

O Arco Elétrico em Soldagem

- ✓ Fonte de calor mais utilizada na soldagem de materiais metálicos por fusão.
- ✓ Permite concentração adequada de energia para fusão localizada do metal base.
- ✓ Facilidade de controle.
- ✓ Baixo custo relativo do equipamento.
- ✓ Nível aceitável de riscos à saúde dos operadores.
- ✓ Consequência: É a fonte de calor mais usada na soldagem por fusão.

O Arco Elétrico em Soldagem

- ✓ Muito estudado, mas muito complexo.
- Não permitiu entendimento global dos fenômenos envolvidos. Não se conseguiu ainda modelamento matemático e físico.
- ✓ Entretanto, com as informações obtidas e simplificações.
- ✓ **É usado eficientemente em soldagem.**

O Arco Elétrico em Soldagem

Definição: Descarga elétrica mantida através de um gás ionizado, iniciada por uma quantidade de elétrons emitidos do eletrodo negativa (catodo) aquecido e mantido pela ionização térmica do gás aquecido

Definição: É uma coluna de gases ionizados de grande capacidade eletrocondutora, com desprendimento intenso de calor e luz.

Apenas como fonte de calor: TIG, feixe de elétrons, plasma, eletrodo de carvão.

Gerar calor e transferir o metal de solda: Eletrodo revestido, MIG-MAG, arco submerso, arame tubular.

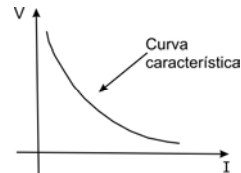
Mecanismo de Formação do Arco Elétrico

- ✓ Considere um circuito elétrico ligado a uma fonte de energia

(a) Eletrodo próximo à peça, sem contato. $A = 0 ; V = 0$

(b) Eletrodo em contato com a peça: curto-circuito e aquecimento das peças.
 $A = I_{CC} ; V \rightarrow 0$

(c) Afastando ligeiramente o eletrodo da peça: a corrente continua passando através de uma coluna incandescente.
 $A =$ Corrente de soldagem
 $V =$ Tensão de soldagem



Características Elétricas

- ✓ Eletricamente: caracterizado pela **# potencial** entre suas extremidades e pela **corrente elétrica** que circula por este.

- ✓ Queda de potencial não é uniforme ao longo do arco elétrico, com 3 regiões distintas:



Características Elétricas

- ✓ **Regiões Queda Anódica e Queda Catódica:**
- ✓ Elevados gradientes térmicos (10^5 °C/mm) e elétricos (10^2 V/mm).
- ✓ **Coluna do Plasma:** Parte visível e brilhante do arco. Gradientes térmicos (10^2 °C/min) e elétricos (10^0 V/mm) bem mais baixos.



Características Elétricas

✓ **Diferença de Potencial** entre as Extremidades do Arco:

Necessária para manter a descarga elétrica.

✓ Varia em função:

Distância entre eletrodos (**comprimento do arco**).

Geometria e material dos eletrodos.

Tipo de gás na coluna do plasma.

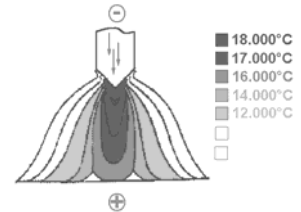
Corrente que atravessa o arco.

Características Térmicas do Arco Elétrico

Praticamente 100% eficiente para transformar energia elétrica em térmica.

Calor gerado estimado pela equação: $Q = V \cdot I \cdot t$

Temperaturas do arco elétrico.



Outras Radiações emitida pelo Arco Elétrico

Além do calor, o arco elétrico gera:

Radiação eletromagnética de alta intensidade.

Luz visível de alta intensidade.

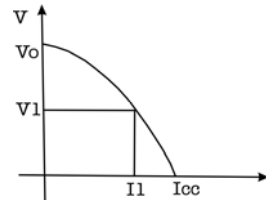
Radiação na faixa do infravermelho e do ultra-violeta (não visível)

Deve ser observado com filtros protetores e roupas adequadas.

Curva Característica Estática da Máquina Solda

Valores de tensão e corrente que a máquina fornece.

Para produzir um arco estável, existe, para cada comprimento de arco, um único valor de tensão e corrente que a máquina pode fornecer.



V_0 : Tensão em vazio da máquina

Para $V = V_0$, $I = 0$.

I_{cc} : corrente de curto-circuito.

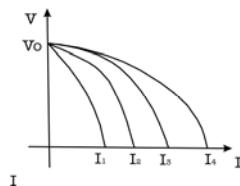
Para $I = I_{cc}$, $V = 0$

Para $V = V_1$, $I = I_1$

Curva Característica Estática da Máquina Solda

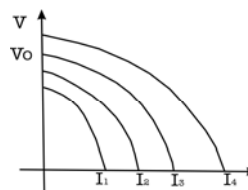
Cada graduação: uma curva característica estática da máquina.

Para todas as graduações, tem-se uma família de curvas..



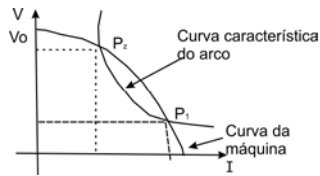
Note que, neste caso, em qualquer graduação a tensão em vazio (V_0) é a mesma.

Curva Característica Estática da Máquina Solda



Note que, neste caso, em qualquer graduação a tensão em vazio (V_0) aumenta.

Superposição da Curva Característica do Arco e Curva Estática da Máquina Solda

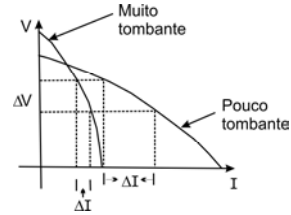


P1: ponto de funcionamento estável da máquina.

P2: ponto de funcionamento instável da máquina.

qualquer variação de tensão na linha causa variação de corrente, e o arco se extinguirá.

Curvas Estática da Máquina Solda



Muito tombante: para variações de tensão, ocorre uma pequena variação de corrente. Ideal para soldagem com eletrodos revestidos.

Fontes de corrente constante.

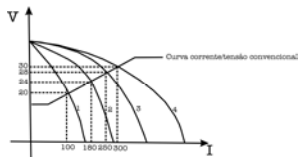
Pouco tombante: para variações de tensão, grande variação de corrente. Ideal para MIG-MAG, arame tubular e arco submerso.

Fontes de potencial constante.

Curva Corrente/Tensão Convencional

O que significa as posições de graduação da máquina de solda?

Corresponde à corrente da curva característica estática da máquina, no ponto de cruzamento com a curva corrente/tensão convencional.



Curva 1: graduação 100A

Curva 2: graduação 180A

Curva 3: graduação 250A

Curva 4: graduação 300A

Fator de Trabalho:

Máquina de solda: projetada para fornecer uma corrente máxima.

Ao escolher um equipamento de soldagem: Fundamental saber

Faixa de corrente de saída

Fator de Trabalho.

Exemplo: 300A a 60%

A fonte pode ser usada por 6 minutos a 300A e descansar (refrigerar) por 4min.

Como Calcular o Fator de Trabalho:

$$FT = \frac{\text{Tempo de arco aberto}}{\text{Tempo base (10min) funcionamento}} \times 100$$

Para calcular um novo fator de trabalho:

$$\frac{(FT2)}{(FT1)} = \frac{(I1)^2}{(I2)^2}$$

Como Calcular o Fator de Trabalho:

Equipamento especificado como 300A a 60% ciclo de trabalho:

Ou seja: tem de trabalhar 6 min. e parar por 4 min.

1. Qual a corrente em que pode trabalhar a 100% de fator de trabalho?

230A

2. Quero soldar com 330A. Qual o fator de trabalho máximo que posso usar?

$$\frac{(FT2)}{(FT1)} = \frac{(I1)^2}{(I2)^2} \quad FT2 = 50\%$$

Ou seja: tem de trabalhar 5 min. e parar por 5 min.

Fontes de Energia em Soldagem

Transformadores (CA)

Monofásicos ou trifásicos.

Transformam a elevada tensão e baixa corrente da linha de alimentação em baixa tensão e elevada corrente para o circuito de soldagem.

Retificadores (CC)

Transformador trifásico cujo secundário é ligado a uma ponte de retificadores.

Geradores (CC)

Máquinas rotativas, com motor elétrico ou a combustão, ligado a um gerador de corrente elétrica.