

## **Não é desodorante, mas dá mais proteção**

---

A globalização da economia colocou dois grandes desafios para a indústria: a produtividade e a qualidade. Para vencer a concorrência é preciso produzir muito, barato e com qualidade.

Os processos de soldagem que estudamos até agora, nem sempre contemplam esses dois aspectos. Por serem predominantemente manuais, são lentos e dependem muito da habilidade do soldador para que o resultado do trabalho tenha a qualidade esperada.

A possibilidade de automatização surge como uma solução para a produtividade e a manutenção do nível da qualidade em patamares que se possa controlar.

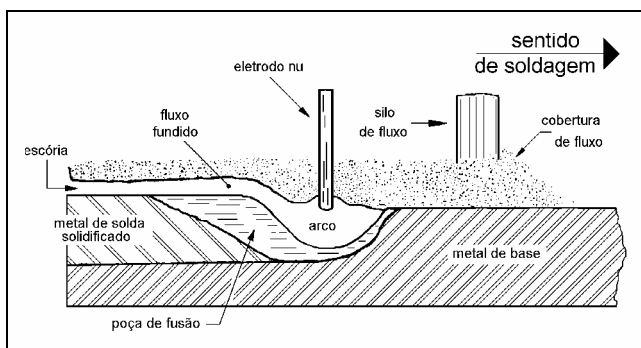
Nesta aula, você vai conhecer um processo que é totalmente automatizado e que, portanto, apresenta as muitas vantagens que esse fato pode trazer. Mas, será que ele tem só vantagens? Bem, isso você só vai ficar sabendo se estudar esta aula. Portanto, mãos à obra!

### **Protegendo a solda**

Nos processos de soldagem por fusão, o fato de se usar calor torna inevitável a presença de modificações tanto na estrutura quanto na superfície do material que está sendo soldado. Isso traz como consequência a modificação das propriedades mecânicas da junta soldada.

Portanto, um dos desafios tecnológicos da soldagem é justamente diminuir o mais possível esses fenômenos, de modo que a peça possa apresentar todas as características necessárias para seu uso de maneira mais produtiva possível.

Nesta aula, vamos estudar um processo de soldagem por fusão chamado soldagem ao arco submerso. Nele, a união entre os metais acontece por aquecimento e fusão obtidos por meio de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico sem revestimento e a peça que se quer soldar. A grande “sacada” desse método é que o arco se forma sob uma camada protetora de material granular, ou seja, em forma de grãos, chamado de fluxo e que é colocada sobre a região da solda. Essa proteção impede a contaminação da solda pela atmosfera.



Uma vez aberto o arco, tanto o eletrodo quanto o fluxo são alimentados continuamente para a região do arco enquanto a tocha é deslocada. O eletrodo, parte da camada de fluxo e o metal de base fundem sob o calor do arco formando a poça de fusão.

O cordão de solda é formado pelo metal fundido solidificado. A parte fundida do fluxo forma uma camada de escória que protege o cordão da solda e que é facilmente removível. A parte do fluxo que não se funde pode ser reutilizada em novas operações.

A soldagem por arco submerso é um processo estável que gera poucos fumos de soldagem e quase nenhum respingo. Como resultado são obtidos cordões uniformes com bom acabamento. As soldas resultantes apresentam boas propriedades mecânicas.

As principais vantagens desse processo são o rendimento, pois não há praticamente perdas por respingos, e a alta taxa de deposição. É um processo rápido, pois exige apenas um terço do tempo normalmente necessário para outros processos, e econômico, por causa de sua alta produtividade. Os cordões de solda obtidos são de alta qualidade.

A principal limitação do processo é a posição de soldagem, ou seja, ela pode ser realizada apenas nas posições plana e horizontal, quando se trata de soldagem em juntas de ângulo.

A soldagem ao arco submerso é utilizada em estaleiros, caldeirarias de médio e grande porte, mineradoras, siderúrgicas e fábricas de perfis e estruturas metálicas, principalmente em trabalhos com aço-carbono, carbono-manganês, aços de baixa liga e aços inoxidáveis. Pode também ser empregado no revestimento e recuperação de peças desgastadas, com a deposição de metais resistentes à oxidação e ao desgaste.

## Exercícios

1. Resolva às seguintes questões.

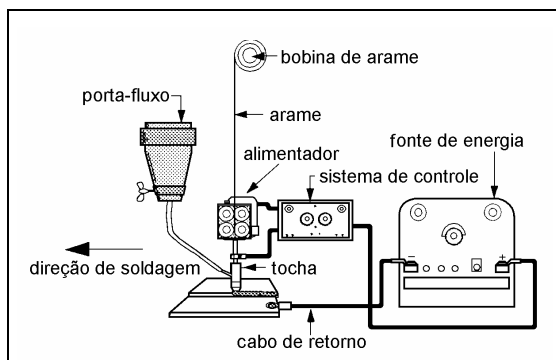
- a) Pelo fato de se usar calor nos processos de soldagem por fusão, modificações na estrutura e na superfície do material que está sendo soldado tornam-se inevitáveis. Descreva as conseqüências que isso traz para a peça que está sendo soldada.
- b) Como se chama o processo de soldagem por fusão em que a união entre os metais ocorre por aquecimento e fusão obtidos por meio de um arco elétrico protegido por fluxo e estabelecido entre um eletrodo metálico sem revestimento e a peça que se quer soldar?
- c) Que tipo de processo gera poucos fumos de soldagem e quase nenhum respingo, no qual se obtém cordões com acabamento uniforme e quase não se nota a diferença entre a superfície da solda e do metal de base?
- d) Cite algumas aplicações da soldagem ao arco submerso.

2. Assinale com um **X** a resposta correta nas alternativas abaixo:

- a) As principais vantagens da soldagem por arco submerso são:
1. ( ) gera poucos fumos de soldagem e muitos respingos.
  2. ( ) obtém-se cordões com acabamento uniforme, gerando muitos fumos de soldagem.
  3. ( ) baixa taxa de deposição, num processo lento.
  4. ( ) alta taxa de deposição, sem perdas por respingos, processo rápido e econômico.

### Equipamentos necessários

Para realizar soldagem ao arco submerso, são necessários os seguintes equipamentos:



- uma fonte de energia,
- uma tocha de soldagem,
- um sistema alimentador
- de eletrodo,
- um sistema de controle,
- dispositivos para alimentação
- e recuperação de fluxo.

A fonte de energia para a soldagem ao arco pode ser de três tipos:

- transformador (CA),
- transformador-retificador (CC),
- motor-gerador (CC).

Os diferentes tipos de correntes fornecidos pelas fontes produzem tipos diferentes de cordões de solda, a saber:

1. A corrente contínua (CC) possibilita a melhor abertura do arco e permite melhor controle da forma do cordão, da profundidade de penetração e da velocidade de soldagem.
2. A corrente contínua com eletrodo positivo (CC+) permite maior penetração e controle do cordão.

3. A corrente contínua com eletrodo negativo (CC-) é a que fornece a maior taxa de deposição, por isso é ideal para revestimentos e soldagem de chapas finas.
4. A corrente alternada (CA) tem uma penetração intermediária entre os dois tipos de polaridade da corrente contínua. Além disso, a corrente alternada minimiza o sopro magnético.

A tocha de soldagem tem um bico de contato deslizante, feito de cobre e ligas, responsável pela energização do eletrodo. Ela tem, também, um sistema para fixação do cabo de saída da fonte e um suporte isolante.

O sistema de alimentação do eletrodo é formado por um suporte para a bobina do eletrodo, um motor de corrente contínua com controle de velocidade e um conjunto de roletes de alimentação. Esse sistema é muito importante para a qualidade da soldagem porque o deslocamento da tocha é independente e não há como detectar falha na soldagem durante o processo, já que a solda fica coberta pelo fluxo.

