

Trabalho Prático Nº: Técnica Operatória da Soldagem GTAW

1. Objetivos:

- Familiarizar-se com o arranjo e a operação do equipamento utilizado na soldagem GTAW manual.
- Familiarizar-se com o procedimento para a seleção de parâmetros de soldagem e seus consumíveis.
- Familiarizar-se com a técnica operatória.

2. Revisão:

A soldagem GTAW ou TIG obtém a união de materiais metálicos pelo seu aquecimento e fusão localizados através de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo de tungstênio, não consumível e a peça de trabalho (figura 1). A proteção do eletrodo e da poça de fusão contra a oxidação pelo ar é feita por um gás inerte, geralmente argônio, hélio ou uma mistura destes.

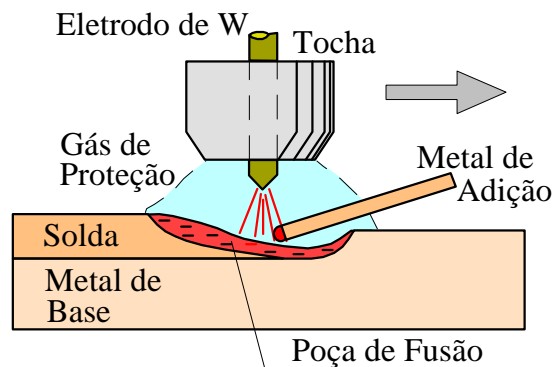


Figura 1 – Região do arco na soldagem GTAW.

O equipamento básico (figura 2) utilizado na soldagem GTAW consiste de mesa de soldagem, fonte de energia (CC ou CA, dependendo do material a ser soldado) tipo corrente constante, cabos, tocha, eletrodo de tungstênio, fonte de gás de proteção com regulador de vazão, ferramentas e equipamentos de segurança. Um equipamento para facilitar a abertura do arco e, na soldagem com CA, a sua manutenção (em geral, um ignitor de alta frequência) é, também, usualmente usado. Em alguns equipamentos, existe um sistema de pedal para acionar e desligar o fornecimento de energia elétrica e de gás de proteção à tocha e, durante a soldagem controlar o nível do corrente.

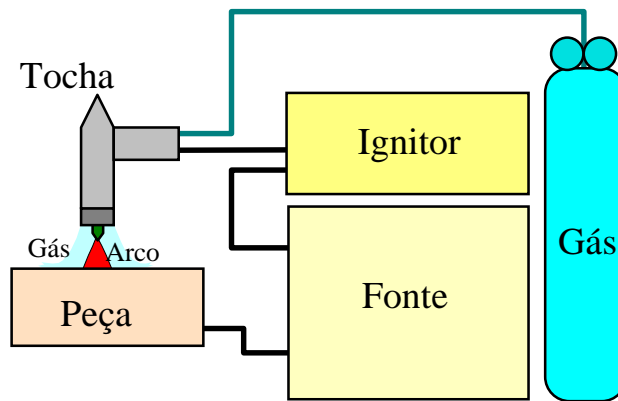


Figura 2 – Equipamento básico para a soldagem GTAW

A fonte de energia pode apresentar diversas variações em termos de projeto, capacidade e características operacionais. Em qualquer caso, contudo, esta deve ser capaz de fornecer um valor médio de corrente aproximadamente constante, independentemente da tensão de soldagem (geralmente entre 8 e 25V). A faixa de ajuste de corrente pode variar dependendo da capacidade da fonte, mas, em geral, para a GTAW, o equipamento deve ser capaz de fornecer um valor mínimo de corrente suficientemente baixo (em torno de 5A). Fontes de energia com controle eletrônico podem fornecer, ainda, corrente pulsada ou de polaridade variável (como CA convencional) com onda retangular.

Os eletrodos são bastões de tungstênio puro ou com adições de óxido de tório, lantânio ou zircônio e servem para conduzir a corrente até o arco elétrico. A faixa de corrente utilizável para um eletrodo depende de seu tipo e diâmetro e do tipo e polaridade da corrente de soldagem (tabela 1). Nesta tabela, o limite inferior de corrente está associado com a perda de estabilidade do processo e o limite superior com o desgaste excessivo ou a fusão do eletrodo. Os eletrodos com adição de óxido, particularmente os “torinados”, apresentam maior capacidade de conduzir corrente. Estes eletrodos tendem, também, a apresentar um arco mais estável, com tensão ligeiramente menor, para um mesmo comprimento de arco, do que o eletrodo de tungstênio puro.

