

GASES DE PROTEÇÃO PARA SOLDAGEM

Através dos anos, os equipamentos utilizados para soldagem ao arco com proteção gasosa, vêm passando por grandes inovações e sofisticação. Muitos processos também vêm sendo observados no desenvolvimento dos vários gases e misturas. Pesquisas efetuadas nos processos de soldagem com proteção gasosa resultaram numa larga linha de diferentes gases. Estes gases e misturas têm diferentes propriedades e diferentes efeitos nos processos de soldagem e seus resultados.

Gases de Proteção na Soldagem:

- 1- Argônio (Ar)
- 2- Hélio (He)
- 3- Dióxido de Carbono (CO₂)
- 4- Nitrogênio (N₂)

Estes gases são utilizados separados, misturados entre si ou com Oxigênio ou Hidrogênio. Os gases de proteção podem ser metalurgicamente ativos (reativos) ou inativos (não-reativos). Os gases ativos são divididos em gasosos oxidantes e redutores.

Gases Inativos (Inertes): Argônio, Hélio

Gases Ativos Oxidantes: Oxigênio, Dióxido de Carbono

Gases Ativos Redutores: Hidrogênio

Gases Ativos Parcialmente Reativos: Nitrogênio (1)

Ao se fazer a escolha de um gás de proteção, devem ser considerados os seguintes fatores:

- Processo de solda
- Metal base
- Estabilidade do arco
- Tipo de transferência do metal
- Velocidade de soldagem
- Espessura da chapa
- Penetração
- Geometria do cordão
- Acabamento

(1) O Nitrogênio por de ser considerado como reativo, sob certas condições. Depois dos gases chamados nobres (Argônio, Hélio), o Nitrogênio é o mais inativo dos elementos conhecidos e é particularmente estável, em sua forma molecular (N₂).

A função primária dos gases de proteção é proteger o arame, a poça de fusão e o arco contra os efeitos nocivos do ar atmosférico.

Nos processos TIG e PLASMA, o eletrodo necessita ser protegido.

A atmosfera do gás protetor, na qual o arco é mantido, forma o arco plasma que é um fator decisivo na determinação da transferência de energia. Também, no processo MIG/MAG, ela afeta a taxa de deposição e a natureza da transferência do metal para a poça de fusão.

Em certos casos, a raiz da solda é protegida contra os efeitos nocivos do ar atmosférico com o uso do gás de proteção de raiz.

O efeito do Gás de Proteção depende de uma série de fatores, incluindo:

- Peso específico do gás
- Fluxo
- Tipo de junta
- Diâmetro do bocal
- Comprimento do arco
- Distância do arame à peça
- Uso de posicionadores
- Superfície da peça

Para que o efeito do gás de proteção seja o desejado, o fluxo deverá ser ajustado corretamente. Fluxo muito baixo resulta em superfície de solda freqüentemente oxidada. Se o fluxo de gás for muito alto, o mesmo resultado será obtido devido a turbulência na saída do bocal, que succiona o ar ambiente para o arco.

Importante:

O risco de fragilização por Hidrogênio deve se levado uma consideração ao soldar com aços não-ligados, de baixa e alta liga, e não-austeníticos.

Alumínio e suas ligas:

Já que o Alumínio é sensível ao Oxigênio, inclusões de Al₂O₃ (Óxido de Alumínio), que é mais pesado que o alumínio em fusão, podem ser obtidas. O alumínio é, também, sensível ao Hidrogênio, causando porosidades.

Cobre e suas ligas:

O Cobre é sensível ao Hidrogênio, podendo gerar a fadiga por Hidrogênio ($\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$)²

Titânio:

O Titânio é muito sensível ao Hidrogênio, Oxigênio e Nitrogênio. Estes elementos aumentam a dureza e reduzem a ductilidade.

(2) O Hidrogênio se difunde no material e reage com óxido de cobre (Cu_2O) formando vapor d'água, o que causa porosidade.

O Plasma também é chamado de o quarto estado da matéria (os outros três são o sólido, o líquido e o gasoso), é o gás no estado dissociado e ionizado, é sempre criado quando o arco se estabelece entre os pólos positivo e negativo. O gás é eletricamente condutor neste estado pois contém portadores de carga.