A alimentação do fluxo é feita por um conjunto formado por um porta-fluxo, mangueiras condutoras e um bocal de saída. A recuperação do fluxo é feita por dispositivos que aspiram os grãos não fundidos e os devolvem ao porta-fluxo.

O alimentador de eletrodo, o alimentador de fluxo e a tocha de soldagem são montados no cabeçote de soldagem, ou seja, um carro acionado por um motor elétrico, com velocidade ajustável que se desloca sobre um trilho colocado em um suporte.

### **Eletrodos e fluxos de soldagem**

A combinação do metal de base com o procedimento de soldagem, o eletrodo e o fluxo de soldagem adequados determina as propriedades mecânicas do cordão de solda.

Normalmente, os eletrodos para soldagem ao arco submerso são arames sólidos, fornecidos em carretéis e bobinas, com diâmetros

que variam entre 1,6 e 6,4 mm. Eles permitem soldagem com elevadas densidades de corrente, dependendo do tipo e quantidade de soldas a realizar. Eles são produzidos por trefilação e podem ser revestidos superficialmente com cobre. Em aplicações especiais, eles podem ter a forma de fita ou de tubo.

A especificação dos arames pode ser feita de acordo com a composição química. Por essa classificação, os arames-eletrodos são divididos em três grupos: baixo (L), médio (M) e alto (H) teor de manganês.

Além disso, os eletrodos de cada grupo podem apresentar diferentes teores de carbono e altos ou baixos teores de silício. Os eletrodos com maiores teores de carbono, manganês e silício produzem cordões com maior resistência e dureza. Os eletrodos com maior teor de silício são adequados para os cordões obtidos com elevadas velocidades de soldagem, porque o silício aumenta a fluidez da poça de fusão.

A soldagem ao arco submerso não pode ser realizada sem o fluxo de soldagem que, como já vimos, recobre o arco, protegendo a solda da contaminação atmosférica. Assim, no processo, ele tem ainda outras funções, a saber:

1. estabilizar o arco;
2. fornecer elementos de liga ao metal de solda;
3. minimizar a ação das impurezas no metal de solda;
4. formar escória com propriedades físicas e químicas capazes de influenciar nas características do cordão de solda.

O outro consumível indispensável para a realização da soldagem ao arco submerso é o fluxo. O fluxo de soldagem é um composto granulado formado por uma mistura de óxidos e outros minerais e, eventualmente, ferro-ligas.

Dependendo da quantidade relativa de óxidos presentes no fluxo, ele pode ser classificado como ácido, neutro ou básico. De um modo geral, os fluxos mais básicos tendem a reduzir os teores de oxigênio, enxofre e fósforo no metal depositado, o que melhora as propriedades mecânicas, como a resistência à fratura frágil.

Os fluxos também podem ser classificados de acordo com sua capacidade de alterar a composição química do metal da solda. Nesse caso, eles são classificados em ativos ou neutros.

O tamanho da partícula que compõe o fluxo é um dado importante, porque ele afeta o nível de corrente usada. Em geral, uma corrente mais alta é usada com um fluxo mais fino a fim de que se obtenha um arco estável e soldas mais largas e planas. Outras variáveis que influenciam na escolha do tamanho da partícula são o tipo do fluxo, a velocidade de soldagem e o tipo de solda que se quer obter.

A escolha de um fluxo é sempre feita em combinação com a escolha do arame eletrodo. Essa combinação é que define as propriedades finais do metal depositado. Ambos são especificados de acordo com normas da AWS (American Welding Society): a A 5.17-80 (para eletrodos de aço doce e fluxos compatíveis) e a A 5.23-80 (para eletrodos de aço de baixa liga e fluxos correspondentes).