Tabela 1 Faixas de utilização de eletrodos no processo GTAW.

| Diâmetro do Eletrodo (mm) | Corrente de Soldagem (A) | | | |
|---------------------------|---|-----------|-------------|-------------|
| | CA | | CC | |
| | W | WTh | W/WTh (CC+) | W/WTh (CC-) |
| 0,5 | -- | -- | 5 - 35 | -- |
| 1,0 | 10 - 40 | 15 - 60 | 30 - 100 | -- |
| 1,6 | 30 - 70 | 60 - 100 | 70 - 150 | 10 - 20 |
| 2,4 | 70 - 100 | 100 - 160 | 150 - 225 | 15 - 30 |
| 3,2 | 100 - 150 | 140 - 220 | 200 - 275 | 25 - 40 |
| 4,0 | 150 - 225 | 200 - 275 | 250 - 350 | 40 - 55 |
| 4,8 | 200 - 300 | 250 - 400 | 300 - 500 | 55 - 90 |
| 6,4 | 275 - 400 | 300 - 500 | 400 - 650 | 80 - 125 |
| Identificação: | W - Eletrodo de tungstênio WTh - Eletrodo de tungstênio torinado | | | |

A tocha sustenta e energiza o eletrodo de tungstênio e direciona o gás de proteção para a região de soldagem (figura 3). Ela pode ser refrigerada a ar (para até 150A) ou a água, sendo que, neste caso, pode ser usado um sistema de refrigeração de circuito fechado. A tocha usualmente possui um gatilho para iniciar e terminar a soldagem.

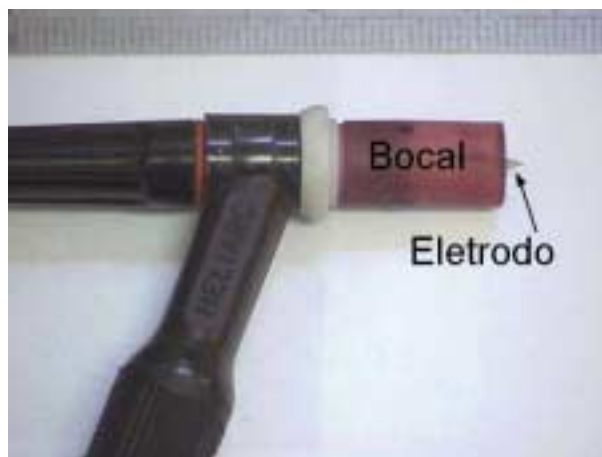


Figura 3 – Detalhe de uma tocha para a soldagem GTAW

A extremidade do eletrodo pode ser apontada com um esmeril. Este apontamento tende a ser mantido quando o eletrodo tem adição de óxido e auxilia a obtenção de um arco mais estável e rígido quando se trabalha com menores densidades de corrente. Em eletrodos de tungstênio puro, a ponta tende a se fundir e tornar-se hemisférica quando a densidade de corrente aumenta. A forma da ponta do eletrodo pode ser uma variável importante, particularmente na soldagem mecanizada ou automática, pois pode influir no formato do cordão de solda.

O eletrodo é colocado na tocha de modo que a sua extremidade estende-se além do bocal por uma distância de cerca de um diâmetro do eletrodo. Maiores extensões podem ser usadas para se conseguir uma maior visibilidade da poça de fusão e uma maior facilidade de se atingir pontos de difícil acesso, mas necessitam de uma maior vazão de gás para se conseguir uma proteção adequada.

O bocal é uma peça cerâmica ou metálica que é adaptada na extremidade da tocha para direcionar o fluxo de gás de proteção para o arco e a poça de fusão. Eles fornecidos em diversos tamanhos e sua escolha depende do diâmetro do eletrodo e do nível de corrente que será usado. Bocais menores permitem uma melhor visibilidade da poça de fusão, mas diminuem a extensão da região protegida pelo gás. Um bocal muito pequeno pode se superaquecer e quebrar ou fundir. Metais mais reativos, que necessitam de uma melhor proteção, devem ser soldados com bocais maiores. Em geral, os dados fornecidos pelo fabricante do equipamento são uma boa referência para a seleção do bocal.

O gás de proteção é, em geral, fornecido por cilindro ou cilindros de alta pressão com regulador de vazão. A vazão de gás depende de sua composição, da velocidade de soldagem, das condições de ventilação no local de trabalho, da distância do bocal à peça, da posição de soldagem e do tipo de metal sendo soldado. Em princípio, a vazão deve ser suficiente para garantir a proteção da região de soldagem contra o ar atmosférico. Por outro

lado, uma vazão excessiva aumenta o custo da operação e, em casos extremos, pode tornar ineficiente a proteção devido à turbulência gerada pela passagem do gás em alta velocidade. O fluxo de gás usado na soldagem GTAW fica normalmente entre 6 e 15l/min.

