

Trabalho Prático N^o:

Características Econômicas dos Eletrodos Revestidos

1. Objetivos:

- Estudar parâmetros econômicos da soldagem com eletrodos revestidos.
- Adquirir habilidade prática na determinação destes parâmetros.
- Estudar a influência do tipo de eletrodo e dos parâmetros de soldagem nestes parâmetros.

2. Revisão Teórica:

Cada eletrodo revestido possui um conjunto de características que determinam a sua maior ou menor aplicabilidade em um dado serviço. Estas características dependem de inúmeras variáveis e cobrem aspectos tecnológicos, operacionais e econômicos, entre outros. Algumas características econômicas importantes são: o preço do eletrodo (no Brasil, geralmente por peso), a sua taxa de fusão ("consumo"), a sua taxa de deposição ("produção") e o seu rendimento de deposição.

Em soldagem a arco, o eletrodo é fundido pelo calor do arco e pelo calor gerado por efeito Joule devido a passagem da corrente elétrica no eletrodo. Em muitos casos, a produtividade do processo está diretamente relacionada com a velocidade com que o eletrodo se funde e o metal de adição é depositado na junta. Define-se a **taxa de fusão** como o comprimento (ou, alternativamente, a massa da alma do eletrodo) que é fundido por unidade de tempo:

$$T_f = \frac{P_f}{t} \quad [kg / h]$$

onde P_f é a massa de alma do eletrodo que foi fundida no tempo de soldagem (t).

A taxa de fusão depende da composição da alma de eletrodo, da espessura e composição do revestimento, do tipo e intensidade da corrente de soldagem, etc. Em particular T_f varia continuamente durante a fusão do eletrodo devido ao progressivo aquecimento deste durante a soldagem (por efeito Joule). Consequentemente, utiliza-se, na prática, um valor médio de T_f , medido em um intervalo de tempo suficientemente longo.

Contudo, nem todo o metal fundido na ponta do eletrodo é transferido para a poça de fusão. Uma parte é perdida na forma de respingos ou evaporada e oxidada. Assim, para caracterizar melhor o processo de enchimento da junta, define-se a **taxa de deposição** como:

$$T_d = \frac{P_d}{t} \quad [kg / h]$$

onde P_d é a massa de metal depositada na junta durante o tempo t .

Para um dado tipo de eletrodo, tanto T_f como T_d dependem fortemente da corrente de soldagem. Assim, os valores medidos destes parâmetros devem ser relacionados a um valor

específico da corrente de soldagem. Alternativamente, taxas específicas de fusão e de deposição podem ser definidas como:

$$(T_f)_e = \frac{T_f}{I} \quad \text{ou} \quad (T_d)_e = \frac{T_d}{I} \quad [\text{kg} / \text{h} \cdot \text{A}]$$

onde $(T_f)_e$ é a **taxa específica de fusão**, $(T_d)_e$ é a **taxa específica de deposição**, e I é a corrente de soldagem.

O **rendimento de deposição** é definido como a relação (em porcentagem) entre as taxas de deposição e de fusão:

$$\eta = \frac{T_d}{T_f} \times 100 \quad [\%]$$

Se o eletrodo não possuir adições metálicas em seu revestimento, este parâmetro indica a proporção da alma que foi utilizada na formação da solda. Caso contrário, por exemplo no caso de eletrodos com adições de pó de ferro no revestimento, η pode ter valores superiores a 100%, pois T_f não incorpora a contribuição do revestimento para a formação da solda.

Como, no Brasil, os eletrodos são geralmente vendidos por peso, outro parâmetro importante é o **rendimento prático de deposição** o qual é definido pela relação entre o peso (massa) de metal depositado e o peso (massa) total do eletrodo:

$$\eta_p = \frac{P_d}{P_e} \times 100 \quad [\%]$$

onde P_e é o peso total do eletrodo.

Na prática, a maioria dos eletrodos revestidos para a soldagem de aços ao carbono e aços de baixa liga, na posição plana, apresentam valores de $(T_d)_e$ entre 8 e 18 g/hA, η entre 70 e 200% e η_p entre cerca de 50 e 75%.

3. Procedimento:

- Inicialmente, os alunos e o instrutor discutem os objetivos, a parte teórica e a metodologia do trabalho prático.
- As placas de teste e os eletrodos são pesados com precisão de, pelo menos, 0,5g. Os resultados são colocados na tabela I.
- Os comprimentos dos eletrodos são medidos com uma régua (precisão de 0,5mm) enquanto que os seus diâmetros e as espessuras dos revestimentos são medidos com um paquímetro (precisão de, pelo menos, 0,1mm). Os resultados são colocados na tabela I.
- Para cada eletrodo, um cordão é depositado sobre a placa de teste. Durante a deposição, os valores de corrente e tensão de soldagem são medidos. O tempo de soldagem deve ser obtido com um cronômetro. Todos os resultados são colocados na tabela I.

- Após a soldagem, os corpos de prova são resfriados em água e a camada de escória e os respingos são removidos. Os corpos de prova, limpos e secos, são pesados e os resultados são colocados na tabela I.
- Com base na tabela I, as quantidades de metal fundido e depositado, as taxas de fusão e de deposição e os rendimentos de deposição podem ser calculados. A influência do tipo de eletrodo e dos parâmetros de soldagem nos parâmetros econômicos pode ser analisada com base nos testes realizados.

Observações:

- A massa de metal depositado é calculada como:

$$P_d = P_2 - P_1 \quad [g]$$

onde P_1 é a massa da placa de teste antes da deposição e P_2 é a sua massa após a deposição.

- A massa de metal fundido é calculada a partir do comprimento fundido do eletrodo como:

$$P_f = \frac{\pi d^2}{4} \times (l_1 - l_2) \rho \cdot 10^{-3} \quad [g]$$

onde d é o diâmetro da alma do eletrodo (mm), l_1 é o seu comprimento inicial (mm), l_2 é o seu comprimento final e ρ é a densidade do aço (cerca de 7,86g/cm³).

- Recomenda-se a realização de testes com eletrodos de mais de uma classe e, com diferentes parâmetros de soldagem (principalmente corrente de soldagem e diâmetro do eletrodo).

4. Resultados:

Tabela 1:

| Nº | CARACTERÍSTICAS DO ELETRODO | | | MASSA DO ELETRODO (g) | | | COMPRIMENTO DO ELETRODO (mm) | | MASSA FUNDIDA (g) |
|----|-----------------------------|------|---------------|-----------------------|--------|---------------|------------------------------|--------|-------------------|
| | Fabricante e marca | Tipo | Diâmetro (mm) | Antes | Depois | Massa fundida | Antes | Depois | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Tabela 1:

| Nº | MASSA DA PLACA DE TESTE (g) | | MASSA DE METAL DEPOSITADO (g) | Posição de Soldagem | Corrente de Soldagem (A) | Tensão de Soldagem (V) | Tempo de Soldagem (s) |
|----|-----------------------------|--------|-------------------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|
| | Antes | Depois | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Tabela 1:

| Nº | TAXA (kg/h) | | TAXA ESPECÍFICA (kg/hA) | | RENDIMENTO (%) | |
|----|-------------|--------------|-------------------------|--------------|----------------|---------|
| | de Fusão | de Deposição | de Fusão | de Deposição | de Deposição | Prático |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |