temporizadores para controle de fluxo de gás e sistemas para refrigeração da tocha de soldagem.

Equipamentos





A tocha tem como função suportar o eletrodo de tungstênio e fornecer o gás de proteção de forma apropriada. Podem ser refrigeradas pelo próprio gás de proteção (capacidade até 150 A) ou a água (em geral com capacidade entre 150 e 500 A). Neste caso é comum a fonte ter um circuito fechado de refrigeração composto por reservatório, motor elétrico, bomba e radiador.

Internamente elas têm uma pinça, que serve para segurar o eletrodo de tungstênio e fazer o contato elétrico. Elas possuem ainda bocais para direcionamento do fluxo de gás (cerâmicos ou metálicos), fornecidos em diversos diâmetros.

O diâmetro do eletrodo e do bocal devem ser escolhidos em função da espessura da peça a ser soldada e da corrente de soldagem a ser usada.



Equipamentos

Dispositivos especiais podem ser usados para melhorar a eficiência da proteção gasosa, como os "gas lens" e os "trailing shields",.

A fonte de gás protetor consiste de um cilindro ou cilindros de gás inerte e reguladores de pressão e vazão de gases.

Quando diferentes misturas de gás devem ser usadas com certa frequência, misturadores podem ser uma opção interessante.

Misturadores para vários gases estão disponíveis comercialmente mas podem também ser construídos para situações específicas. Economizadores de gás e válvulas elétricas (solenóide) podem também ser usadas para otimizar o consumo e a operação.

Equipamentos



Equipamentos

Na soldagem com eletrodos consumíveis a abertura do arco é feita tocando o eletrodo na peça mas na soldagem TIG isto não é recomendado pois favorece a transferência de tungstênio para a peça, além de danificar o eletrodo.

Vários dispositivos podem ser usados para iniciar o arco: arco piloto, ignitor de alta frequência" e controle da corrente inicial:

- Arco piloto: necessita de eletrodo e fonte de corrente secundários, pouco usado.
- Rampa de corrente: usada apenas em fontes eletrônicas.
- Ignitor de alta frequência: um aparelho que gera um sinal de alta tensão e de alta frequência (3k, 5kHz) superposto à corrente de soldagem e produz a ionização da coluna de gás entre eletrodo e peça.

Equipamentos

Os cabos são usados para conduzir a corrente de soldagem e o diâmetro deles cabos deve ser compatível com a corrente de soldagem usada

As mangueiras são usadas para conduzir o gás ou mistura e, se for o caso, água para refrigeração até a tocha de soldagem.

Vários equipamentos ou sistemas auxiliares podem ser usados para facilitar ou mecanizar a operação de soldagem, como posicionadores, dispositivos de deslocamento, controladores automáticos de comprimento de arco, alimentadores de arame, osciladores do arco de soldagem, temporizadores, etc.

Equipamentos



Consumíveis

Os consumíveis principais na soldagem TIG são os gases de proteção e as varetas e arames de metal de adição. Os eletrodos de tungstênio, apesar de serem ditos não consumíveis, se desgastam durante o processo, devendo ser recondicionados e substituídos com certa frequência, assim como os bocais de gás.

Os gases de proteção usados na soldagem TIG são inertes, principalmente o argônio, o hélio e misturas destes. Em alguns casos são usadas misturas especiais como as que contêm hidrogênio, usadas na soldagem de aços inoxidáveis, e as que contêm nitrogênio, opcionais na soldagem de cobre e suas ligas.

Consumíveis

A pureza dos gases deve ser de no mínimo 99,99% e o teor de umidade também deve ser bem controlado.

Soldagem com argônio:

- melhor estabilidade do arco
- menor consumo;
- menores tensões de arco;
- menor custo;
- maior facilidade na abertura do arco e
- melhor efeito de limpeza dos óxidos na soldagem com corrente alternada.

Consumíveis

A soldagem com hélio apresenta:

- maior consumo, já que se trata de um gás mais leve que o ar;
- maiores tensões de soldagem e maior energia de soldagem para uma mesma corrente e comprimento de arco;
- maior penetração do cordão de solda;
- custo muito mais elevado (custo do gás e maior vazão);
- possibilidade de uso de maior velocidade de soldagem.

Consumíveis

O metal de adição para a soldagem manual é fornecido na forma de varetas com comprimento em torno de 1,0 m. Para a soldagem mecanizada, o metal é fornecido na forma de um fio enrolado em bobinas com diferentes capacidades, dependendo do equipamento usado. Os diâmetros dos fios e varetas são padronizados e variam entre 0,5 e 5mm aproximadamente.

