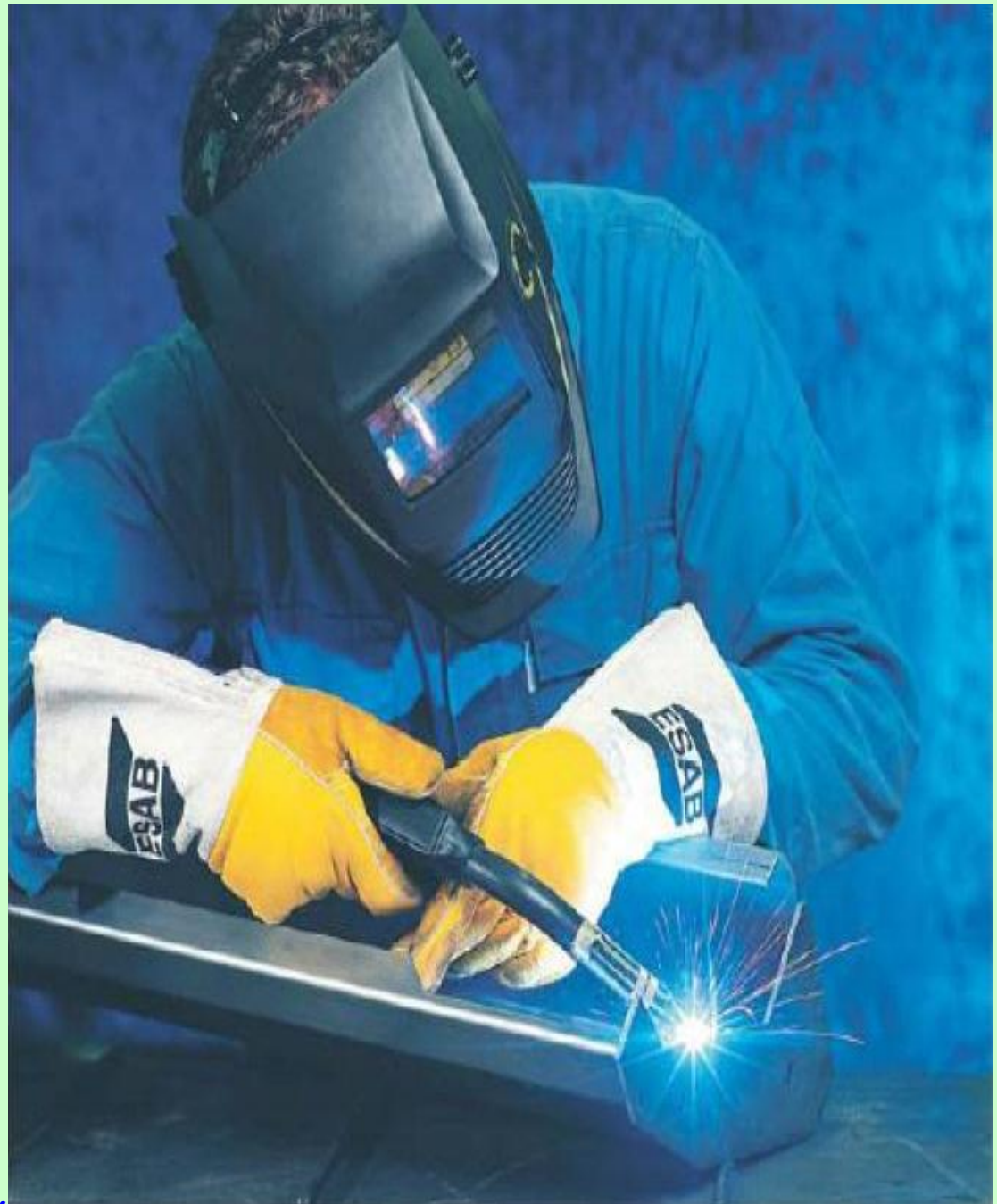


Processo de Soldagem

MIG/MAG



Introdução

Na soldagem ao arco elétrico com gás de proteção, também conhecida como *soldagem MIG/MAG*, temos:

MIG – Metal Inert Gas

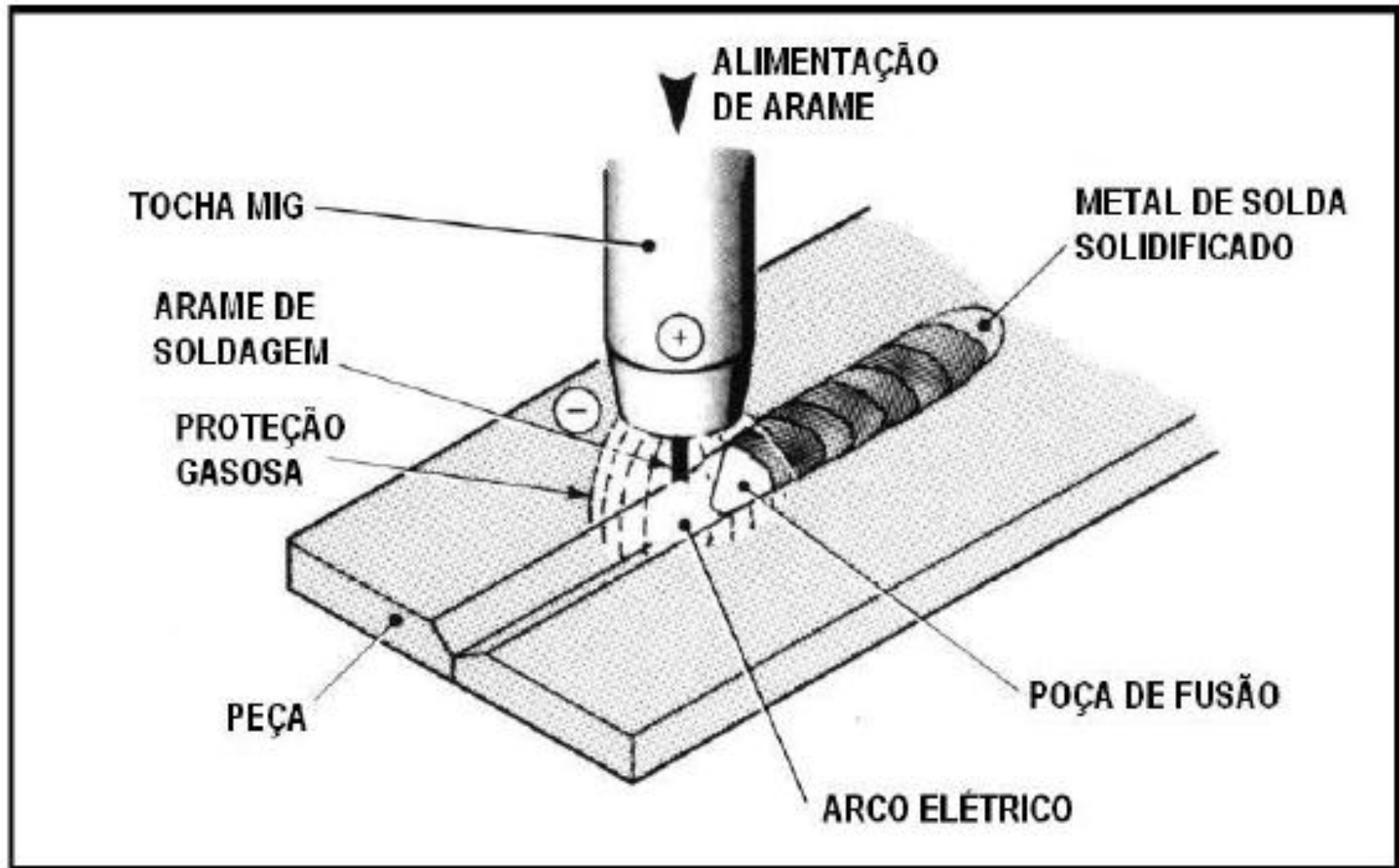
MAG – Metal Active Gas

Onde um arco elétrico é estabelecido entre a peça e um consumível na forma de arame.

O arco funde continuamente o arame à medida que este é alimentado à poça de fusão.

O metal de solda é protegido da atmosfera pelo fluxo de um gás (ou mistura de gases) inerte ou ativo.

Processo básico de soldagem MIG/MAG



O conceito básico deste processo, foi introduzido em 1920, e tornou-se comercialmente viável após 1948. Inicialmente foi empregado com um gás de proteção inerte na soldagem do alumínio. Conseqüentemente, o termo *soldagem MIG* (*Metal Inerte Gás*) foi inicialmente aplicado e ainda é uma referência ao processo.

Desenvolvimentos subseqüentes acrescentaram atividades com baixas densidades de corrente e correntes contínuas pulsadas, emprego em uma ampla gama de materiais, e o uso de gases de proteção reativos ou ativos (particularmente o dióxido de carbono, CO₂) e misturas de gases.

Esse desenvolvimento posterior levou à aceitação formal do termo MAG (Metal Ativo Gás), visto que tanto gases inertes quanto reativos são empregados. O processo de soldagem funciona com corrente contínua (CC), normalmente com o arame no pólo positivo. Essa configuração é conhecida como polaridade **reversa**. A polaridade **direta** é raramente utilizada por causa da transferência deficiente do metal fundido do arame de solda para a peça. São comumente empregadas correntes de soldagem de 50 A até mais que 600 A e tensões de soldagem de 15 V até 32 V.

Um arco elétrico auto corrigido e estável, é obtido com o uso de uma fonte de tensão constante e com um alimentador de arame de velocidade constante. Melhorias contínuas tornaram o processo MIG/MAG aplicável à soldagem de todos os metais comercialmente importantes como os aços, o alumínio, aços inoxidáveis, cobre e vários outros.

Materiais com espessura acima de 0,76 mm podem ser soldados praticamente em todas as posições. É simples a escolha do equipamento, arame, gás de proteção e condições de soldagem capazes de produzir soldas de alta qualidade com baixo custo.

Vantagens

O processo de soldagem **MIG/MAG** proporciona muitas vantagens na soldagem manual e automática dos metais para aplicações de alta e baixa produção.

Suas vantagens combinadas quando comparado ao eletrodo revestido, arco submerso e TIG são:

- a soldagem pode ser executada em todas as posições;
- não há necessidade de remoção de escória;
- alta taxa de deposição do metal de solda;
- tempo total de execução de soldas é a metade do tempo, se comparado ao eletrodo revestido;
- altas velocidades de soldagem; menos distorção das peças;
- largas aberturas de preenchimento, facilmente tornando certos tipos de soldagem de reparo mais eficientes;
- não há perdas de pontas como no eletrodo revestido.