A corrente de soldagem é uma das variáveis mais importantes do processo tendo uma forte influência na penetração da solda. Maiores correntes causam uma maior penetração permitindo a soldagem de chapas mais espessas ou um aumento na velocidade de soldagem. A tabela 2 mostra condições típicas para a soldagem de aço carbono em juntas de topo com corrente contínua e eletrodo negativo. A tabela 3 mostra condições típicas para a soldagem de alumínio com corrente alternada.

Tabela 2 – Condições típicas de soldagem GTAW de aço carbono em juntas de topo⁽²⁾.

| | | | |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Espessura da Junta (mm): | 1,6-3,2 | 3,2-6,4 | 6,4-12,7 |
| Tipo de Junta: | Sem chanfro | V | Duplo V |
| Corrente, CC- (A): | 50-100 | 70-120 | 90-150 |
| Tensão (V): | 12 | 12 | 12 |
| Tipo de eletrodo: | EWTh-2 | EWTh-2 | EWTh-2 |
| Diâmetro do eletrodo (mm): | 2,4 | 2,4 | 3,2 |
| Metal de adição (mm) | 1,6-2,4 | 2,4-3,2 | 2,4-3,2 |
| Gás de proteção: | Argônio | Argônio | Argônio |
| Vazão (l/min): | 7-9 | 7-9 | 10-12 |
| Tamanho do bocal (mm): | 9,5 (3/8") | 9,5 (3/8") | 12,7 (1/2") |
| Distância máxima do bocal à peça (mm) | 12,7 | 12,7 | 12,7 |
| Temperatura mínima da peça | 16°C | 16°C | 16°C |
| Tratamento térmico após soldagem: | Nenhum | Nenhum | Nenhum |
| Posições de Soldagem: | P, H, V, SC | P, H, V, SC | P, H, V, SC |

Posições: P – plana, H – horizontal, V – vertical e SC – sobre-cabeça.

O tipo de corrente e, se for o caso, a sua polaridade influenciam a distribuição de calor no eletrodo e na peça, a estabilidade do processo e a sua capacidade de remoção de filmes de óxido da superfície da peça. A forma mais usual de soldagem é com CC e o eletrodo negativo. Nesta condição, o processo apresenta uma maior estabilidade e o calor é transferido com maior intensidade para a peça (figura 4). Para a soldagem de metais e ligas que apresentam uma camada superficial de óxido refratário (Al e Mg), contudo, é comum o uso de CA. Neste caso, quando a peça fica ligada ao polo negativo do circuito elétrico, o arco é capaz de remover a camada de óxido da região sendo soldada e, assim, garantir melhores condições para a formação da solda. Como a polaridade se inverte periodicamente, o uso de corrente alternada evita que o eletrodo seja superaquecido como ocorreria se fosse usada corrente contínua com o eletrodo negativo. Por outro lado, esta inversão de polaridade faz com que o arco se apague periodicamente e, assim, o aumenta a sua instabilidade. Para evitar este problema, é usual se manter o ignitor de alta frequência operando durante a soldagem com CA. Mais recentemente, com a introdução de fontes

com controle eletrônico, foi desenvolvida a soldagem com corrente em onda retangular, a qual é similar à soldagem com CA (“onda senoidal”), mas apresenta uma melhor estabilidade e pode dispensar o uso do ignitor de alta frequência.

A queda de tensão no arco depende do tipo de corrente usado, do gás de proteção e, principalmente, do comprimento do arco. Este varia entre cerca de 1,5 e 5mm dependendo das condições de acesso e de visibilidade da poça de fusão e do perfil desejado para o cordão de solda. Um maior comprimento de arco resulta em um cordão mais largo e de menor penetração.

Tabela 3 – Condições típicas de soldagem GTAW de Al em juntas de topo com CA⁽³⁾.

| Espes-sura (mm) | Preparação | Fresta (mm) | Posição de soldagem | Corrente (A) | Diâmetro do elet. (mm) | Vazão de Argônio (l/min) | Veloc. de Soldagem (cm/min) | Diâmetro da vareta (mm) | Número de passes |
|-----------------|---------------|-------------|---------------------|--------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------|
| 1,6 | Sem chanfro | 1,6 | P, V, H | 70-100 | 1,6-2,4 | 9 | 20-25 | 2,4 | 1 |
| | Sem chanfro | 1,6 | SC | 65-75 | 1,6 | 12 | 20-25 | 2,4 | 1 |
| 2,4 | Sem chanfro | 2,4 | P | 95-115 | 2,4-3,2 | 9 | 20-25 | 3,2 | 1 |
| | Sem chanfro | 2,4 | V, H | 95-110 | 2,4 | 9 | 20-25 | 2,4-3,2 | 1 |
| | Sem chanfro | 2,4 | SC | 90-110 | 2,4-3,2 | 12 | 20-25 | 2,4-3,2 | 1 |
| 3,2 | Sem chanfro | 3,2 | P | 125-150 | 3,2 | 9 | 25-30 | 3,2-4,0 | 1-2 |
| | Sem chanfro | 2,4 | V, H | 110-140 | 3,2 | 9 | 25 | 3,2 | 1-2 |
| | Sem chanfro | 2,4 | SC | 115-140 | 3,2 | 12 | 25-30 | 3,2-4,0 | 1-2 |
| 4,8 | V – 60° | 3,2 | P | 170-190 | 4,0-4,8 | 12 | 25-30 | 4,0-4,8 | 2 |
| | V – 60° | 2,4 | V | 160-175 | 4,0 | 12 | 25-30 | 4,0 | 2 |
| | V – 90° | 2,4 | H | 155-170 | 4,0 | 12 | 25-30 | 4,0 | 2 |
| | V – 110° | 2,4 | O | 165-180 | 4,0 | 14 | 25-30 | 4,0 | 2 |
| 6,4 | V – 60° | 3,2 | P | 220-275 | 4,8-6,4 | 14 | 20-25 | 4,8-6,4 | 2 |
| | V – 60° | 2,4 | V | 200-240 | 4,8 | 14 | 20-25 | 4,8 | 2 |
| | V – 90° | 2,4 | H | 190-225 | 4,0-4,8 | 14 | 20-25 | 4,0-4,8 | 2-3 |
| | V – 110° | 2,4 | O | 210-250 | 4,8 | 17 | 20-25 | 4,8 | 2 |
| 9,5 | V – 60° | 3,2 | P | 315-375 | 6,4 | 17 | 20-25 | 4,8-6,4 | 2 |
| | Duplo V – 90° | 2,4 | P | 340-380 | 6,4 | 17 | 20-25 | 4,8-6,4 | 2 |
| | V – 60° | 2,4 | V | 260-300 | 4,8-6,4 | 17 | 20-25 | 4,8 | 3 |
| | Duplo V – 90° | 2,4 | V, H, SC | 240-300 | 4,8-6,4 | 17 | 20-25 | 4,8 | 2 |
| | V – 90° | 2,4 | H | 240-300 | 4,8-6,4 | 17 | 20-25 | 4,8 | 3 |
| | V – 110° | 2,4 | O | 260-300 | 4,8-6,4 | 19 | 20-25 | 4,8 | 3 |

Posições: P – plana, H – horizontal, V – vertical e SC – sobre-cabeça.

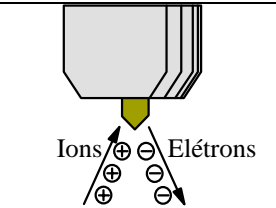
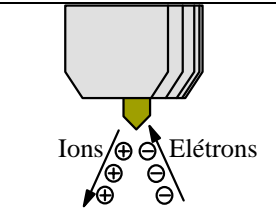
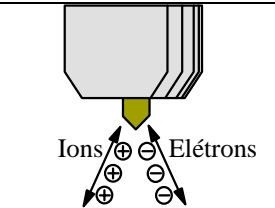
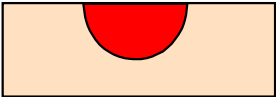
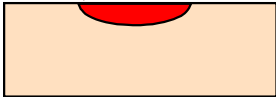
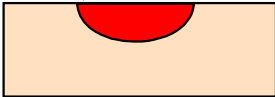
| Tipo de Corrente: | CC- | CC+ | CA |
|---------------------------|---|--|---|
| Fluxo de elétrons e ions: |  |  |  |
| Perfil do cordão: |  |  |  |
| Limpeza de óxido: | Não | Sim | Sim (meio ciclo) |
| Balço de calor (aprox.): | 70% na peça 30% no eletrodo | 30% na peça 70% no eletrodo | 50% na peça 50% no eletrodo |

Figura 4 – Características da soldagem GTAW relacionadas com o tipo e polaridade da corrente⁽¹⁾.

A abertura do arco para a soldagem GTAW pode ser feita tocando-se a ponta do eletrodo na peça ou com auxílio do ignitor de alta frequência. A primeira alternativa não é, em geral, recomendada pois pode danificar a ponta do eletrodo ou contaminá-lo junto com a peça.

Uma vez iniciado o arco, o soldador mantém a tocha sobre o ponto de início da solda, realizando pequenos movimentos circulares com a tocha até a formação da poça de fusão (figura 5a). Uma vez que esta esteja formada, o soldador desloca a tocha ao longo junta, mantendo a poça de fusão com um formato adequado, realizando, se necessário, movimentos de tecimento e alimentando a poça com metal de adição (figura 5b-e). Ao final do cordão, o arco é extinto afastando a tocha (em sistemas mais simples) ou atuando no gatilho da tocha ou no pedal para interromper o fornecimento de energia elétrica à tocha. Neste caso, dependendo da sofisticação do sistema utilizado, a corrente pode ser reduzida lentamente para melhorar as condições de formação da cratera final do cordão e a vazão de gás mantida por um pequeno período de tempo após o fechamento do arco para proteger do ar o eletrodo e a poça ainda aquecidos.

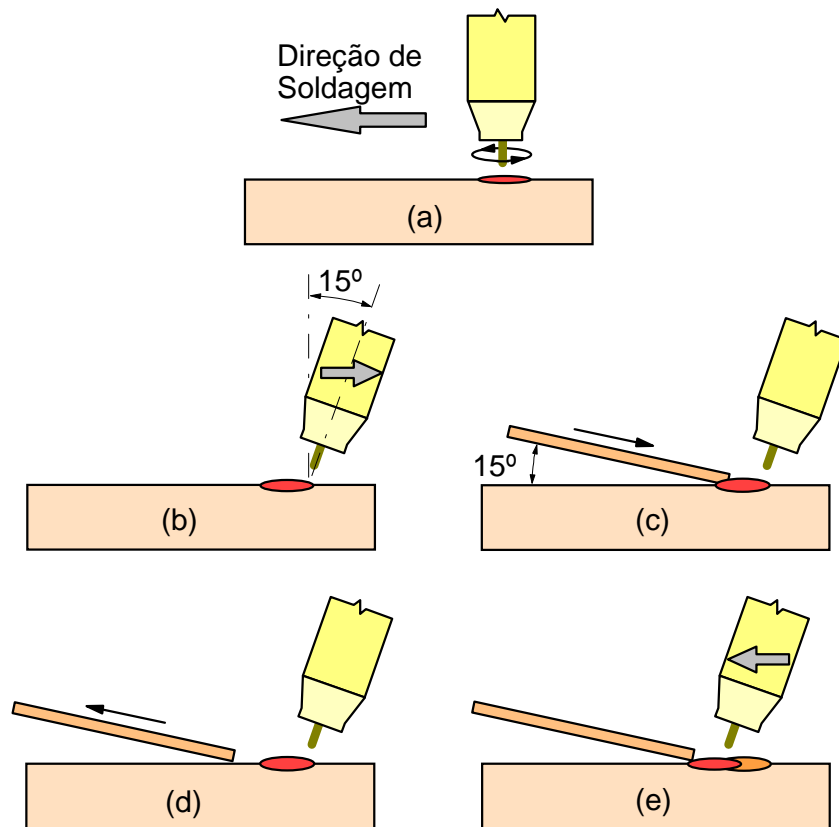


Figura 5 – Técnica para a soldagem GTAW manual com metal de adição⁽¹⁾: (a) Desenvolvimento da poça de fusão, (b) recuo da tocha, (c) adição de material, (d) afastamento da vareta e (e) avanço da tocha conduzindo a poça de fusão.

3. Procedimento:

- Inicialmente, os alunos e o instrutor discutem os objetivos, a parte teórica e a metodologia do trabalho. O instrutor mostra o equipamento a ser usado e demonstra o seu funcionamento. As regras de segurança são lembradas.
- As espessuras das chapas são medidas e, com o auxílio das tabelas 1, 2 e 3, são levantados os possíveis parâmetros de soldagem.
- Os alunos treinam a abertura de arco e a execução de passes de soldagem observando o procedimento ilustrado na figura 5.
- Os alunos variam os parâmetros de soldagem e observam a sua influência na soldagem.
- Ao final do trabalho, os alunos e o instrutor discutem os resultados.

4. Resultados e Discussão:

Referências:

1. QUITES, A.M., DUTRA, J.C. **Tecnologia da Soldagem a Arco Voltaico** Florianópolis, Edene, 1979, p. 174-86.
2. THE LINCOLN ELECTRIC CO. **Procedure Handbook of Arc Welding**, 12^a Ed., Cleveland, The Lincoln Electric Co., 1973.
3. SMITH, D., **Welding Skills and Technology**, McGraw Hill Book Company, Nova Iorque, 1984.