### **Pare! Estude! Responda!**

#### **Exercícios**

3. Faça corresponder os diferentes tipos de correntes fornecidos pelas fontes com os diferentes tipos de cordão de solda.

#### **A - Tipos de corrente**

- a) ( ) CC+ (corrente contínua com eletrodo positivo).  
b) ( ) CC- (corrente contínua com eletrodo negativo).

#### **B - Tipos de solda**

1. Fornece a maior taxa de deposição, ideal para revestimento e soldagem de chapas finas.  
2. Permite melhor penetração e controle do cordão.

4. Assinale com um **X** as respostas corretas.
- a) O que determina as propriedades mecânicas do cordão de solda é:
1.  a combinação do metal de base com o procedimento de soldagem, a composição química e a corrente.
  2.  o eletrodo e o fluxo de soldagem com o tipo de eletrodo para arco submerso.
  3.  a combinação do metal de base, procedimento de soldagem, o eletrodo e o fluxo de soldagem adequados.
  4.  a combinação química e a especificação dos arames.
5. Assinale **F** ou **V** conforme sejam falsas ou verdadeiras as alternativas abaixo:
- a)  Os eletrodos para soldagem ao arco submerso são produzidos por trefilação com diâmetros que variam entre 2,6 e 6,4 mm.
- b)  Os eletrodos com maiores teores de carbono, manganês e silício produzem cordões com menor resistência, mas com maior dureza.
- c)  Os eletrodos com maior teor de silício são adequados para os cordões obtidos com elevadas velocidades de soldagem.
- d)  A soldagem ao arco submerso não pode ser realizada sem o fluxo de soldagem que, como já vimos, recobre o arco, protegendo a solda da contaminação.
- e)  O fluxo é outro consumível indispensável para realização da soldagem ao arco submerso.
- f)  A classificação como ácido, neutro ou básico depende da quantidade relativa de óxidos presentes no fluxo.
- g)  Os fluxos se classificam em ativos e neutros, de acordo com sua capacidade de alterar a composição química do metal de solda.
- h)  A escolha de um fluxo nem sempre é feita em combinação com a escolha do arame eletrodo, pois, ambos são especificados de acordo com normas de AWS.



## **Parâmetros e etapas do processo**

A soldagem ao arco elétrico sempre pressupõe a consideração de uma série de parâmetros. Com a soldagem ao arco submerso, não poderia ser diferente.

Durante as várias fases do processo, é necessário compatibilizar todas as variáveis envolvidas. Assim, por exemplo, na fase de projeto, tomam-se em consideração o tipo e espessura do metal de base e as propriedades requeridas para a junta soldada.

Na fase de produção, consideram-se o tipo de equipamento disponível, o projeto da junta, o posicionamento da peça e do eletrodo. São muito relevantes, também, os parâmetros primários tais como: corrente, tensão, velocidade de soldagem, polaridade, combinação eletrodo-fluxo, diâmetro do eletrodo, distância entre o bico e a ponta do eletrodo ou extensão livre do eletrodo, distribuição e altura da camada de fluxo.

Uma vez estabelecidos esses parâmetros, passa-se à realização da soldagem propriamente dita que envolve as seguintes etapas:

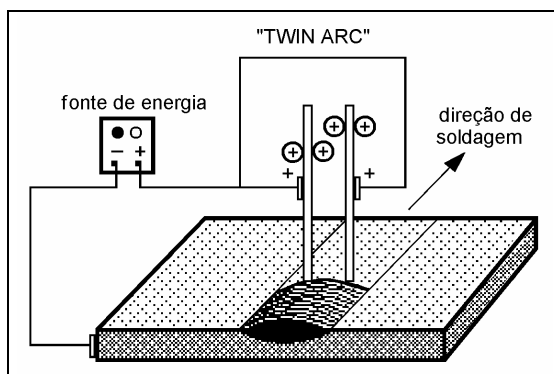
1. Preparação da junta que necessita de uma limpeza adequada no material a soldar. Além disso, poderá haver necessidade de preparação do chanfro, de cobre-junta e de chapas para a abertura e extinção do arco.
2. Alinhamento da direção de deslocamento do equipamento com a direção da junta.
3. Posicionamento do cabeçote no local de início da operação.
4. Abertura do arco.