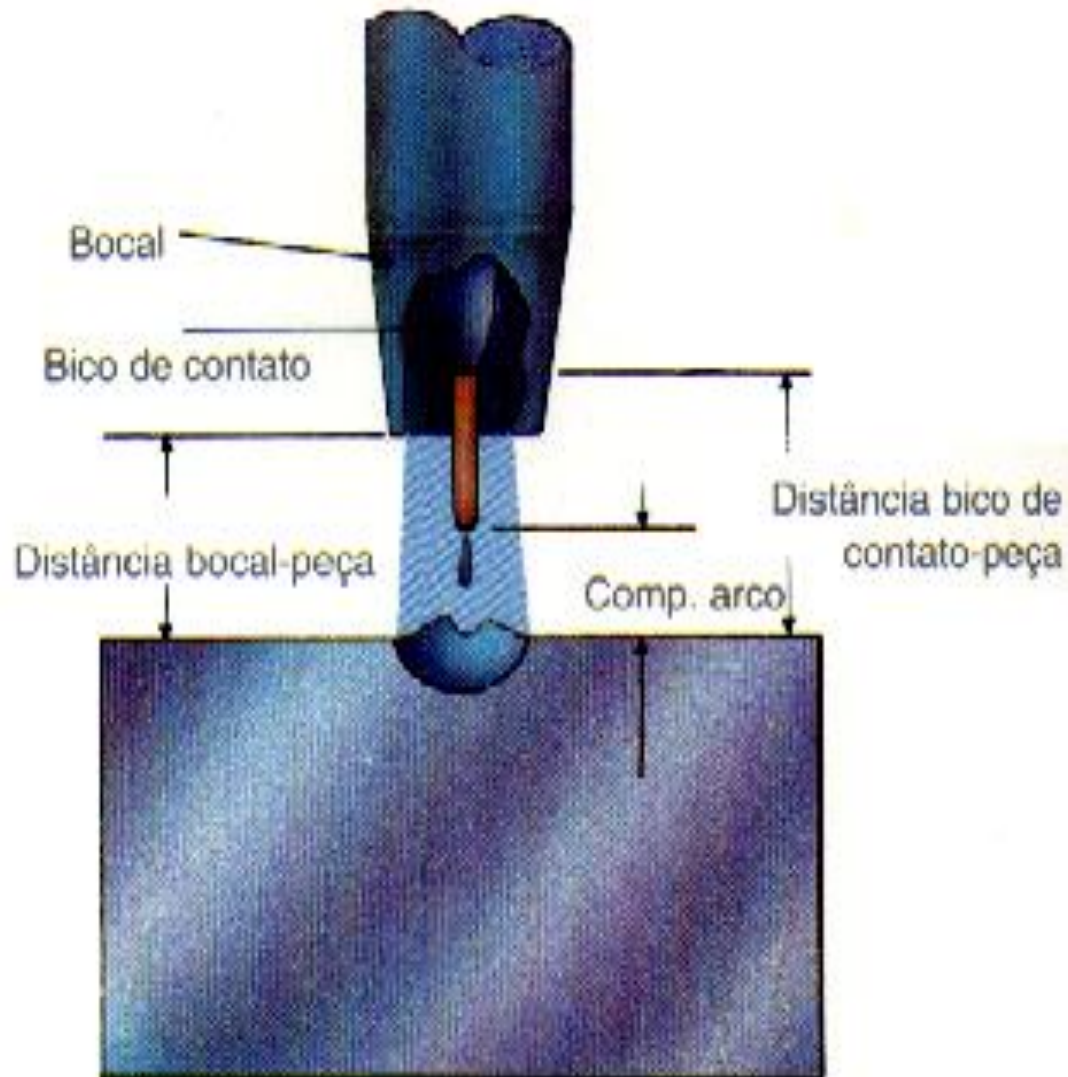
VARIAVEIS DO PROCESSO

As variáveis de soldagem são os fatores que podem ser ajustados para controlar uma operação de soldagem. Para obter os melhores resultados com o processo MIG / MAG, é necessário conhecer o efeito de cada variável sobre as diversas características do arco elétrico e do depósito de solda.

As variáveis são divididas em três grupos básico:

- **Variáveis pré-selecionadas**
- **Variáveis primárias**
- **Variáveis secundárias**

VARIAVEIS DO PROCESSO



VARIÁVEIS PRÉ-SELECIONADAS

As variáveis são:

O diâmetro do arame e o tipo de gás

São determinados em função da espessura do metal de base, posição de soldagem, tipo de junta e taxa de deposição.

VARIÁVEIS PRIMÁRIAS

- As variáveis primárias controlam o processo depois que as variáveis pré-selecionadas foram determinadas. Estas variáveis controlam a geometria do cordão, acabamento da solda, estabilidade do arco e a taxa de deposição.
- As variáveis primárias são:
 - **A tensão**
 - **A velocidade de alimentação do arame**
 - **A vazão do gás**

VARIÁVEIS SECUNDÁRIAS

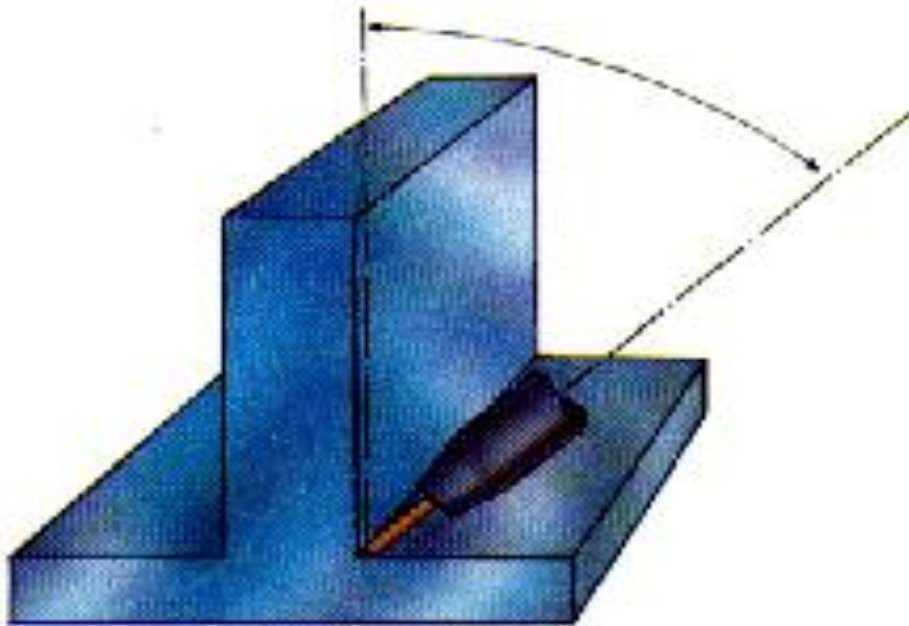
Estas variáveis apresentam dificuldades para quantificar os seus efeitos, pois elas também podem agir sobre uma variável primária. A principal variável secundária é a distância do bico de contato-peça. Os ângulos longitudinal e transversal do posicionamento da pistola exerce também grande influência sobre o resultado do cordão de solda.

Variáveis secundária:

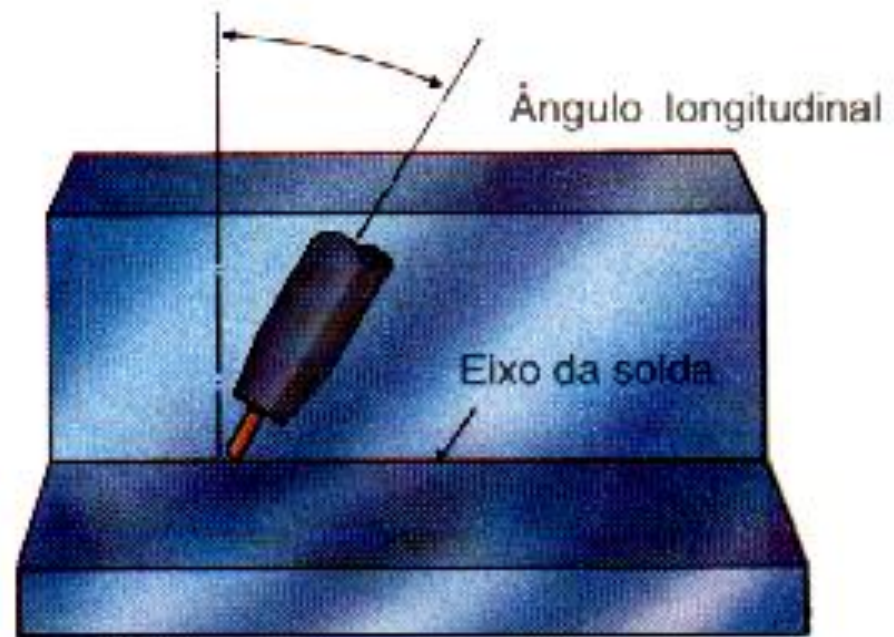
- **Comprimento livre do arame**
- **Ângulo da pistola**
- **Taxa de deposição**

POSIÇÃO DE SOLDAGEM

Ângulo transversal

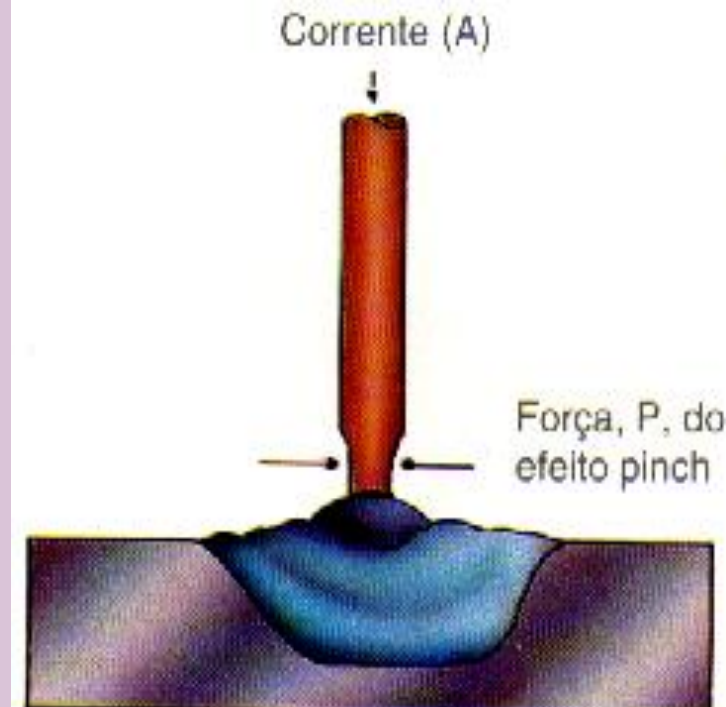


Ângulo longitudinal



TIPOS DE TRANSFERÊNCIAS

- O efeito “pinch”, é um estrangulamento momentâneo da gota líquida na extremidade do arame que ocorre em função dos efeitos eletro-magnéticos da corrente.



- Em qualquer condutor, a força do efeito “pinch” é proporcional ao quadrado do fluxo de corrente: se a corrente é duplicada, a força “pinch” será quatro vezes maior.

Modos de transferência de metal

Basicamente o processo MIG/MAG inclui três técnicas distintas de modo de transferência de metal:

curto-circuito (*short arc*), globular (*globular*) e aerossol (*spray arc*).

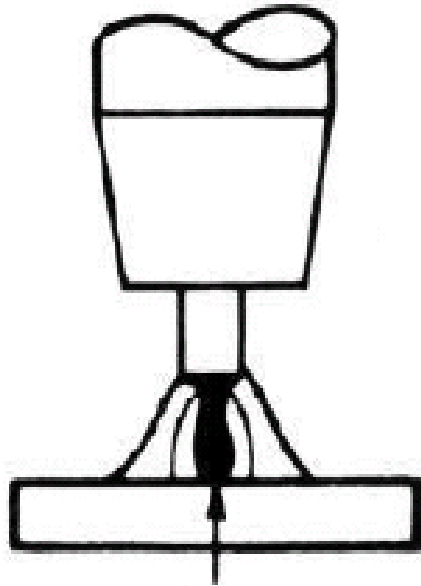
Essas técnicas descrevem a maneira pela qual o metal é transferido do arame para a poça de fusão.

Na transferência por curto-circuito, ocorre quando um curto-circuito elétrico é estabelecido. Isso acontece quando o metal fundido na ponta do arame toca a poça de fusão. Na transferência por aerossol, pequenas gotas de metal fundido são desprendidas da ponta do arame e projetadas por forças eletromagnéticas em direção à poça de fusão.

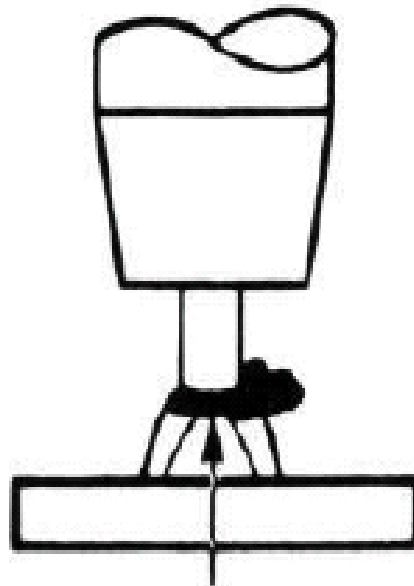
A transferência globular, ocorre quando as gotas de metal fundido são muito grandes e movem-se em direção à poça de fusão sob a influência da gravidade.

Os fatores que determinam o modo de transferência de metal são a corrente de soldagem, o diâmetro do arame, o comprimento do arco (tensão), as características da fonte e o gás de proteção.

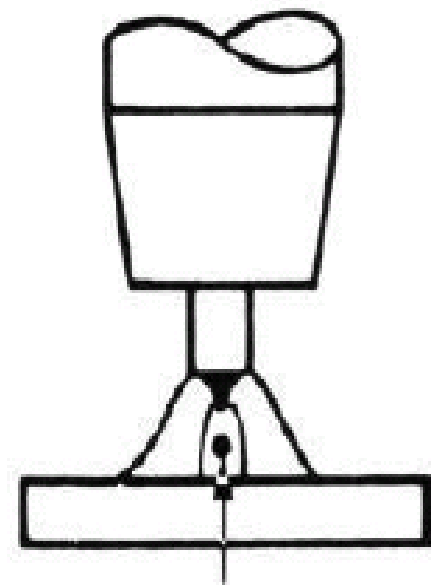
Modos de transferência do metal de solda



Curto-circuito



Globular



Aerossol

Transferência por curto-circuito

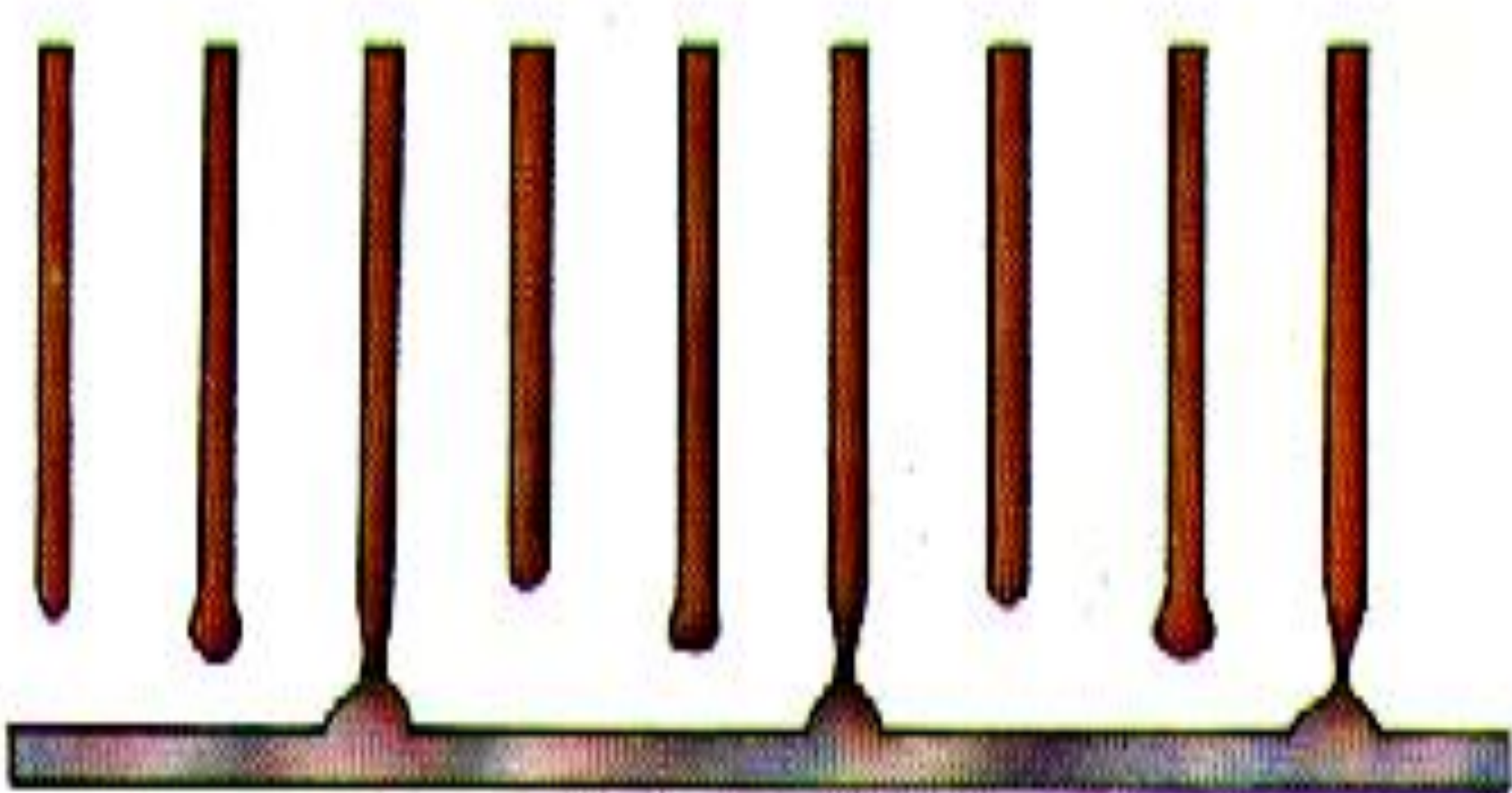
Na soldagem com transferência por curto-circuito são utilizados arames de diâmetro na faixa de 0,8 mm a 1,2 mm, e aplicados pequenos comprimentos de arco (baixas tensões) e baixas correntes de soldagem.

É obtida uma pequena poça de fusão de rápida solidificação.

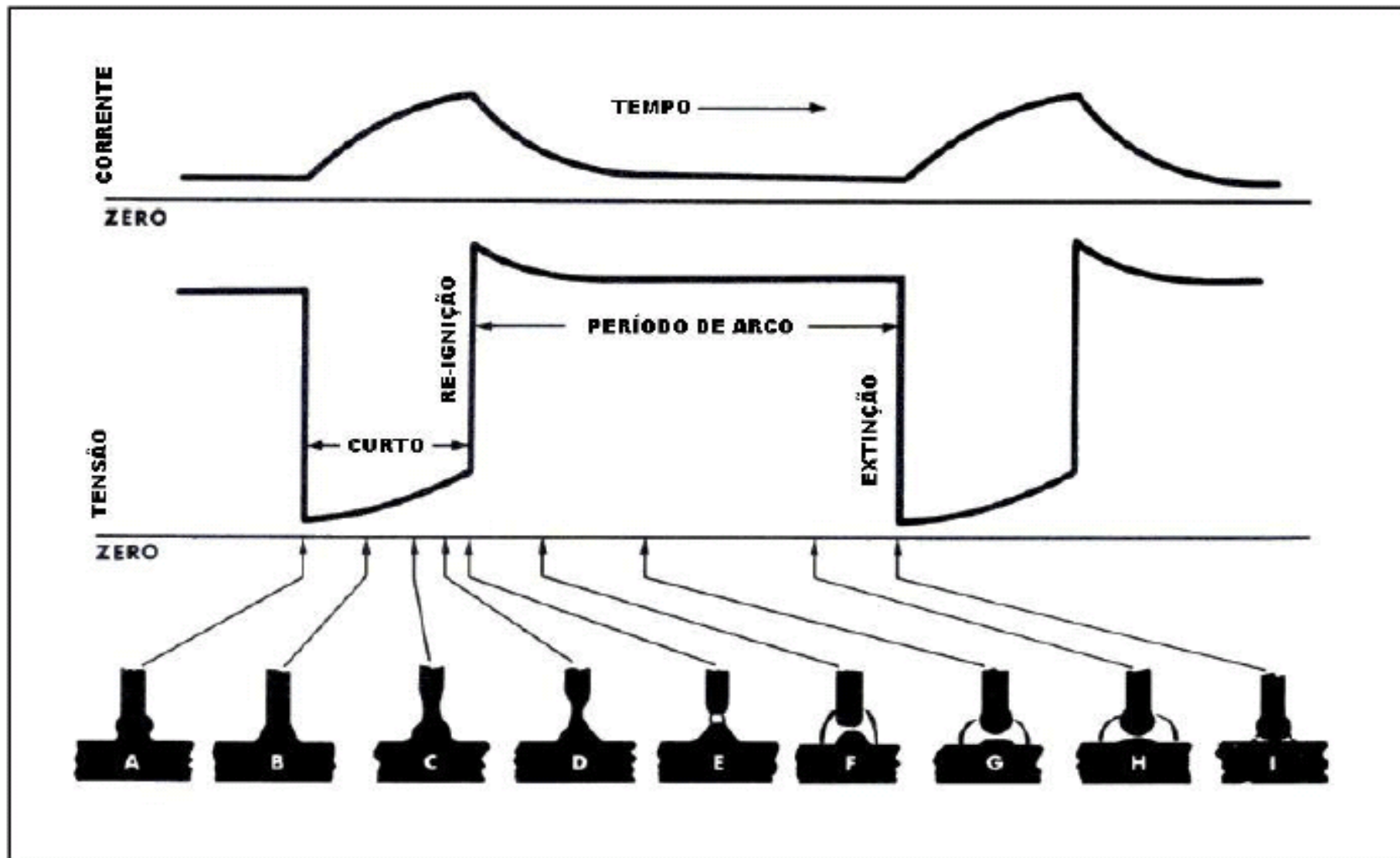
Essa técnica de soldagem é particularmente útil na união de materiais de pequena espessura em qualquer posição, materiais de grande espessura nas posições vertical e sobre-cabeça, e no enchimento de largas aberturas.

A soldagem por curto-circuito também deve ser empregada quando se tem como requisito uma distorção mínima da peça.

Transferência por curto-circuito



Corrente-tensão X tempo típico do ciclo de curto-circuito



Transferência globular

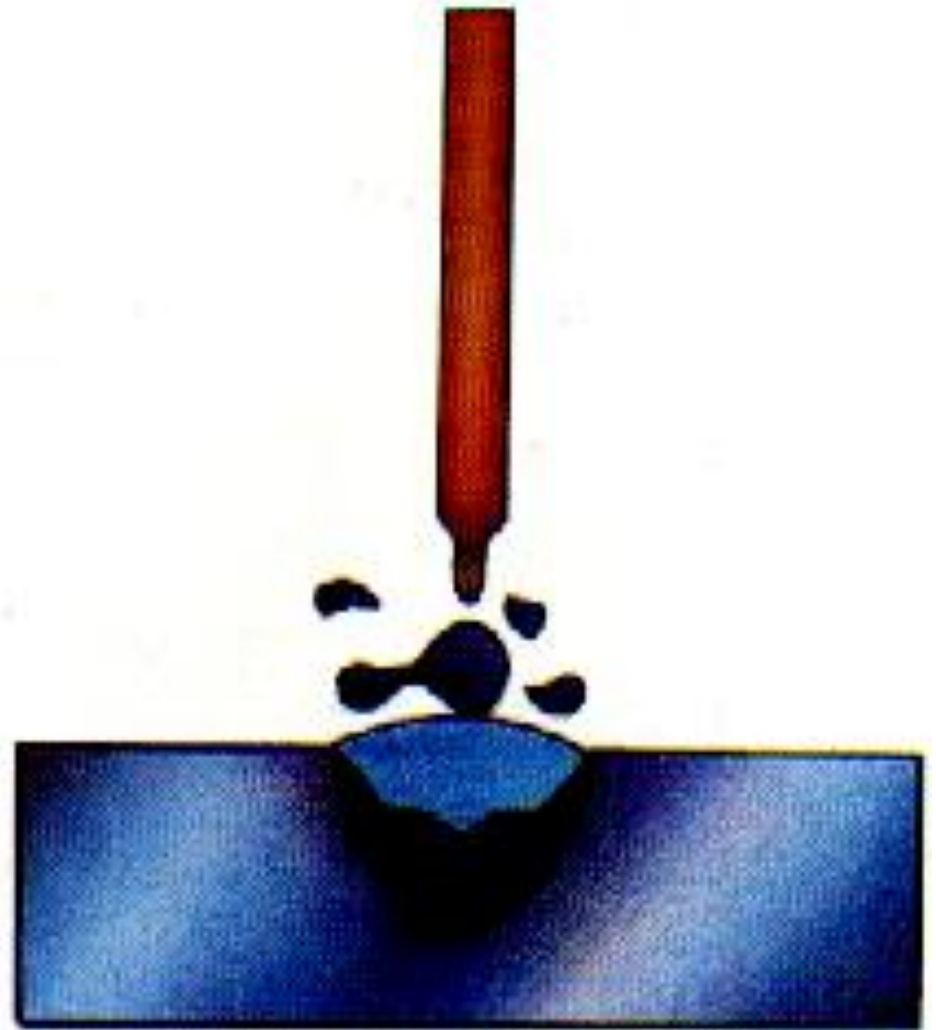
Quando a corrente e a tensão de soldagem são aumentadas para valores acima do máximo recomendado para a soldagem por curto-circuito, a transferência de metal começará a tomar um aspecto diferente.

Essa técnica de soldagem é comumente conhecida como transferência globular, na qual o metal se transfere através do arco. Usualmente as gotas de metal fundido têm diâmetro maior que o do próprio arame.

Transferência globular

Esta corrente é considerada uma corrente de transição.

Neste modo, a transferência do metal através do arco não tem uma orientação definida e resulta em uma quantidade considerável de respingo.



Soldagem por aerossol (*spray*)

Aumentando-se a corrente e a tensão de soldagem ainda mais, a transferência de metal torna-se um verdadeiro arco em aerossol (*spray*).

A corrente mínima à qual esse fenômeno ocorre é chamada corrente de transição. Em tabelas teremos valores típicos de corrente de transição para vários metais de adição e gases de proteção. A corrente de transição depende do diâmetro do arame e do gás de proteção. Entretanto, se o gás de proteção para soldar aços carbono contiver mais que cerca de 15% de dióxido de carbono (CO₂), não haverá transição de transferência globular para transferência por aerossol.

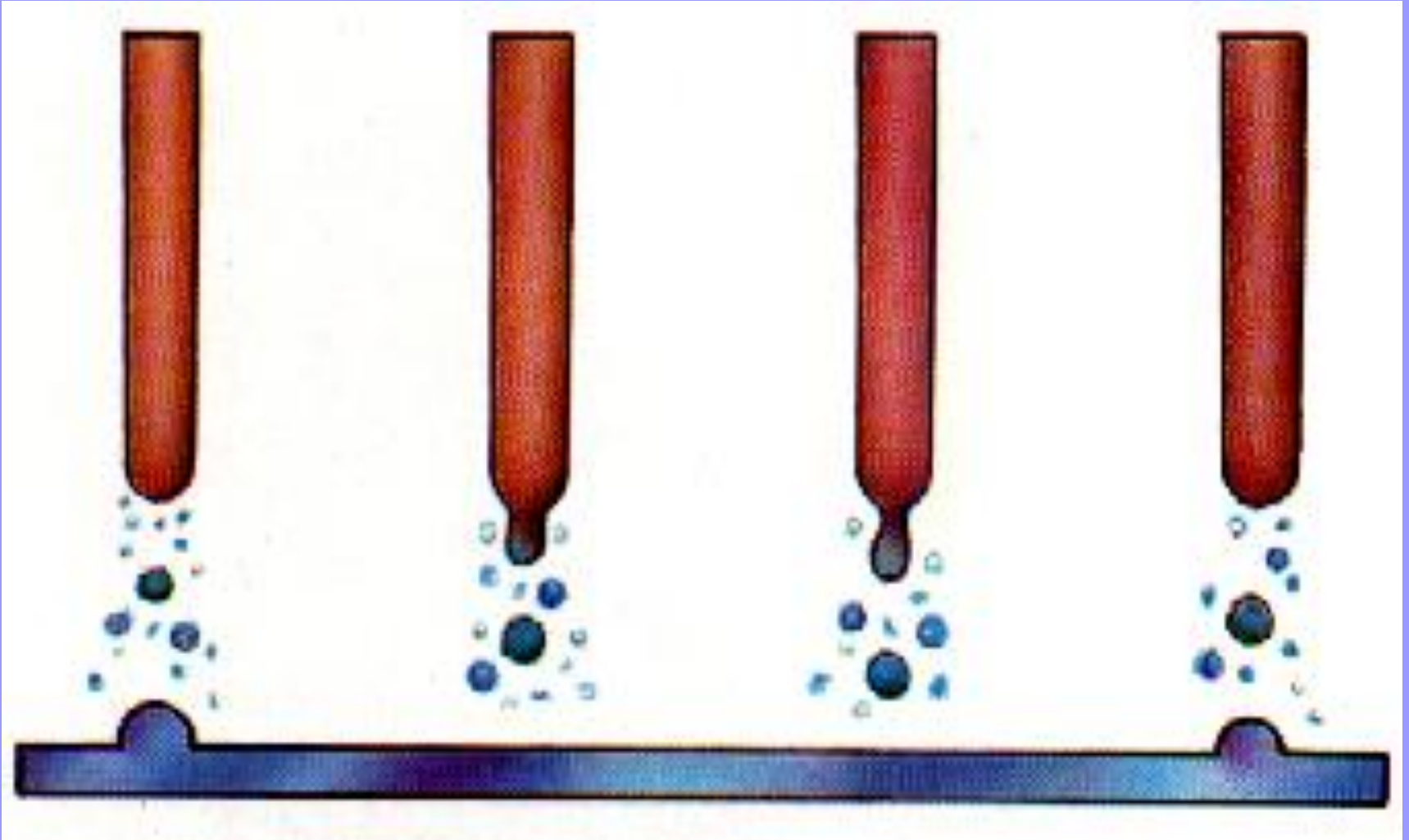
As gotas que saem do arame são muito pequenas, proporcionando boa estabilidade ao arco.

A soldagem em aerossol pode produzir altas taxas de deposição do metal de solda. Essa técnica de soldagem é geralmente empregada para unir materiais de espessura superior a 2,4 mm e maiores.

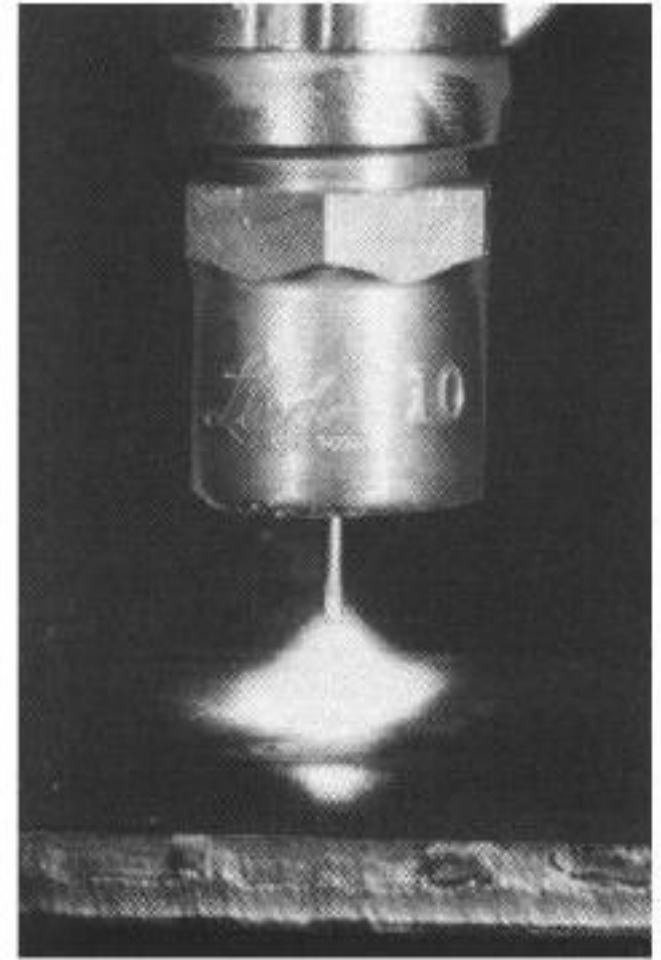
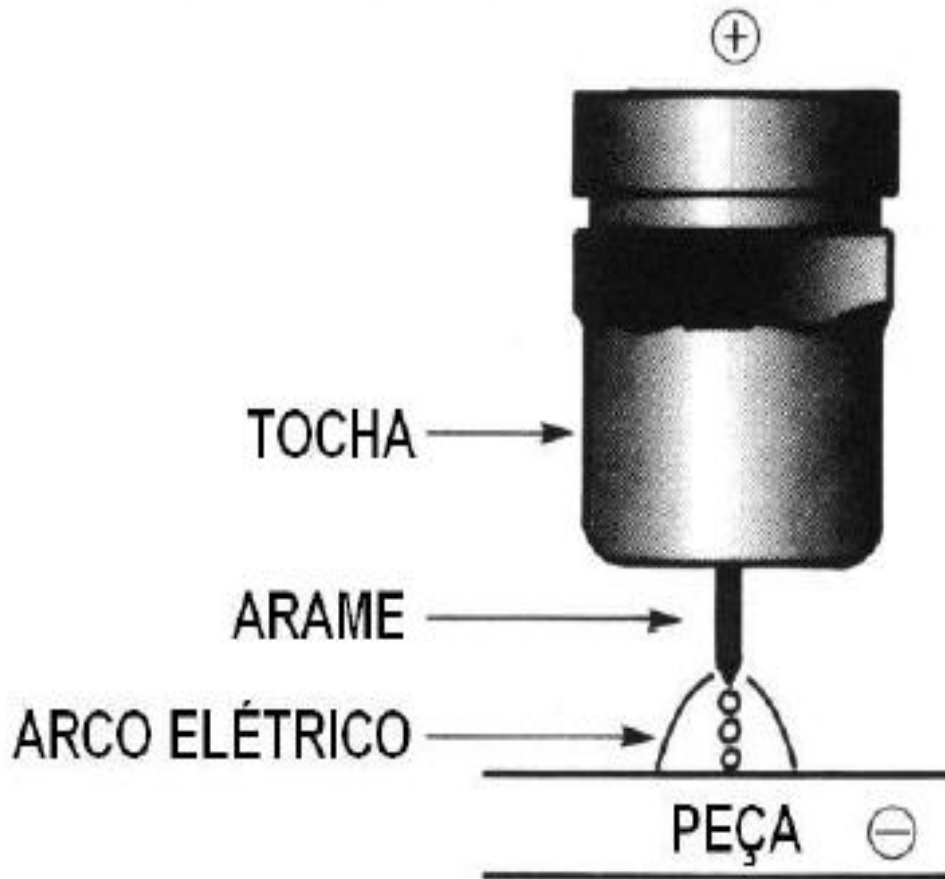
Exceto na soldagem de alumínio ou cobre, o processo de arco em aerossol fica geralmente restrito apenas à soldagem na posição plana por causa da grande poça de fusão.

No entanto, aços carbono podem ser soldados fora de posição usando essa técnica com uma poça de fusão pequenas , geralmente com arames de diâmetro 0,8 mm ou 1,0 mm.

Soldagem por aerossol (*spray*)



Técnica de soldagem por arco em aerossol



Uma variação da técnica de arco em aerossol é conhecida como soldagem pulsada em aerossol.

Nessa técnica, a corrente é variada entre um valor alto e um baixo.

O nível baixo de corrente fica abaixo da corrente de transição, enquanto que o nível alto fica dentro da faixa de arco em aerossol.

O metal é transferido para a peça apenas durante o período de aplicação de corrente alta.

Geralmente é transferida uma gota durante cada pulso de corrente alta. Valores comuns de frequência ficam entre 60 e 120 pulsos por segundo.

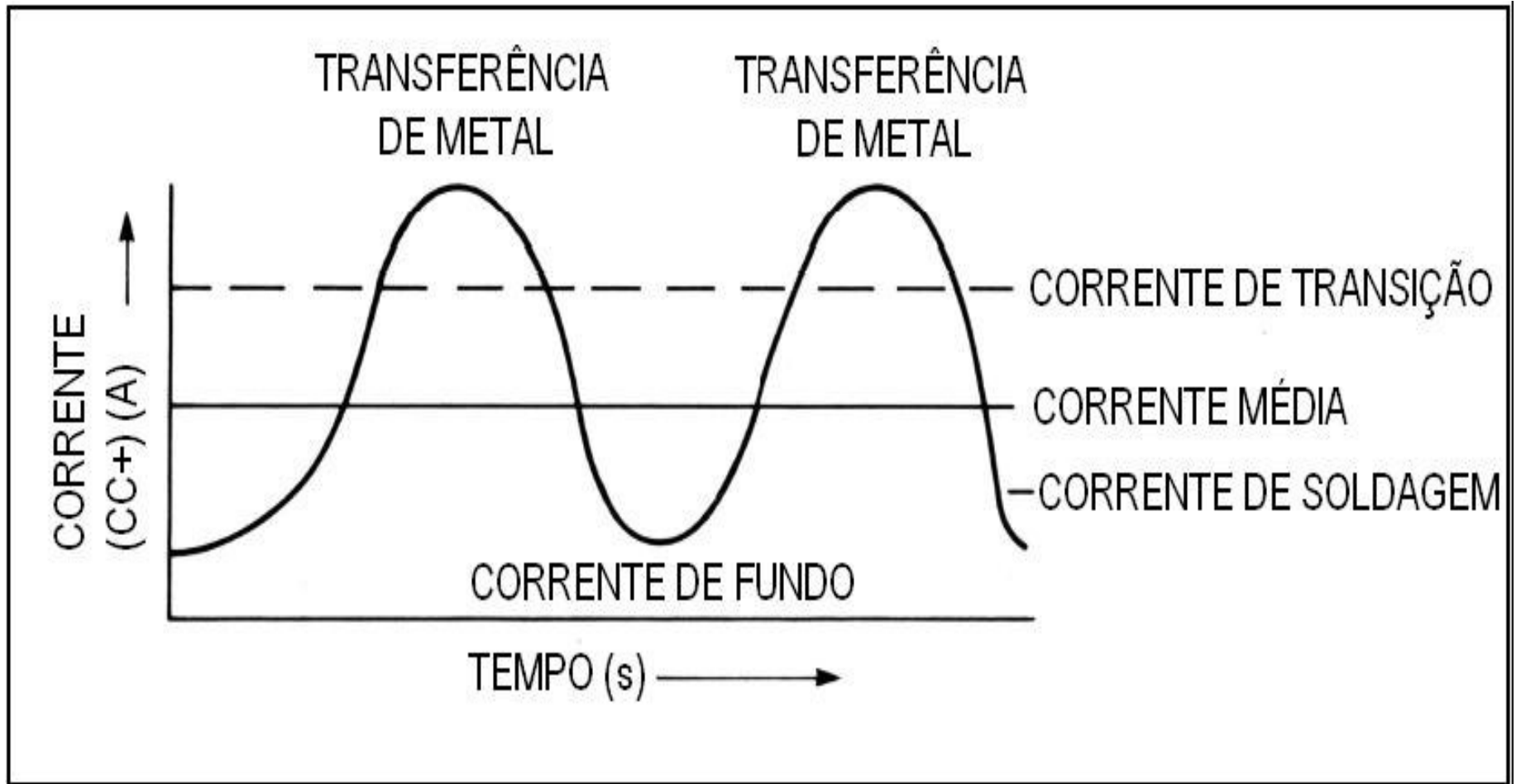
Como a corrente de pico fica na região de arco em aerossol, a estabilidade do arco é similar à da soldagem em aerossol convencional.

O período de baixa corrente mantém o arco aberto e serve para reduzir a corrente média.

Assim, a técnica pulsada em aerossol produzirá um arco em aerossol com níveis de corrente mais baixos que os necessários para a soldagem em aerossol convencional. A corrente média mais baixa possibilita soldar peças de pequena espessura com transferência em aerossol usando maiores diâmetros de arame que nos outros modos.

A técnica pulsada em aerossol também pode ser empregada na soldagem fora de posição de peças de grande espessuras.

Técnica de soldagem por arco pulsado em aerossol



EQUIPAMENTO DE SOLDAGEM E ACESSÓRIOS

Soldagem manual

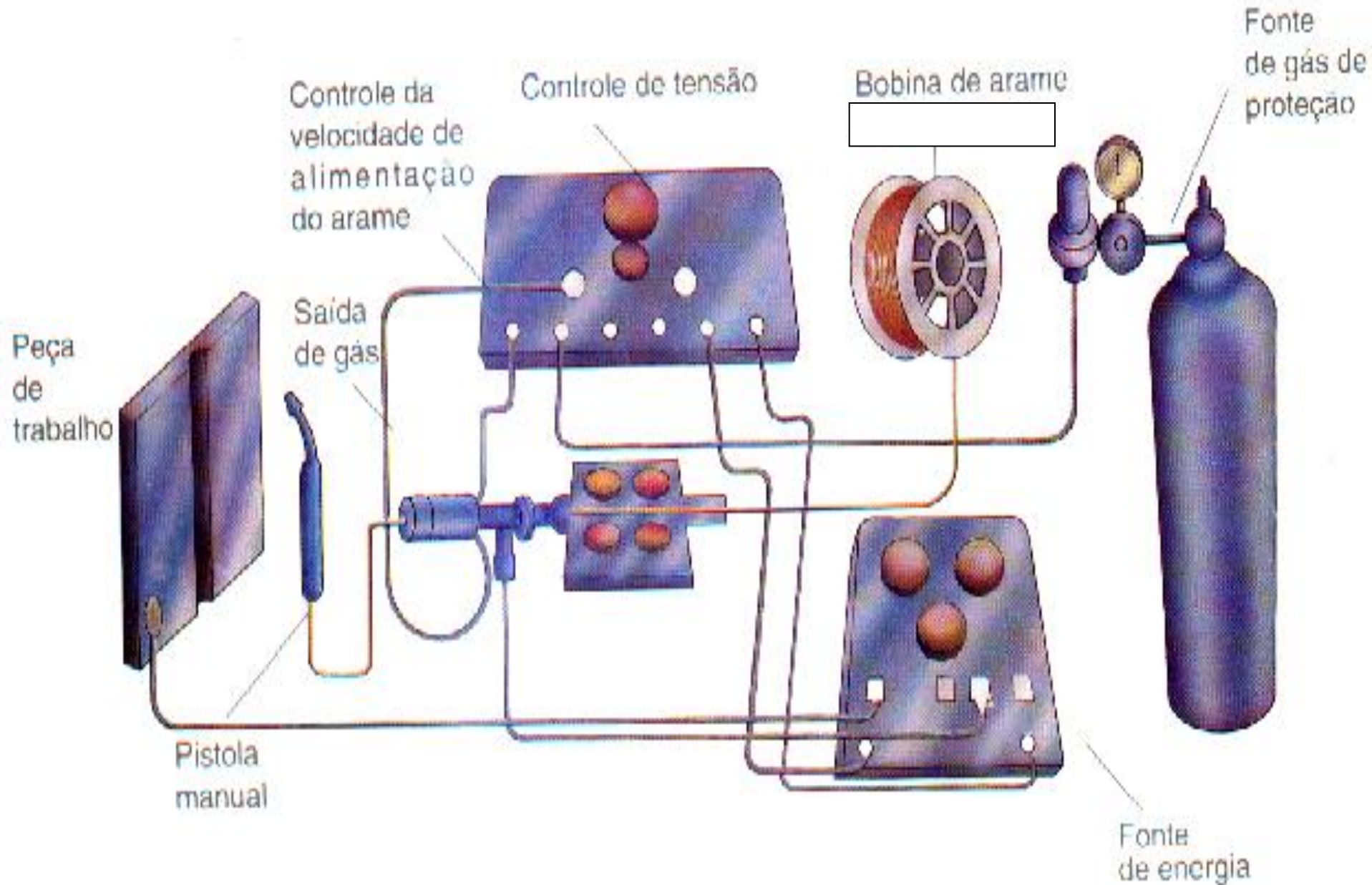
Os equipamentos de soldagem MIG/MAG podem ser usados manual ou automaticamente.

Equipamentos para soldagem manual são fáceis de instalar.

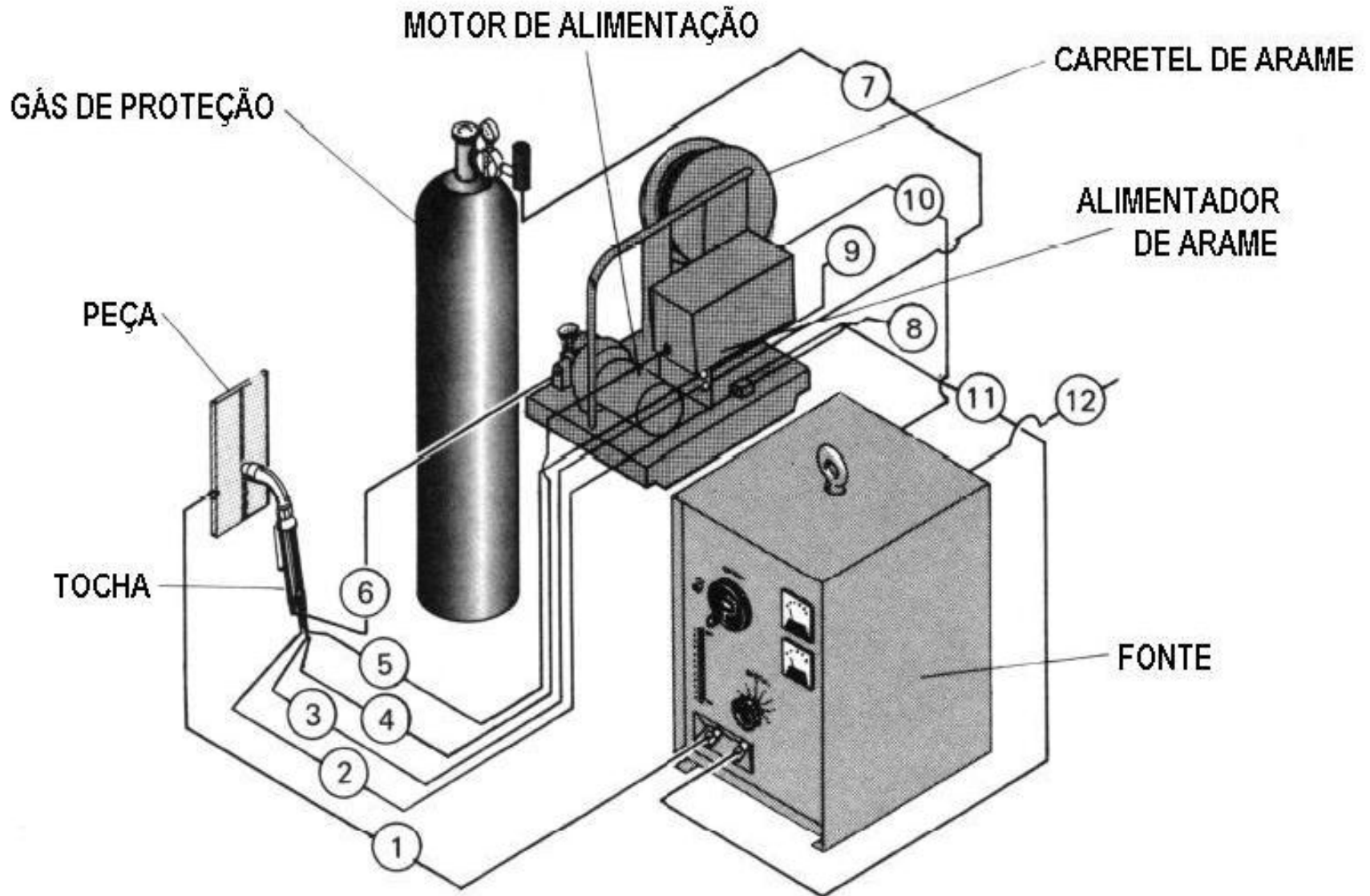
Como o trajeto do arco é realizado pelo soldador, somente três elementos principais são necessários:

- tocha de soldagem e acessórios;
- motor de alimentação do arame;
- fonte de energia.

EQUIPAMENTO



EQUIPAMENTO



PARTES DO EQUIPAMENTO

- 1. CABO DE SOLDA (NEGATIVO)
- 2. REFRIGERAÇÃO DA TOCHA (ÁGUA)
- 3. GÁS DE PROTEÇÃO
- 4. GATILHO DA TOCHA
- 5. ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO PARA A TOCHA
- 6. CONDUÍTE DO ARAME
- 7. GÁS DE PROTEÇÃO VINDO DO CILINDRO
- 8. SAÍDA DE ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO
- 9. ENTRADA DE ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO
- 10. ENTRADA DE 42 V (CA)
- 11. CABO DE SOLDA (POSITIVO)
- 12. CONEXÃO PARA A FONTE PRIMÁRIA (220/380/440 V)

Tochas de soldagem

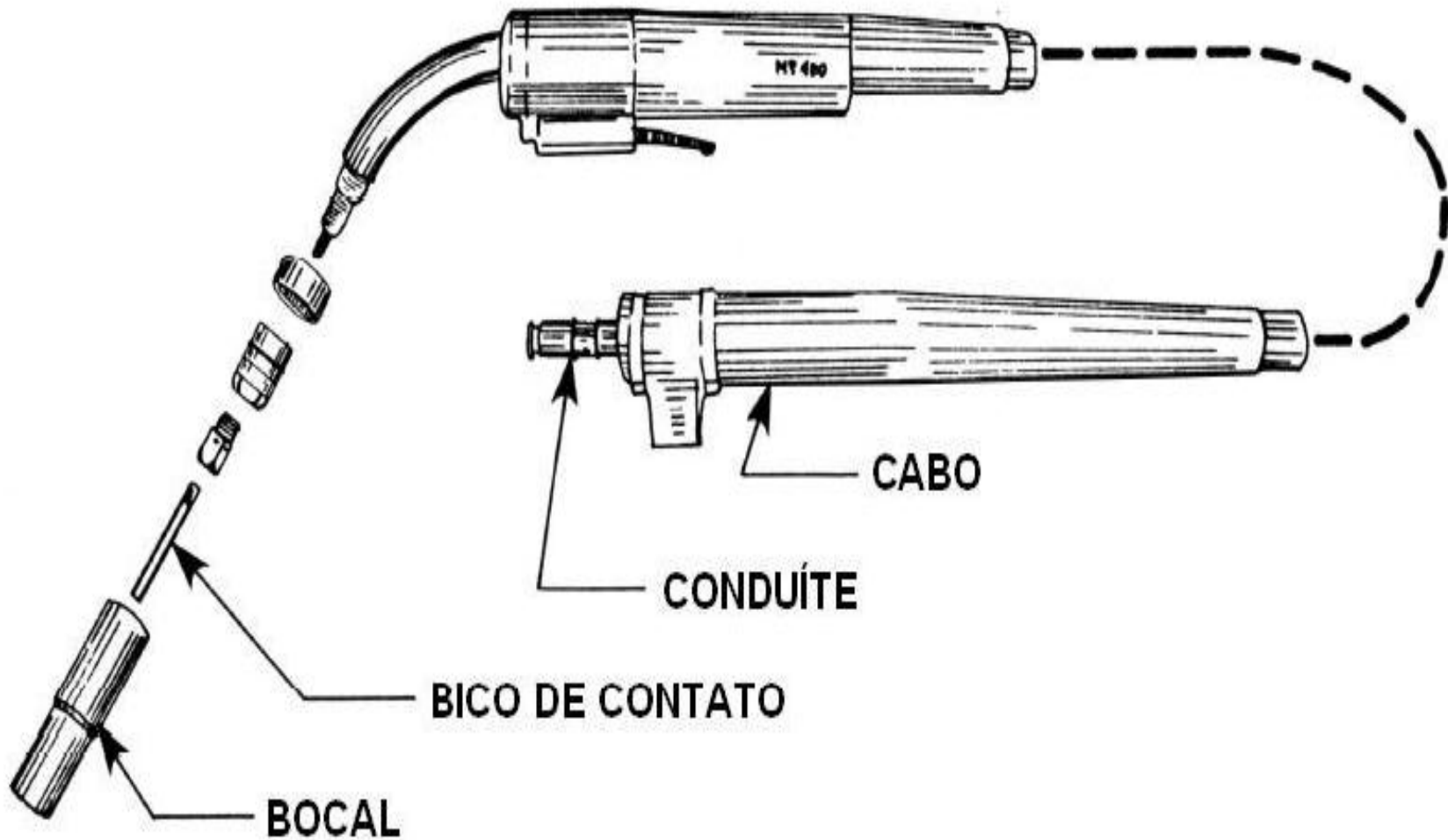
A tocha guia o arame e o gás de proteção para a região de soldagem.

Ela também leva a energia de soldagem até o arame.

Tipos diferentes de tocha foram desenvolvidos para proporcionar o desempenho máximo na soldagem para diferentes tipos de aplicações.

Elas variam desde tochas para ciclos de trabalho pesados para atividades envolvendo altas correntes até tochas leves para baixas correntes e soldagem fora de posição. Em ambos os casos estão disponíveis tochas refrigeradas a água ou secas (refrigeradas pelo gás de proteção), e tochas com extremidades retas ou curvas.

Tocha MIG/MAG típica



O bico de contato é fabricado de cobre e é utilizado para conduzir a energia de soldagem até o arame bem como dirigir o arame até a peça.

A tocha (e também o bico de contato) é conectada à fonte de soldagem pelo cabo de solda. Como o arame deve ser alimentado facilmente pelo bico de contato e também fazer um bom contato elétrico, seu diâmetro interno é importante. O bico de contato, que é uma peça de reposição, deve ser preso firmemente à tocha e centrado no bocal.

O conduíte é conectado entre a tocha e as roldanas de alimentação. Ele direciona o arame à tocha e ao bico de contato. É necessária uma alimentação uniforme para se obter a estabilidade do arco. Quando não suportado adequadamente pelo conduíte, o arame pode se enroscar. Quando se usam arames de aço, recomenda-se que a espiral do conduíte seja de aço. Outros materiais como *nylon* e outros plásticos devem ser empregados para arames de alumínio. A literatura fornecida com cada tocha lista os conduítes recomendados para cada diâmetro e material do arame.



O bocal direciona um fluxo de gás até a região de soldagem.

Bocais grandes são usados na soldagem a altas correntes onde a poça de fusão é larga.

Bocais menores são empregados na soldagem a baixas correntes.

Alimentador de arame

O motor de alimentação de arame e o controle de soldagem são freqüentemente fornecidos em um único módulo (o alimentador de arame).

Sua principal função é puxar o arame do carretel e alimentá-lo ao arco.

O controle mantém a velocidade predeterminada do arame a um valor adequado à aplicação. O controle não apenas mantém a velocidade de ajuste independente do peso, mas também regula o início e fim da alimentação do arame a partir do sinal enviado pelo gatilho da tocha.

O gás de proteção, a fonte de soldagem são normalmente enviados à tocha pela caixa de controle. Pelo uso de válvulas solenóides os fluxos de gás e de água são coordenados com o fluxo da corrente de soldagem. O controle determina a seqüência de fluxo de gás e energização do contator da fonte. Ele também permite o pré e pós-fluxo de gás.

Fonte de soldagem

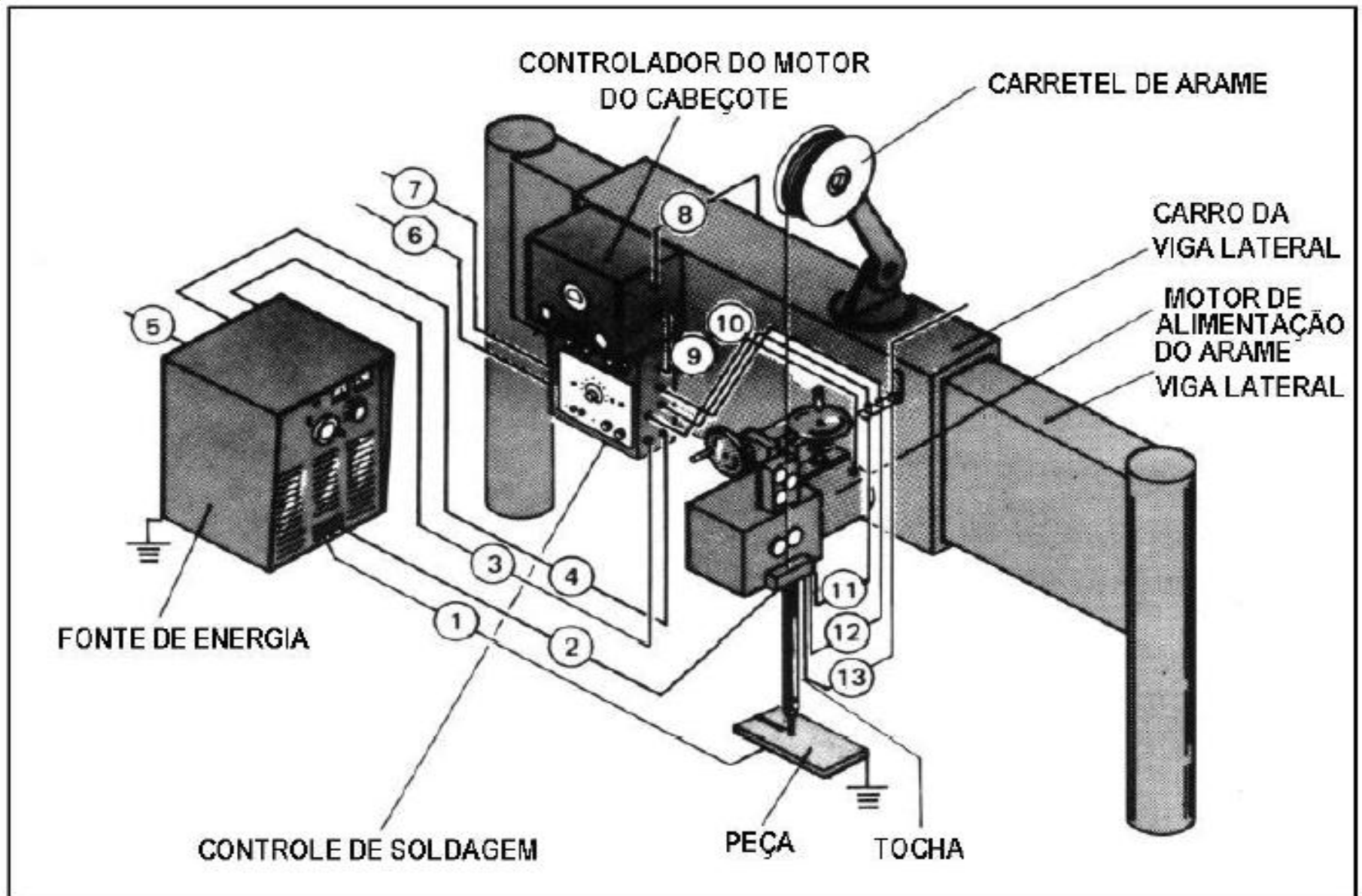
Quase todas as soldas com o processo MIG/MAG são executadas com polaridade reversa (CC+). O pólo positivo é conectado à tocha, enquanto o negativo é conectado à peça. Já que a velocidade de alimentação do arame e, portanto, a corrente, é regulada pelo controle de soldagem, o ajuste básico feito pela fonte de soldagem é no comprimento do arco, que é ajustado pela tensão de soldagem. A fonte de soldagem também pode ter um ou dois ajustes adicionais para uso com outras aplicações de soldagem (por exemplo, indutância).

Soldagem automática

Equipamentos automáticos são utilizados quando a peça pode ser facilmente transportada até o local de soldagem ou onde muitas atividades repetitivas de soldagem justifiquem dispositivos especiais de fixação.

O caminho do arco é automático e controlado pela velocidade de deslocamento do dispositivo. Normalmente a qualidade da solda é melhor e a velocidade de soldagem é maior. Como pode ser observado no equipamento de soldagem em uma configuração automática é o mesmo que numa manual, exceto: a tocha é normalmente montada diretamente sob o motor de alimentação do arame, eliminando a necessidade de um conduíte; dependendo da aplicação, essa configuração pode mudar; o controle de soldagem é montado longe do motor de alimentação do arame. Podem ser empregadas caixas de controle remoto; adicionalmente, outros dispositivos são utilizados para proporcionar o deslocamento automático do cabeçote.

Instalações para a soldagem automática (mecanizada)



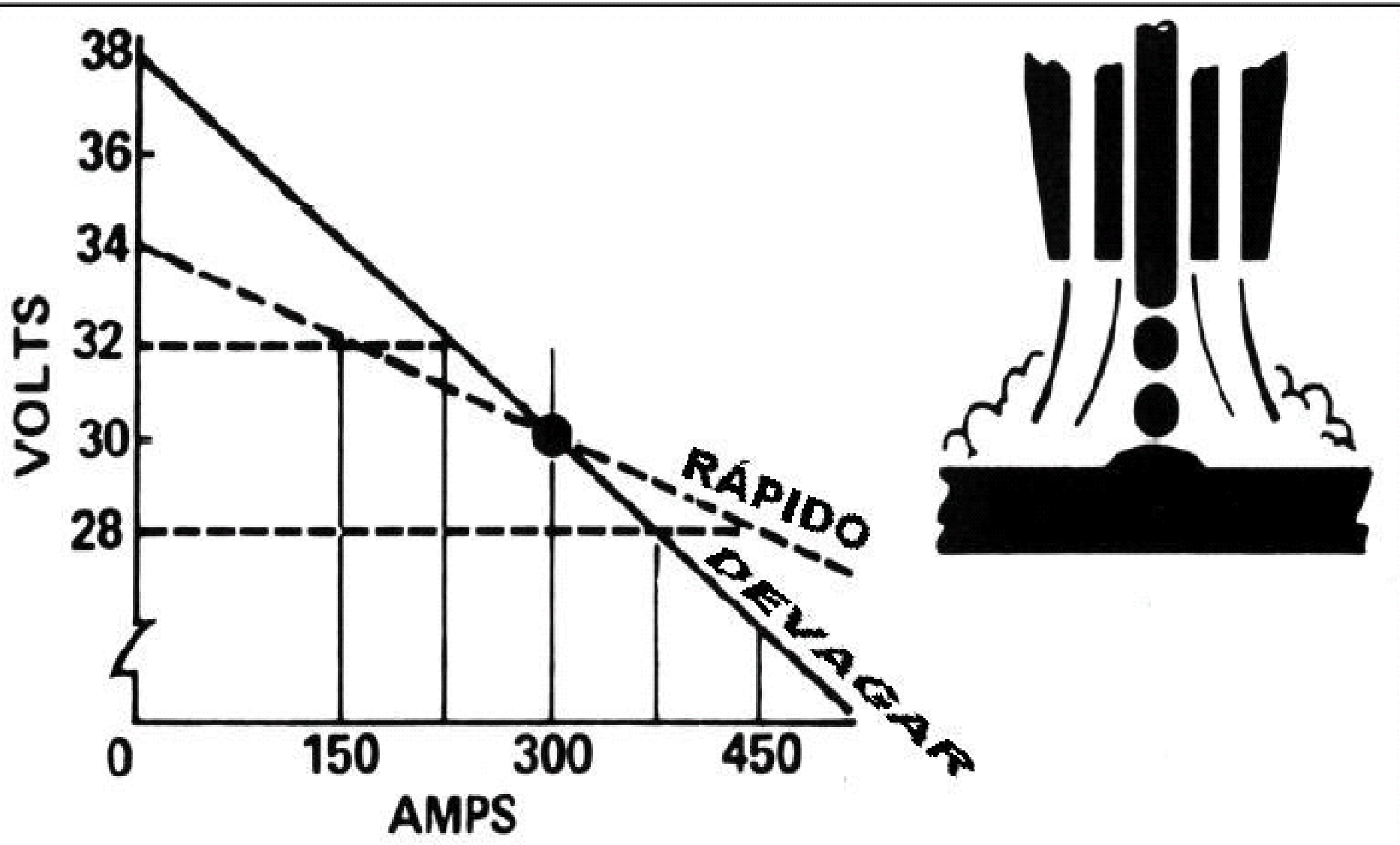
COMPONENTES DO EQUIPAMENTO

- 1. CABO DE SOLDA (NEGATIVO)
- 2. CABO DE SOLDA (POSITIVO)
- 3. DETECÇÃO DE CORRENTE E TENSÃO DE SOLDAGEM
- 4. ENTRADA DE 42 V (CA)
- 5. CONEXÃO PARA A FONTE PRIMÁRIA (220/380/440 V)
- 6. ENTRADA DE ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO
- 7. ENTRADA DO GÁS DE PROTEÇÃO
- 8. SAÍDA PARA O MOTOR DE DESLOCAMENTO DO PÓRTICO
- 9. ENTRADA 42 V (CA) PARA A MOVIMENTAÇÃO / PARADA DO CABEÇOTE
- 10. MOTOR DE ALIMENTAÇÃO DO ARAME
- 11. ENTRADA DO GÁS DE PROTEÇÃO
- 12. ENTRADA DE ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO
- 13. SAÍDA DE ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO

Variáveis da fonte de energia

A característica de autocorreção do comprimento do arco do sistema de soldagem por tensão constante é muito importante na produção de condições estáveis de soldagem. Características elétricas específicas — a tensão do arco, a inclinação da curva tensão-corrente da fonte e a indutância, dentre outras — são necessárias para controlar o calor do arco, os respingos, etc.

Influência da velocidade de alimentação do arame



Indutância

As fontes não respondem instantaneamente às mudanças de carga.

A corrente leva um tempo finito para atingir um novo valor.

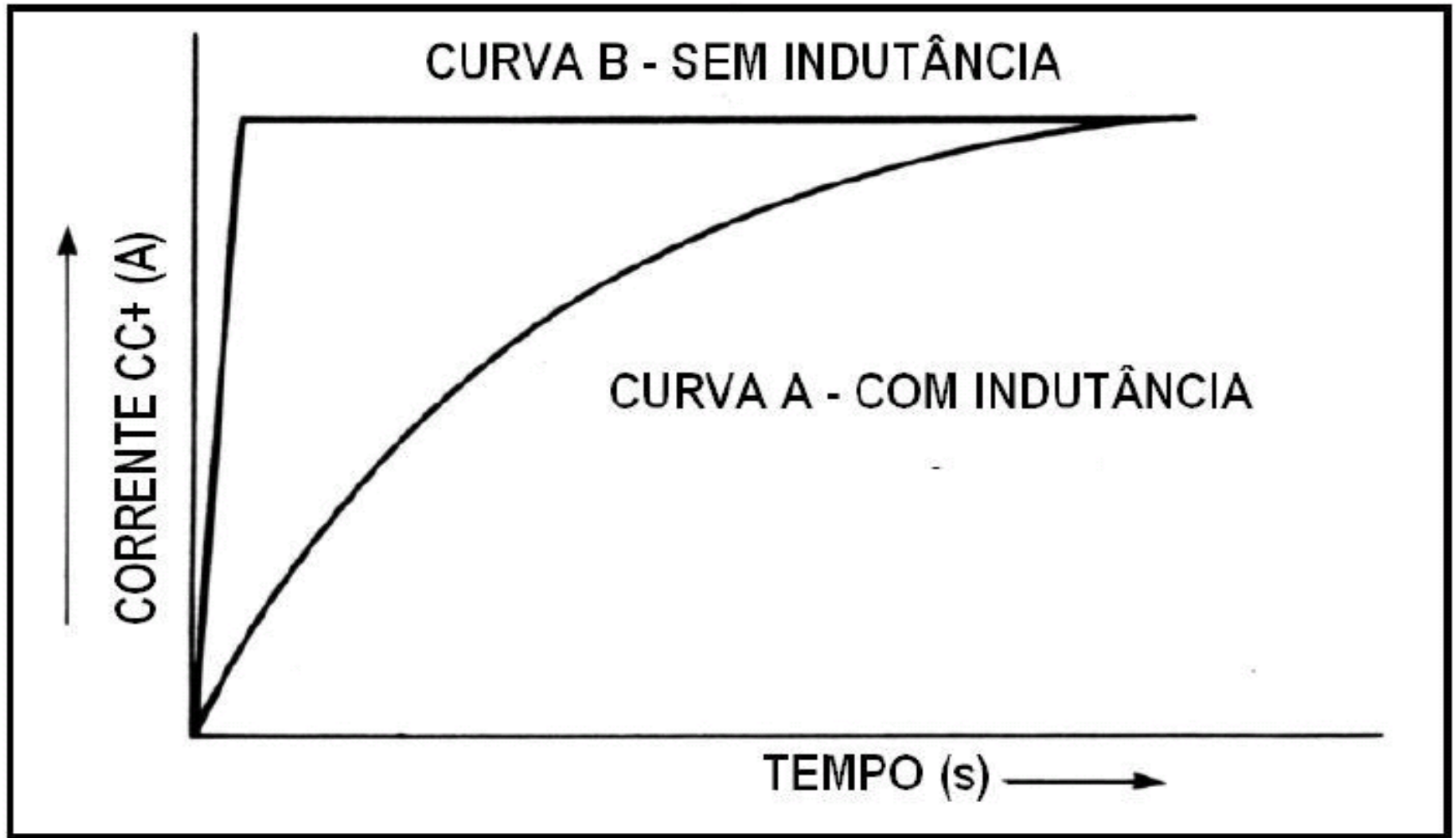
A indutância no circuito é a responsável por esse atraso.

A indutância controla a taxa de aumento da corrente de curto-circuito.

A taxa pode ser reduzida de maneira que o curto possa ser interrompido com um mínimo de respingo.

A indutância também armazena energia. Ela fornece ao arco essa energia armazenada depois que o curto é interrompido e causa um arco mais longo.

Mudança no aumento da corrente devido à indutância



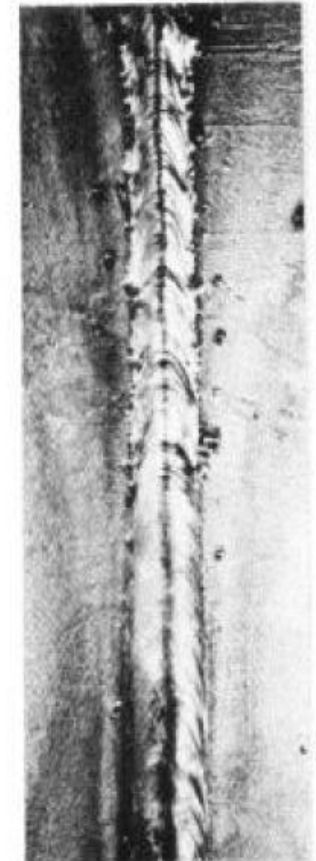
**Efeito da
indutância no
aspecto do
cordão de solda**

98% Ar / 2% O₂



Nº 1

90% He / 7,5% Ar / 2,5% CO₂



Nº 2

SEM
INDUTÂNCIA

COM
INDUTÂNCIA