O plasma e suas funções são influenciados pelas propriedades físicas do gás, tais como:

- Energia de dissociação;
- Energia de ionização e sua dependência da temperatura;
- Condutividade elétrica e sua dependência da temperatura;

Dissociação: significa a quebra de um gás multiatômico (molecular) em seus componentes atômicos ($\text{O}_2 \leftrightarrow 2 \text{O}$).

FÍSICA DO ARCO

A energia necessária para este processo é tomada do arco. Quando dissociado ou ionizado, o gás, encontrando a peça de trabalho, se resfria e a recombinação ocorre. Isso significa que o Plasma retorna ao seu estado de gás e as energias de ionização e/ou dissociação são liberadas e transferidas à peça de trabalho. A transferência de energia é consideravelmente maior em gases multiatômicos do que em gases monoatômicos com a mesma temperatura.

Ionização: significa a divisão do átomo ou molécula em íons e elétrons (portadores de carga positiva e negativa), por exemplo:

$\text{Ar} \leftrightarrow \text{Ar}^+ + e$. A energia necessária para ionização é retirada do arco.

Um gás com alta energia de ionização e/ou alta condutividade térmica (à temperatura do arco) dá uma alta voltagem no arco e um alto conteúdo de energia. Todavia, uma grande demanda de energia é requerida para ignitar o arco quando corrente contínua é utilizada, ou reignitar o arco, no caso de corrente alternada. Tais dificuldades são manifestadas por instabilidades do arco. Gases com baixa energia de ionização e/ou baixa condutividade térmica como o Argônio, por exemplo, não apresentam estas dificuldades. O Argônio oferece, portanto, fácil abertura e arco estável.

A condutividade térmica é relacionada com a energia de dissociação e ionização e afeta a concentração e distribuição da temperatura no arco.

Um gás com alta condutividade térmica como Hélio ou Dióxido de Carbono conduz, grandemente, o calor na direção radial, dando um arco direto com penetração uniforme como resultado.

O Argônio, por outro lado, possui baixa condutividade térmica. O Calor não se espalha radialmente no arco, dando uma coluna estreita no arco plasma no qual o metal é transferido. Isto resulta em uma penetração com configuração dedicular.

A separação da gota e a transferência do metal no arco são especialmente importantes no processo MIG/MAG. O processo é complicado e é dependente das interferências de muitas forças no arco.

Devido à geração de calor, a ponta do eletrodo se torna plástica. A corrente elétrica que é conduzida pelo eletrodo (arame no caso do processo MIG/MAG), dá um aumento das forças eletromagnéticas internamente e circundante a ponta do eletrodo.

Com gases possuindo alta condutividade elétrica e baixa energia de ionização, como o Argônio e as Misturas de Argônio, estas forças eletromagnéticas causam a separação da gota, efeito conhecido como efeito "Pinch". Estas gotas, que são atraídas para a poça de fusão, são pequenas e numerosas.

Com o CO₂, por outro lado, uma força repelente é criada o que dificulta a separação da gota. O resultado é a formação de gotas maiores que, freqüentemente, giram ao redor da ponta do eletrodo e são, então, arremessadas de lado.

PROCESSO TIG (GTAW)

No processo TIG, o arco elétrico se estabelece entre a peça de trabalho e um eletrodo de tungstênio ou de tungstênio com aproximadamente 2% de tório. A poça de fusão e o eletrodo são protegidos contra os efeitos do ar atmosférico por um gás inerte, cujo fluxo é direcionado por um bocal que circunda o eletrodo. O arco elétrico é ignitado entre o eletrodo e a peça.

O eletrodo representa apenas o terminal de um dos pólos e não é adicionado a poça de fusão (eletrodo não-consumível). Consequentemente são utilizados eletrodos de material de alto ponto de fusão e de alta emissão termiônica (o ponto do tungstênio é de 3.370°C).

Para solda de aço, cobre, níquel, titânio, etc., é utilizada corrente contínua com polaridade direta (eletrodo conectado ao terminal negativo), aquecendo menos o eletrodo se comparado com a polaridade inversa.

O Alumínio pode, também, ser soldado com corrente contínua, polaridade direta, com o uso do Hélio como gás de proteção, ideal com corrente alternada.

ESCOLHA DO GÁS DE PROTEÇÃO PARA VÁRIOS METAIS BASE E SUAS LIGAS

O Argônio é o gás de proteção mais utilizado em soldagem pelo processo TIG. Hélio (He), Misturas de Argônio/Hélio, ou mistura de Argônio/Hidrogênio, são utilizados em casos específicos.

GASES ATIVOS OXIDANTES NÃO PODEM SER UTILIZADOS NO PROCESSO TIG, UMA VEZ QUE OXIDARIAM O ELETRODO DE TUNGSTÊNIO

METAL BASE	GÁS	PROPRIEDADE DO GÁS
Aços não ligados e baixa liga	Ar	Argônio é um gás inerte e, graças ao seu baixo custo potencial de ionização e condutividade térmica, produz um arco com baixa quebra de tensão, boa propriedade para ignitar o arco e boa estabilidade
Aços de alta liga austeníticos	Ar	Idem acima.
	Ar + H2	A mistura Ar + H2 é utilizada para se obterem maiores velocidades de soldagem e maior penetração. E, também, utilizado para soldagem de chapas grossas. Sua soldagem produz um cordão de solda mais estreito que o Argônio. A adição de Hidrogênio, um gás com alta condutividade térmica, aumenta a voltagem e o conteúdo de energia no arco e, como consequência, a transferência de calor à peça. O Hidrogênio tem um efeito redutor na superfície, produzindo cordões sem camadas oxidadas.
Aços de alta liga não-austenítico	Ar	Idem acima.
	He + Ar	Este gás é recomendado, quando alta transferência de energia e alta qualidade de solda são desejadas. Vide abaixo Alumínio/Cobre.
Alumínio e sua ligas	Ar	Idem acima. Utilizando, normalmente, com corrente alternada.
	He	Hélio e misturas Ar + He são utilizados para soldagem de chapas grossas com corrente contínua e polaridade direta. O gás Hélio possui alta condutividade térmica e alta energia de ionização, transferindo alta energia a peça. Como resultado é obtida alta velocidade de soldagem e penetração profunda. Praticamente não afetado pela variação da voltagem. Alguma dificuldade encontrada para se estabelecer o arco.
	He + Ar	
Cobre e sua ligas	Ar	Idem acima, para soldagem de chapas finas.
	He	Hélio e misturas Hélio + Argônio, são utilizados para soldagem de chapas grossas, uma vez que alta transferência de energia é necessária devido à alta condutividade térmica do cobre. O pré-aquecimento, freqüentemente necessário quando se solda cobre, pode se eliminado, em muitos casos, com o uso do Hélio como gás de proteção.
	He + Ar Ar + He	

PROCESSO MIG (GMAW)

O processo GMAW (Gas Metal Arc Welding) é também, freqüentemente, chamado de processo MIG. O termo solda MIG (Metal Inert Gas) refere-se, estritamente, ao processo GMAW ao se utilizarem os gases inertes como proteção, geralmente mais usados, independente do gás de proteção.

O correto seria MIG, ao se utilizarem gases inertes como proteção tais como: Ar, He. E MAG, (Metal Active Gas) ao se utilizarem gases ativos/oxidantes tais como CO₂ misturas Ar/CO₂, Ar/O₂, etc.

Em princípio, o método e o equipamento são os mesmos em ambos os casos. Nos referiremos ao termo MIG daqui por diante. Em solda MIG, o arco elétrico é estabelecido entre o eletrodo (arame) consumível e a peça a ser soldada. A corrente de solda é alimentada via bico de contato na tocha.

A tocha é conectada ao polo positivo da fonte da corrente contínua. O eletrodo (arame) é alimentado continuamente pelo cabeçote de alimentação, funde-se no arco e é transferido para a poça de fusão em forma de gotas.

O gás de proteção é suprido por um bocal próprio. Concêntrico ao bico de contato, protegendo o arame, o arco e a poça de fusão dos efeitos nocivos do ar atmosférico. Além desta função de proteção, o gás afeta, também, a fusão do arame, assim como as transferências de energia e do metal à peça. Dependendo da corrente e da voltagem do arco utilizadas, o arame é transferido à peça em forma de gotas maiores ou menores.

A transferência de gotas maiores é conhecida como transferência por curto-circuito (Short-Arc), no qual o arco se estabelece e se interrompe dentro de uma determinada freqüência. Na transferência por Spray (Spray-Arc) não existe este ciclo e o metal é transferido à peça na forma de gotas

menores e com maior frequência. Há, também, uma faixa entre estes dois tipos de transferência, na qual elas existem simultaneamente, conhecida como transferência globular.

ESCOLHA DO GÁS DE PROTEÇÃO PARA OS DIFERENTES METAIS

São utilizados para o processo GMAW, gases inertes como o Ar, He ou misturas destes gases, ou gases ativos/oxidantes tais como CO₂ e misturas de Ar/CO₂, Ar/O₂, etc. Quando gases ativos/oxidantes são utilizados, os arames deverão ter maiores teores de desoxidantes tais como: Mn, Si, Zr, Al, Ti do que quando utilizados gases inertes.

METAL BASE	GÁS	PROPRIEDADE DO GÁS
Aços não ligados e baixa liga	Ar + CO ₂	Como resultado de sua relativa condutividade térmica e baixa energia de ionização, a mistura Ar + CO ₂ proporciona baixa queda de tensão e boa abertura, com ótima estabilidade de arco, muito favorável a transferência do metal sem perda por respingos. A geometria do cordão de solda é uma grande vantagem e a limpeza posterior é, na maioria dos casos, desnecessária. Adicionalmente alta velocidade de soldagem é obtida. A mistura de Ar + CO ₂ pode ser utilizada tanto para transferência por curto circuito como por "Spray-Arc"
	Ar + O ₂	A mistura Ar + O ₂ é especialmente recomendada pelas suas características de baixa condutividade térmica e baixa energia de ionização para soldagem por "Spray-Arc".
	Ar+CO ₂ + O ₂	A mistura de Ar + CO ₂ + O ₂ é especialmente recomendado para soldagem MIG automática, permitindo alta velocidade de soldagem e praticamente sem respingos, apresentando ainda excelente acabamento.
	CO ₂	O CO ₂ proporciona maior transferência de calor que as misturas a base de Argônio e é normalmente utilizado para soldagem de espessura grossa e com arame tubular. O CO ₂ também se manifesta com arco instável o que resulta em aumento de taxa de respingos. Os ajustes dos equipamentos são também um fator crítico, dada a necessidade de um equilíbrio do par tensão / corrente. A velocidade de soldagem é menor se comparada com as misturas a base de Argônio
Aços de alta liga	Ar + O ₂	A mistura de Ar + O ₂ é utilizado para aços com baixo teor de carbono. Graças a sua condutividade térmica, esta mistura proporciona um arco estável com boas propriedades de abertura. A transferência do material é macia devido a propriedade do Oxigênio em reduzir a tensão superficial da gota. Não há risco de carbonetação. Por outro lado deve-se considerar alguma perda dos elementos de liga o que afeta as propriedades do metal depositado.
	Ar + CO ₂	Excelente para a soldagem de aços inoxidáveis em geral, tanto em transferência por curto circuito como por "Spray-Arc".
Alumínio e sua ligas	Ar	Argônio é um gás inerte. Graças a sua baixa energia de ionização e condutividade térmica, proporciona um arco com baixa queda de tensão, boas propriedades de abertura, boa estabilidade e transferência favorável do metal. O Argônio proporciona, também, superfície de soldagem isenta de óxidos.
	He + Ar	A mistura inerte He + Ar, é recomendada para soldagem de chapas grossas. Isto porque o Hélio tem alta condutividade térmica e energia de ionização. O Argônio favorece, neste caso, boas propriedades para abertura do arco, boa estabilidade e boa transferência do material.
Cobre e sua ligas	He + Ar	A mistura inerte He + Ar, é recomendada para soldagem de chapas grossas. Isto porque o Hélio tem alta condutividade térmica e energia de ionização. O Argônio favorece, neste caso, boas propriedades para abertura do arco, boa estabilidade e boa transferência do material
	Ar	O Argônio é utilizado principalmente, em chapas finas, onde alta temperatura do arco não é necessária.
	Ar + He	Para soldagem de chapas grossas o pré-aquecimento é normalmente necessário.
Titânio	He + Ar	A mistura inerte He + Ar, é recomendada para soldagem de chapas grossas. Isto porque o Hélio tem alta condutividade térmica e energia de ionização. O Argônio favorece, neste caso, boas propriedades para abertura do arco, boa estabilidade e boa transferência do material. Para chapas finas, o processo TIG e normal e tecnicamente indicado.

PROCESSO PLASMA (PAW)

Solda plasma pode ser comparada como uma forma modificada da solda TIG, com maior densidade de energia e maior temperatura. Em solda plasma, o arco elétrico é estabelecido entre a peça a ser soldada e um eletrodo de tungstênio (normalmente com tório), conectado ao pólo negativo da fonte. O eletrodo é centrado atrás de um bico refrigerado, pelo qual o plasma é conduzido. O arco é aberto com o uso de um gerador de alta frequência pulsativa.

A centelha inicial ioniza o ar existente entre o eletrodo e o bico, onde o arco piloto é ignitado. Este arco piloto, por sua vez, ignita o arco principal para a peça a ser soldada. O gás de plasma é forçado a passar pelo orifício do bico do arco. O gás é, então, dissociado e ionizado, formando a coluna de plasma entre o eletrodo e a peça a ser soldada. Pela compressão que é formada no bico e pela expansão do gás através do aquecimento, o plasma atinge uma alta velocidade.

O arco plasma possui alto conteúdo de energia com uma temperatura na faixa de 19.500 a 40.000°C e, seu diâmetro, ao longo de todo o comprimento do arco, é muito menor se comparado com o TIG. Quando o plasma atinge a peça a ser soldada, relativamente fria se comparada à coluna de plasma, ocorre a recombinação.

O plasma se torna gasoso novamente, e a energia necessária para transformar o gás em plasma é liberada e transferida para a peça, formando a poça de fusão. A maior vantagem de soldagem plasma dá-se na solda de chapas de várias espessuras que permite o uso da técnica chamada "Key-hole". Com o uso desta técnica, o estreito jato plasma funde a chapa, dando uma perfuração. Quando a tocha é movimentada, esta fusão progride na direção de movimentação da tocha.

Pela pressão do arco nas laterais da perfuração são criadas tensões superficiais que formam o cordão de solda. O resultado disso é um cordão de solda homogêneo e de total penetração. Como o gás de plasma não é suficiente para proteger o arco, a poça de fusão e a zona aquecida dos efeitos do ar atmosférico, é necessário ser administrado um gás de proteção por um bocal externo e concêntrico do bico de plasma. A adição do material é feita, separadamente, sendo preferível que este seja pré-aquecido (hot-wire).

ESCOLHA DO GÁS DE PROTEÇÃO PARA OS DIFERENTES METAIS BASE

O Argônio puro é o gás mais comumente usado para solda a plasma. Hélio ou misturas de Argônio/Hélio ou, ainda, misturas de Argônio/Hidrogênio são, também, utilizadas para casos específicos. Gases ativos/oxidantes não podem ser utilizados devido aos seus efeitos nocivos ao eletrodo de tungstênio.

METAL BASE	GÁS	PROPRIEDADE DO GÁS
Aços não ligados e de baixa liga	Ar	O Argônio é um gás inerte com baixa condutividade térmica e baixa energia de ionização, produzindo um arco estável, boas propriedades para abertura e baixa queda de fusão.
Aços de alta liga austenítico	Ar + H ₂	Com a mistura Ar + H ₂ , altas velocidades de soldagem são conseguidas. Este gás pode, também, ser utilizado para soldagem de chapas grossas. O cordão de solda é mais estreito se comparado com o Argônio puro. O Hidrogênio que possui alta condutividade térmica, aumenta a queda de voltagem e a energia do arco, conseqüentemente, alta transferência de calor. Há, também, um efeito redutor na camada de óxidos limpando a solda. Na soldagem pela técnica "Key-Hole", em solda com alta velocidade em chapas grossas, há um certo risco de inclusão de gás (formação de poros) uma vez que não há tempo para o escape do gás da poça de fusão, antes que o metal se solidifique. Idem acima. O uso de Argônio elimina o risco de formação de poros em chapas grossas, uma vez que a velocidade de soldagem é menor
Aços de alta liga não austenítico	Ar	Idem acima.
Cobre e suas ligas	Ar He Ar + He	Idem acima. Para chapas finas Hélio ou misturas Hélio/Argônio são recomendadas para chapas grossas, devido a alta condutividade térmica do cobre Penetração profunda e alto fornecimento térmico são conseguidos devido a alta condutividade térmica do Hélio. As propriedades para abertura do arco não são, todavia, muito boas.
Titânio	Ar He	Dada a grande afinidade do Titânio com o Hidrogênio, Oxigênio e Nitrogênio a alta pureza do Argônio é necessária. Para soldagem de chapas grossas quando requerida.

PROCESSO CORTE A PLASMA

No processo de corte a plasma, o material base é fundido e, parcialmente, vaporizado antes de ser removido para fora da área de corte pela força do jato plasma. Um arco de plasma é utilizado como fonte de calor, a exemplo da solda plasma. Devido à alta temperatura do arco, o processo de corte a plasma pode ser utilizado para aços inoxidáveis, cobre, alumínio e suas ligas. Na grande maioria dos equipamentos existentes o processo de corte a plasma é mecanizado (copiadoras, pantógrafos). Tochas para corte manuais são também utilizadas, mas em menor escala.

ESCOLHA DO GÁS DE PLASMA PARA OS DIFERENTES METAIS BASE

A escolha do gás para corte a plasma é determinada pelo equipamento e pelo material a ser cortado. Pelas próprias necessidades de energia envolvidas no processo, as misturas de Argônio/Hidrogênio ou Nitrogênio puro, são normalmente utilizadas. A adição de Hidrogênio, que tem condutividade térmica muito alta, dá um arco com alto conteúdo de energia. Nitrogênio é utilizado, basicamente, para corte de chapas finas devido a alta queda de tensão. A capacidade de corte é limitada pelo equipamento. Devido a sua alta condutividade térmica e energia de dissociação, o Nitrogênio produz um plasma com alto conteúdo de energia.

PROTEÇÃO DA RAIZ

Uma vez que o gás de proteção está continuamente protegendo a poça de fusão da solda, uma superfície limpa e isenta de oxidação é obtida. A raiz da solda, entretanto, não é protegida, resultando em uma superfície oxidada. Para se evitar a oxidação da raiz e o conseqüente retrabalho, são utilizados gases de proteção, também, na raiz da solda (backing gas). Para tanto, deverão ser considerados na confecção de gabaritos ou posicionadores de peças para soldagem, caso seja necessário espaço para fazer a proteção gasosa da raiz. Nos casos simples sem posicionadores, o gás de proteção da raiz poderá ser alimentado, diretamente do cilindro, via mangueiras.

Para solda de Titânio, câmara de Argônio ou tenda de Argônio deverão ser utilizadas de forma a se obter o melhor resultado possível. Antes de se fazer a soldagem, o lado da raiz deverá ser purgado até que o nível de Oxigênio seja reduzido a valores abaixo do risco de reação (normalmente abaixo de 25 ppm). Na solda de tubulação, por exemplo, a troca de 10 volumes de secção e purga durante 2 minutos é necessária.

Para se prevenir a formação de óxidos, o fluxo de gás deverá continuar, após a soldagem, até que a temperatura da região da solda caia abaixo de 320°C. O fluxo de gás não deverá ser, também, muito grande, caso contrário a contra-pressão tenderá a afetar a poça de fusão, resultando em baixa penetração.

Quando a proteção gasosa da raiz for necessária, deve-se dar preferência ao Argônio, por ser inerte. Mistura de Nitrogênio com Hidrogênio (Formier Gas), que é uma mistura ativa/reutora, pode ser utilizada com vantagens em determinados casos.

METAL BASE	GÁS	PROPRIEDADE DO GÁS
Aços não ligados e de baixa liga	Ar	O Argônio é um gás inerte e baixíssimo conteúdo de Oxigênio, efetivamente, protege a raiz da soldagem dos efeitos do ar atmosférico.
Aços de alta liga austenicos	Ar	Idem acima.
	H ₂ + Ar	Graças ao conteúdo de Hidrogênio, esta mistura tem um certo efeito redutor, prevenindo a oxidação da raiz.
Aços de alta liga não austenicos	Ar	Idem acima.
Alumínio e suas ligas	Ar	Idem acima.
Cobre e suas Ligas	Ar	Idem acima.
Titânio	Ar	Idem acima.