### **Dica tecnológica**

Na abertura do arco, é importante evitar a sobrecarga na fonte (quando se usa fonte do tipo corrente constante) ou o agarramento do eletrodo na poça de fusão. Para isso, pode-se facilitar a abertura do arco por meio da colocação de uma pequena quantidade de lã de aço entre o eletrodo e a peça. O ideal é usar equipamentos dotados de sistemas especiais para a abertura do arco.

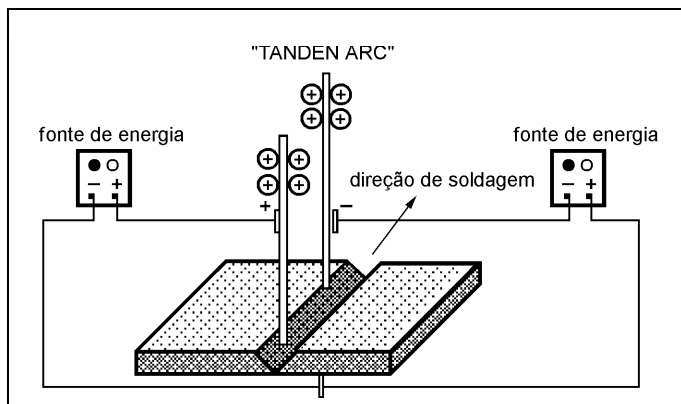
- Supervisão da operação, por parte do operador. Isso inclui a verificação e eventual correção dos parâmetros de soldagem e do alinhamento do cabeçote.
- Extinção do arco.
- Limpeza da camada de escória e preparação para a deposição dos passes seguintes, se for o caso.

A fim de aumentar a produtividade e facilitar operações específicas existem variantes do processo de soldagem ao arco submerso. São elas:

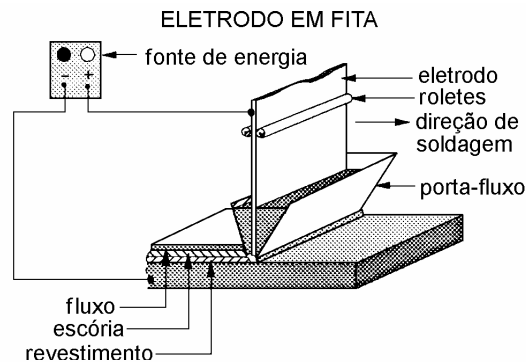


“**Twin arc**” (que quer dizer arcos gêmeos) trabalha com um ou mais eletrodos, usando uma ou mais fontes de energia soldando simultaneamente. Essa variante fornece menor penetração, baixa diluição e alta taxa de deposição. É empregado na execução de revestimentos e soldagem de chanfros largos com mata-junta.

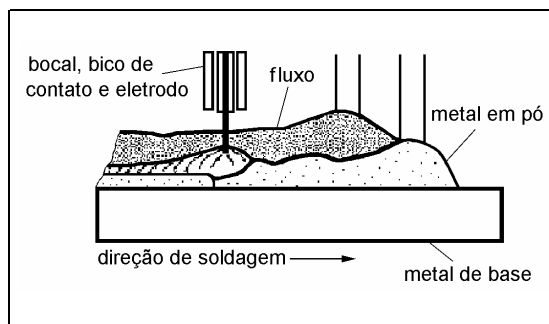
“**Tandem arc**” ( que quer dizer arcos em série) usa dois ou mais eletrodos soldando em linha e simultaneamente e cada um tem sua fonte de energia e controles separados. Devido aos problemas criados por efeito de campos magnéticos, os eletrodos “re-bocados” possuem fontes de CA. Assim, é comum que o eletrodo “guia” trabalhe com CC+, que garante melhor penetração, e que os demais eletrodos trabalhem com CA, o que garante o enchimento e o melhor acabamento do cordão.