Metais de adição estão disponíveis numa ampla faixa de materiais e ligas. Geralmente a composição química de metais de adição tem limites de tolerância muito inferiores aos de metal de base do mesmo tipo e custo bem mais elevado. Eles são classificados de acordo com sua composição química e com as propriedades mecânicas do metal depositado.

Consumíveis

A escolha do metal de adição para uma determinada aplicação é feita em função da composição química e das propriedades mecânicas desejadas para a solda. Em geral se usa metal de adição similar ao metal de base, mas não necessariamente idêntico.

O diâmetro do fio ou vareta é escolhido em função da espessura das peças a unir, da quantidade de material a ser depositado e dos parâmetros de soldagem. Os catálogos dos fabricantes geralmente apresentam informações úteis na escolha de metal de adição e aplicações típicas dos produtos.

Consumíveis

Os eletrodos mais comumente usados são varetas sinterizadas de tungstênio puro ou com adição de elementos de liga, tória (óxido de tório) ou zircônia (óxido de zircônio) e sua função é conduzir a corrente elétrica até o arco. A capacidade de condução varia com a composição química, com o diâmetro do eletrodo e com o tipo de corrente de soldagem a ser usada.

Eletrodos de tungstênio puro têm menor custo e são usados com corrente alternada. Eletrodos com adição de zircônia apresentam melhor desempenho que eletrodos de tungstênio puro e também são usados com corrente alternada. Eletrodos com adição de tória são normalmente usados com corrente contínua.

Consumíveis

Os eletrodos de tungstênio normalmente são apontados por meios químicos ou mecânicos, antes de se iniciar a operação de soldagem e, no caso de soldagem mecanizada, a configuração da ponta do eletrodo pode ser uma variável importante para se garantir uma boa repetitividade de resultados.



Técnica Operatória

Antes da soldagem: remoção de óleo, graxas, sujeira, tinta, ferrugem ou outras contaminações existentes no metal base, por meios mecânicos (lixamento, escovamento, etc.) ou químicos (decapagem, lavagem, etc.), usando agentes líquidos ou gasosos.

É recomendável que se inicie a vazão de gás inerte alguns segundos antes da abertura do arco ("pré-purga"). Decorrido este tempo, faz-se abertura do arco, usando-se um ignitor de alta frequência ou outro meio.

Técnica Operatória

A seguir, deixa-se a tocha parada por um certo tempo para que haja a formação da poça de fusão. Quando esta atinge um volume ou tamanho adequado, inicia-se o movimento de translação ao longo da junta e, se for o caso, o movimento de tecimento e a adição de metal.

A adição de metal é feita na poça de fusão, à frente da tocha de soldagem, num ângulo em torno de 15° com a peça. Deve-se ter o cuidado de não se retirar a ponta aquecida da vareta da nuvem protetora de gás inerte, para evitar contaminação. A adição de metal pode ser contínua ou intermitente.

Ao final da junta, faz-se a extinção do arco, interrompendo-se a passagem de corrente. Com a tocha ainda em posição, deixa-se que ocorra fluxo de gás inerte por um certo tempo ("pós-purga").

Técnica Operatória

O arco pode ser extinto pelo afastamento da tocha a alguns centímetros da peça, o que não é recomendado, pois possibilita a contaminação do final do cordão pela atmosfera. Este problema pode ser contornado extinguindo-se o arco fora da região de interesse ou fora da junta.

A posição da tocha na soldagem mecanizada é perpendicular ao plano da peça que está sendo soldada. Na soldagem manual, a tocha pode ser ligeiramente inclinada em relação à direção de soldagem, para facilitar a visão do soldador. Na soldagem em juntas de ângulo formando "quinas", peças auxiliares podem ser usadas para formar um anteparo e favorecer a proteção gasosa.

Técnica Operatória

Na soldagem com corrente contínua, o ignitor de alta frequência é usado apenas para a abertura de arco.

Na soldagem com corrente alternada com uma fonte convencional o ignitor de alta frequência deve permanecer ligado durante toda a operação, a fim de estabilizar a descarga elétrica, já que o arco se extingue a cada inversão de polaridade.

Na soldagem com corrente alternada com uma fonte eletrônica, a mudança de polaridade se dá num tempo muito curto e em geral não há necessidade de uso de dispositivos para reabertura do arco a cada inversão.

Técnica Operatória

O sinal de alta frequência gerado pelo ignitor pode interferir na operação de circuitos eletrônicos que estejam próximos.

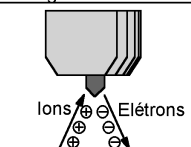
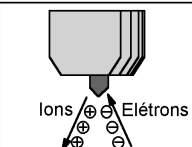
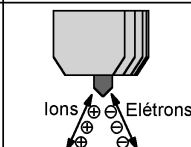



As principais variáveis operatórias da soldagem TIG são o comprimento do arco, a corrente e a velocidade de soldagem e a vazão de gás de proteção.

O comprimento do arco é a distância entre a ponta do eletrodo e a peça de trabalho. A tensão do arco aumenta com o aumento deste. Quanto maior o comprimento do arco, mais raso e largo é o cordão de solda e, na soldagem com adição, também o reforço do cordão tende a diminuir com o aumento do comprimento do arco.

Arcos muito curtos ou muito longos tendem a ser instáveis, favorecendo a formação de descontinuidades.

Técnica Operatória

A corrente de soldagem é selecionada e ajustada diretamente na fonte de energia. Quanto maior a corrente, maior é a penetração e a largura do cordão. Para outros parâmetros constantes, o reforço do cordão tende a diminuir com o aumento da corrente, no caso de soldas com adição de metal. A geometria do cordão de solda varia com o tipo de corrente usada.

| Tipo de Corrente: | CC- | CC+ | CA |
|--------------------------------|---|--|---|
| Polaridade do eletrodo | Negativa ou direta | Positiva ou inversa | Alternada |
| Fluxo de elétrons e ions: |  |  |  |
| Perfil do cordão: |  |  |  |
| Limpeza de óxido: | Não | Sim | Sim (meio ciclo) |
| Balanco de calor (aproximado): | 70% na peça 30% no eletrodo | 30% na peça 70% no eletrodo | 50% na peça 50% no eletrodo |
| Penetração | Estreita e profunda | Rasa e superficial | Intermediária |
| Aplicações | Aço, Cu, Ag, Aços Inoxidáveis e ligas resistentes ao calor | Al, Mg (somente para baixas correntes e espessuras) | Al, Mg e suas ligas com maiores correntes e espessuras |

O efeito de limpeza consiste na remoção de camadas superficiais de óxidos do metal de base, pela ação do arco elétrico, quando o eletrodo é positivo.

Na soldagem de metais fortemente reativos, como Al, Mg e Ti, este tipo de corrente e polaridade seria bastante vantajoso, mas o balanço térmico é muito desfavorável e somente é usado na soldagem de peças muito finas.

Uma situação intermediária é obtida na soldagem com corrente alternada quando ocorre a remoção de óxidos a cada semi-ciclo de corrente em que o eletrodo é positivo.

Velocidade de soldagem ↑ penetração, largura e reforço ↓. Velocidades exageradas podem introduzir discontinuidades no cordão, como falta de fusão, falta de penetração e mordeduras.

Técnica Operatória

Vazões de gás muito baixas resultam em proteção insuficiente (oxidação do cordão de solda, formação de porosidades etc.) e vazões elevadas encarecem muito o custo da operação. Vazões muito elevadas podem causar turbulência no fluxo de gás, resultando em efeitos semelhantes aos de vazão muito baixa.

Para se chegar à vazão ideal deve-se fazer um teste, iniciando com uma vazão elevada e ir diminuindo gradativamente, até que se inicie a oxidação superficial do cordão de solda. Uma vazão ligeiramente superior a esta última é a ideal.

Outras variáveis operatórias na soldagem TIG com influência secundária dentro de certos limites são o ângulo da ponta do eletrodo, a distância do bocal à peça e os tempos de pré e pós-purga de gás.

Técnica Operatória

Na soldagem mecanizada, a posição e a velocidade de alimentação de metal podem se tornar parâmetros importantes. Velocidades de alimentação elevadas podem levar a um reforço excessivo do cordão de solda e até mesmo a uma fusão apenas parcial do metal de adição. Se a alimentação de metal for feita no arco de soldagem ao invés de ser feita na poça de fusão, a transferência de metal para a peça se torna muito irregular, podendo causar instabilidade no arco e tornar o cordão irregular.

A escolha dos parâmetros para uma dada operação de soldagem é feita em função do material a ser soldado, da espessura das peças, da posição de soldagem e dos equipamentos disponíveis, bem como a decisão de uso ou não de metal de adição.

Aplicações Industriais

A soldagem TIG é um processo dos mais versáteis em termos de ligas soldáveis e espessuras, produzindo soldas de ótima qualidade, mas é relativamente caro, lento e de baixa produtividade.

Ela é usada principalmente na união de metais difíceis de soldar por outros processos, em situações em que é necessário um controle rigoroso do calor cedido à peça e principalmente em situações em que a qualidade da junta produzida é mais importante que seu custo de produção.

Costura e união de tubos de aço inoxidável, soldagem de Al, Mg e Ti, particularmente peças leves ou de precisão e passe de raiz em tubulações de aço carbono e outros materiais.