**Eletrodo em fita** é a variante na qual o eletrodo é substituído por uma fita metálica de 0,5 mm de espessura e 30 a 120 mm de largura. Nela, a diluição é muito baixa e o cordão de solda tem aproximadamente a largura da fita. Esse fato indica o processo para revestimento de grandes áreas.



**Adição de pó metálico** é a variante na qual uma camada de pó de ferro (mais comum) é depositada antes do fluxo com a função de aumentar a taxa de deposição. Nessa variante, o arco elétrico funde o arame-eletrodo, o metal de base e o pó, formando uma junta única.



Outras variantes são a soldagem com elevador "stick out", que permite aumentar a taxa de deposição através do efeito Joule, e a soldagem em chanfro estreito ("narrow gag"), que permite a soldagem de componentes de grande espessura com pequena abertura de raiz e ângulo de soldagem com inclinação entre 5 e 10º com o uso de cabeçotes especiais.

Com estas informações terminamos mais esta aula. Mas, você ainda tem muito o que estudar. Releia esta parte da lição e faça os exercícios a seguir.

### **Pare! Estude! Responda!**

### **Exercícios**

6. Ordene, numerando, as etapas do processo de soldagem ao arco submerso.
  - a) ( ) abertura do arco.
  - b) ( ) preparação da junta que envolve a preparação, a colocação da cobre-junta e de chapas para a extinção do arco, limpeza etc.

- c) ( ) posicionamento do cabeçote no local de início da operação.
  - d) ( ) alinhamento da direção de deslocamento do equipamento com a direção da junta.
  - e) ( ) extinção do arco.
  - f) ( ) limpeza da camada de escória e preparação para a deposição das passadas seguintes, se for o caso.
  - g) ( ) supervisão da operação, por parte do soldador, incluindo a verificação e eventual correção dos parâmetros de soldagem e do alinhamento do cabeçote.
7. As variantes do processo de soldagem ao arco submerso que existem a fim de aumentar a produtividade e facilitar operações específicas são:
- a) “Twin arc” (arcos gêmeos)
  - b) “Tandem arc” (arcos em série)
  - c) Eletrodo em fita
  - d) Adição de pó metálico
- Faça corresponder cada variante com suas operações específicas, relacionadas abaixo:
- 1. ( ) essa variante tem a função de aumentar a taxa de deposição.
  - 2. ( ) nessa variante, o eletrodo “guia” trabalha com CC+, que garante melhor penetração, e os demais eletrodos trabalham com CA garantindo o enchimento e o melhor acabamento do cordão.
  - 3. ( ) essa variante fornece melhor penetração, baixa diluição e alta taxa de deposição. É empregado na execução de revestimento e soldagem de chanfros largos com mata-junta.
  - 4. ( ) nessa variante, a diluição é muito baixa onde o processo é indicado para revestimento de grandes áreas.

**Gabarito**

1. a) Modificação das propriedades mecânicas da junta soldada.  
b) Arco submerso.  
c) Arco submerso.  
d) Estaleiros, caldeirarias de médio e grande porte, mineradoras, siderúrgicas, fábricas de perfis etc.
  
2. a) (4)
  
3. 1) (b)    2) (a)
  
4. a) (3)
  
5. a) (F)    b) (F)    c) (V)    d) (V)  
e) (V)    f) (V)    g) (V)    h) (F)
  
6. a) 4;    b) 1;    c) 3;    d) 2;  
e) 6;    f) 7;    g) 5.
  
7. 1) (d)    2) (b)    3) (a)    4) ©